Comptes rendus de la 22e Conférence générale des poids et mesures (octobre 2003)

English version

Proceedings of the 22nd General Conference on Weights and Measures (October 2003)

Bureau international des poids et mesures

Conférence générale des poids et mesures

22e session (octobre 2003)

Note sur l'utilisation du texte anglais (voir page 237)

Les comptes rendus de la Conférence générale sont présentés en anglais en même temps qu'en français. Il n'en demeure pas moins que la version officielle, en particulier des résolutions adoptées par la Conférence, est celle en langue française.

The proceedings of the General Conference are prepared in English as well as French. Please note, however, that the official version, particularly of the Resolutions voted by the Conference, is the French one.

Édité par le BIPM
Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres Cedex
France

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Stedi Media, Paris

ISSN 1016-5893
ISBN 92-822-2209-8

Table des matières

Liste des délégués et des invités 9

Comptes rendus des séances, 13-17 octobre 2003 **19**

Ordre du jour **20**

1 Ouverture de la Conférence **21**

2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères de la République française **21**

3 Réponse de M. le Président du Comité international **22**

4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la Conférence **23**

5 Présentation des titres accréditant les délégués **27**

6 Nomination du secrétaire de la Conférence **27**

7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter **28**

8 Approbation de l'ordre du jour **29**

9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 21e Conférence générale (octobre 1999 – septembre 2003) **29**

9.1 Introduction **29**

9.2 Mise en œuvre des Résolutions depuis la précédente Conférence générale **30**

9.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM **33**

9.4 Les Comités consultatifs **36**

9.5 Le CIPM **43**

9.6 Le BIPM **44**

10 Activités en relation avec des organisations extérieures **58**

10.1 L'Organisation internationale de métrologie légale **58**

10.2 L'International Laboratory Accreditation Cooperation **59**

10.3 L'Organisation météorologique mondiale **60**

10.4 L'Organisation mondiale de la santé **62**

11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures **65**

12 Programme de travaux futurs du Bureau international **67**

13 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle **78**

14 Rapport sur l'admission d'Associés à la Conférence générale **84**

15 Rapports des présidents des Comités consultatifs **85**

15.1 Comité consultatif des longueurs **85**

15.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **91**

15.3 Comité consultatif du temps et des fréquences **101**

15.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme **105**

15.5 Comité consultatif de thermométrie **110**

15.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie **118**

15.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants **124**

15.8 Comité consultatif pour la quantité de matière **128**

15.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations **141**

15.10 Comité consultatif des unités **144**

16 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures : rapport du Groupe de travail sur la dotation **149**

16.1 Réunion du mardi 14 octobre **150**

16.2 Réunion du jeudi 16 octobre **152**

16.3 Rapport à la Conférence **154**

16.4 Discussion **155**

16.5 Vote du projet de résolution J3 **156**

17 Propositions des délégués **156**

18 Renouvellement par moitié du Comité international **157**

19 Vote des Résolutions **157**

20 Questions diverses **158**

20.1 Visite du BIPM **158**

20.2 Visite du dépôt des prototypes métriques : procès-verbal **158**

20.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM **159**

21 Clôture de la Conférence **159**

Résolutions adoptées par la 22e Conférence générale 161

Liaisons avec d'autres organisations (Résolution 1) **162**

Métrologie et commerce (Résolution 2) **162**

Coordination des initiatives en faveur des actions liées à la métrologie, à l'accréditation et à la normalisation dans les pays et les entités économiques en voie de développement (Résolution 3) **163**

Valeur et avantages de la Convention du Mètre pour les États membres et les Associés à la Conférence générale (Résolution 4) **164**

Rapport sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures (Résolution 5) **164**

Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (Résolution 6) **165**

Implication des laboratoires nationaux de métrologie dans les activités de la Convention du Mètre (Résolution 7) **166**

Révision de la mise en pratique de la définition du mètre (Résolution 8) **167**

Exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence (Résolution 9) **168**

Symbole du séparateur décimal (Résolution 10) **169**

Relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national (Résolution 11) **170**

Dotation du Bureau international pour les années 2005 à 2008 (Résolution 12) **171**

Annexe A. Convocation de la 22e Conférence générale des poids et mesures **173**

Annexe B. Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2005 à 2008 **205**

Liste des sigles utilisés dans le présent volume 443

Liste des délégués et des invités à la 22e Conférence générale des poids et mesures

Réunie à Paris en octobre 2003 sous la présidence de
M. Étienne-Émile Baulieu
Président de l'Académie des sciences de l'Institut de France

Président par délégation
M. Christian J. Bordé
Académie des sciences de l'Institut de France

Mesdames, Messieurs les délégués des États signataires de la Convention du Mètre et Associés à la Conférence générale des poids et mesures. (Les noms des membres du Comité international des poids et mesures sont suivis d'un astérisque)

Afrique du Sud

M. T. Demana, directeur, Standards and Environment, Department of Trade and Industry, Pretoria.

M. F. Hengstberger*, directeur de la métrologie internationale et régionale, CSIR-National Metrology Laboratory (CSIR-NML), Pretoria.

M. W. Louw, directeur, CSIR-NML.

M. D. Moodley, secrétaire aux Affaires internationales, ambassade d'Afrique du Sud, Paris.

Allemagne

M. E.O. Göbel*, président, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

M. E. Röhling, directeur au ministère, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin.

M. M. Kochsiek, vice-président, PTB.

Mme E. Rost, conseillère aux affaires scientifiques, ambassade d'Allemagne, Paris.

Argentine

M. J. Valdés*, directeur du département qualité et environnement, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires.

Australie

M. B.D. Inglis*, directeur, National Metrology Laboratory (NML CSIRO), Lindfield.

M. W.R. Blevin, membre honoraire du CIPM, Cheltenham.

M. R. Crick, chef de la division analytique au département de l'industrie, du tourisme et des ressources, NML CSIRO, Lindfield.

Autriche

M. R. Dittler, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (BmwA), ministère de l'Économie et du Travail, Vienne.

M. A. Leitner, directeur du département métrologie, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Vienne.

Belgique

Non représentée.

Brésil

M. J.A. Herz da Jornada, directeur de la métrologie scientifique et industrielle, National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality (INMETRO), Rio de Janeiro.

M. L.C. Gomes dos Santos, chef de la division de métrologie électrique, INMETRO.

M. G. Moscati*, vice-président du CIPM, conseiller auprès de l'INMETRO.

M. M. C. Moura Daniel.

Bulgarie

Mme A. Todorova, présidente, State Agency for Metrology and Technical Surveillance (SAMTS), Sofia.

Mme S. Hristova, directeur général, National Centre of Metrology (NCM).

Cameroun

Non représenté.

Canada

M. J. Lusztyk*, directeur général, Institut des étalons nationaux de mesure, Conseil national de recherches du Canada (NRC), Ottawa.

M. H. Preston-Thomas, membre honoraire du CIPM. (le 13 octobre)

Chili

M. R. Nuñez Brantes, chef de la division de métrologie, Institut national de normalisation.

Chine

M. Wang Qinping, vice-ministre du Bureau d'État de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine (AQSIQ), Beijing.

M. Gao Jie*, CIPM.

M. Han Jianping, directeur du département de la coopération internationale, AQSIQ.

Mme Kong Xiaokang, directeur général adjoint du département de la coopération internationale, AQSIQ.

M. Li Tao, secrétaire au ministère, AQSIQ.

M. Lu Guoqiang, directeur adjoint de l'Institut national de métrologie (NIM), Beijing.

M. Song Wei, directeur général adjoint du département de métrologie, AQSIQ.

Corée (République de)

M. Lee Sekyung, président, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon.

M. Chung Myung Sai*, scientifique émérite, KRISS ; président, Korea Research Council of Fundamental Science and Technology, Seoul.

M. Kang Dae Im, directeur de la division de métrologie physique, KRISS.

M. Yang Koo Cho, directeur, division de métrologie chimique et de l'évaluation matérielle, KRISS.

Corée (République populaire démocratique de)

Non représentée.

Danemark

M. K. Carneiro, directeur, Danish Institute of Fundamental Metrology (DFM), Lyngby.

M. P.C. Johansen, responsable de la division de la métrologie, Danish Accreditation and Metrology Fund, Copenhague.

Dominicaine (République)

Non représenté.

Égypte

M. S.Z. Zahwi, président, National Institute of Standards (NIS), Giza.

M. A.B. Shehata, directeur du bureau des affaires internationales, NIS.

Espagne

M. Á. García San Román, directeur, Centro Español de Metrología, CEM, Madrid.

M. J.Á. Robles Carbonell, chef de la section force, CEM.

États-Unis

M. A. Bement, Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg.

Mlle J. Cowley, State Department.

Mme C. Saundry, NIST.

M. H.G. Semerjian, directeur, Chemical Science and Technology Laboratory, NIST.

Finlande

M. T. Hirvi, directeur, Centre for Metrology and Accreditation (MIKES), Helsinki.

M. H. Isotalo, directeur de recherche, MIKES.

M. A. Pusa, président, Advisory Committee for Metrology, Raute Precision Oy.

France

M. L. Érard, directeur, Bureau national de métrologie (BNM), Paris.

M. G. Barrier, ministère des Affaires étrangères, Direction des Nations unies et des organisations internationales, Paris.

Mme M. Chambon, responsable de la coopération internationale, BNM.

M. J. Kovalevsky*, membre de l'Institut, président du CIPM, président du BNM.

Grèce

Non représentée.

Hongrie

M. P. Pákay, président, National Office of Measures/Országos Mérésugyi Hivatal (OMH), Budapest.

M. P. Pataki, vice-président, OMH.

M. G. Pálfi, attaché scientifique, ambassade de Hongrie, Paris.

Inde

M. V. Kumar, directeur, National Physical Laboratory of India (NPLI), New Delhi.

M. E.S.R. Gopal*, CIPM.

Indonésie

Non représentée.

Iran

Non représenté.

Irlande

M. J. Kane, Legal Metrology Service, Dublin.

Israël

M. G. Deitch, directeur technique, National Physical Laboratory of Israel (INPL), Jérusalem.

Italie

M. P. Vigo, président, Comité central métrique.

M. E. Bava, président, Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN), Turin.

M. R.F. Laitano, directeur, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (ENEA-INMRI), Rome.

M. A. Sacconi, directeur, Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IMGC-CNR), Turin.

M. S. Leschiutta*, CIPM.

Japon

M. A. Ono, directeur général, National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST), Tsukuba.

M. H. Goto, directeur adjoint, Division de l'infrastructure intellectuelle et des mesures, ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), Tokyo.

M. N. Muroya, premier secrétaire aux affaires scientifiques, ambassade du Japon, Paris.

M. M. Okaji, directeur, département des affaires internationales, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST).

M. M. Tanaka*, directeur adjoint, National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST).

M. Y. Tokumasu, directeur, division de l'infrastructure intellectuelle et des mesures, METI.

Malaisie

M. A.R.Z. Abidin, National Metrology Laboratory, SIRIM Berhad.

M. Md Nor Md Chik, directeur général, National Metrology Laboratory, SIRIM Berhad, Shah Alam.

Mexique

M. H. Nava-Jaimes, directeur général, Centro Nacional de Metrología (CENAM), Quéretaro.

M. I. Hernandez Gutierrez, directeur du service de métrologie mécanique, CENAM.

Norvège

M. H. Kildal, directeur général, Norwegian Metrology and Accreditation Service, Justervesenet (JV), Kjeller.

Nouvelle-Zélande

M. K. Jones, directeur, Measurement Standards Laboratory of New Zealand (MSL), Lower Hutt.

Pakistan

Non représenté.

Pays-Bas

M. Ed W.B. de Leer, directeur scientifique, Nederlands Meetinstituut – Van Swinden Laboratorium (NMi VSL), Delft.

M. R. Kaarls*, secrétaire du CIPM.

Mme J. van Spronssen, ministère des Affaires économiques, EC La Haye.

Pologne

Mme B. Lisowska, vice-présidente, Glówny Urzad Miar (GUM), Varsovie.

Portugal

M. C. Nieto de Castro, vice-président, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica.

M. L. Cortez, IPQ.

Roumanie

M. F. Iacobescu, directeur général, Bureau roumain de la métrologie légale (BRML), Bucarest.

Royaume-Uni

M. D. Walker, directeur, National Measurement System, Department of Trade and Industry.

M. S. Bennett*, directeur adjoint, National Physical Laboratory (NPL), Teddington.

M. B. McGuiness, directeur, NPL.

M. D. Nettleton, chef du centre des mesures analytiques et optiques, NPL.

M. I. Mills, président du Comité consultatif des unités, University of Reading.

Russie (Fédération de)

M. L.K. Issaev*, directeur adjoint, Institute for Metrological Service (VNIIMS), Gosstandart de Russie, Moscou.

M. N.I. Khanov, directeur, Institut de métrologie D.I. Mendéléev (VNIIM), Gosstandart de Russie, Saint-Pétersbourg.

M. S.A. Kononogov, directeur, VNIIMS.

M. V.V. Usov, président du Gosstandart de Russie, State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology.

Serbie-et-Monténégro

M. D. Milošević, directeur, Bureau des mesures et métaux précieux (ZMDM), Belgrade.

M. Z. Marković, conseiller auprès du directeur, ZMDM.

Singapour

M. V. Tan, responsable de projet, National Metrology Centre, Standards, Productivity and Innovation Board (SPRING Singapore).

Slovaquie

M. D. Podhorský, président, Slovak Office of Standards, Metrology and Testing (UNMS SR), Bratislava.

M. M. Bílý, directeur général, Slovak Institute of Metrology (SMU), Bratislava.

M. S. Ďuris, directeur général adjoint, SMU.

M. J. Markovič, directeur, Slovak Legal Metrology (SLM), Banská Bystrica.

M. J. Orlovský, directeur du département métrologie, UNMS SR.

Suède

M. H. Andersson, directeur, Swedish National Testing and Research Institute (SP), Borås.

M. A.J. Thor, responsable de projet, Swedish Standards Institute (SIS), Stockholm.

M. M. Tibell, président, Swedish Meteorology Council.

Suisse

M. W. Schwitz*, directeur, Office fédéral de métrologie et d'accréditation (METAS), Bern-Wabern.

M. B. Vaucher, directeur adjoint, METAS.

Tchèque (République)

M. A. Šafarik-Pštrosz, président, Czech Office for Standards, Metrology and Testing, Prague.

M. P. Klenovský, directeur, Czech Metrology Institute (CMI), Prague.

Thaïlande

M. P. Totarong, directeur, National Institute of Metrology of Thailand (NIMT), Bangkok.

M. S. Charkkian, directeur adjoint, NIMT.

Turquie

M. A. Şahin, directeur général, service des étalons et mesures, ministère turc de l'Industrie et du Commerce.

Uruguay

Non représenté.

Venezuela

Non représenté.

États et entités économiques associés à la Conférence générale

Bélarus

M. N. Zhagora, directeur, Institut national de métrologie bélarussien (BelGIM).

Cuba

Non représenté.

Équateur

Non représenté.

Hong Kong, Chine

M. Tse Chun Cheong, ingénieur, Standards and Calibration Laboratory (SCL), Wan Chai.

Jamaïque

Non représentée.

Kenya

M. J.M. Kioko, directeur général, Kenya Bureau of Standards.

Lettonie

M. M. Dāvis, directeur, Latvijas Nacionâlais Metroloìijas Centrs (LNMC), Riga.

Lituanie

M. O. Staugaitis, directeur, Service national de la métrologie, Vilnius.

M. V. Zabolotnas, directeur adjoint, Service national de la métrologie, Vilnius.

Malte

Non représentée.

Panama

Non représentée.

Philippines

Non représentées.

Slovénie

M. J. Drnovšek, responsable, Comité national de la métrologie.

M. I. Skubic, directeur, Institut de métrologie de la République de Slovénie (MIRS), Ljubljana.

Taipei chinois

M. Hsu Chang, directeur général, Institut de recherche de la technologie industrielle, Center for Measurement Standards (CMS), Hsinchu.

M. Hwang Wen-Song, chef adjoint, Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, Administration of Atomic Energy Council (AEC).

M. Liao Chia-Shu, chercheur principal, Chunghwa Telecom Co, Ltd.

M. Peng Gwo-Sheng, directeur adjoint, CMS.

M. Shu Brain C.S., chef de section, Bureau des étalons, de la métrologie et de l'inspection, ministère des Affaires économiques.

M. Yi Chih-Chen, département des organisations internationales, ministère des Affaires étrangères.

Ukraine

M. L. Bondar, directeur, Chernovzy Transcarpathian Regional Standardization, Metrology and Certification Center (DCSMS), Uzhgorod.

Mme O. Kovaleva, troisième secrétaire, ambassade d'Ukraine, Paris.

M. V. Rubanov, directeur, Chernigov DCSMS.

M. V. Shakhov, directeur, Lugansk DCSMS.

M. G. Sidorenko, premier chef adjoint, State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy, Kiev.

Ont assisté à la Conférence

M. T.J. Quinn, directeur, Bureau international des poids et mesures (BIPM), Sèvres.

M. A.J. Wallard, directeur désigné, BIPM.

Les représentants des organisations internationales suivantes :

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Genève (M. K.R. Shortt, chef de section, Département des applications et des sciences nucléaires).

International Laboratory Accreditation Conference (ILAC) (MM. A. Squirrell, M. Peet).

Organisation internationale de métrologie légale (OIML), Paris (M. G.J. Faber, président de l'OIML ; M. J.-F. Magaña, directeur du Bureau international de métrologie légale, BIML).

Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève (M. M. Ondras, responsable scientifique).

M. P. Giacomo, directeur honoraire, BIPM, Sèvres.

Le personnel scientifique du BIPM.

Comptes rendus des séances de la 22e Conférence générale des poids et mesures 13-17 octobre 2003

Ordre du jour

L'ordre du jour provisoire de la 22e Conférence générale (*voir* Annexe A page 177) est adopté comme ordre du jour définitif.

1 Ouverture de la Conférence

M. Étienne-Émile Baulieu, président de l'Académie des sciences de l'Institut de France et président de la 22e Conférence générale des poids et mesures (CGPM), ouvre la séance inaugurale en invitant M. Gilles Barrier, représentant le ministère des Affaires étrangères de France, à s'adresser à la Conférence générale.

2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères de la République française

M. Barrier, représentant le ministère des Affaires étrangères de France, direction des Nations unies et des organisations internationales, prononce l'allocution suivante :

« Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Délégués,

M. Dominique de Villepin, ministre des Affaires étrangères, m'a demandé de le représenter car il ne peut malheureusement pas être parmi nous aujourd'hui. En son nom, et au nom du Gouvernement de la République française, j'ai le grand honneur et le plaisir de vous accueillir aujourd'hui et de déclarer ouverte la 22e Conférence générale des poids et mesures.

Il y a 128 ans, le 20 mai 1875 exactement, était signée la Convention du Mètre, qui créait le Bureau international des poids et mesures, le Comité international des poids et mesures et instituait la Conférence générale des poids et mesures, pour laquelle nous nous trouvons aujourd'hui rassemblés.

Bien des évolutions se sont produites depuis, marquées par de nombreux progrès technologiques et, parallèlement, par la multiplication et la diversification des besoins des utilisateurs des services de métrologie. Ces besoins se manifestent de façon croissante à travers des enceintes internationales toujours plus nombreuses et plus diverses. Ils suscitent des évolutions qui ont été accompagnées par le développement continu des activités de métrologie du Bureau international des poids et mesures, à la fois au niveau scientifique – et nous savons l'immensité de ce champ d'action – et au niveau de la coopération internationale, au profit d'un nombre croissant de pays, et en partenariat renforcé avec de multiples organisations internationales.

Depuis la dernière Conférence générale, en particulier, bien des progrès ont été accomplis et de nombreux efforts ont permis de parvenir à des succès tangibles : il convient de citer à cet égard les avancées considérables qu'à engendrées l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, qui bénéficie au développement des échanges internationaux et qui peut se mesurer concrètement à travers le service irremplaçable que procure la consultation de la base de données qu'à constituée le Bureau international des poids et mesures.

Ce développement, nous le devons aux personnalités qui animent le Bureau international des poids et mesures dont je voudrais saluer le travail de pointe. Je voudrais plus particulièrement rendre hommage à M. Terry Quinn qui, en achevant cette année son mandat exemplaire de directeur du Bureau international, met fin à une brillante carrière au service de la métrologie internationale. Je saisis également cette occasion pour saluer son adjoint, M. Andrew Wallard,

qui lui succèdera dès l'année prochaine à la tête du Bureau international et auquel j'adresse tous mes vœux de succès.

De nouvelles pages de l'histoire des institutions des poids et mesures restent à écrire et je sais qu'une réflexion très riche, animée par le Comité international, sur les orientations futures qui s'offrent au Bureau international, fera l'objet, au cours de cette Conférence générale, d'un débat qui s'annonce passionnant. C'est pourquoi j'ai la certitude que cette Conférence sera un plein succès, ce que je lui souhaite de tout cœur.

Je vous remercie. »

3 Réponse de M. le Président du Comité international

M. Kovalevsky, président du Comité international des poids et mesures (CIPM), remercie le représentant du ministère des Affaires étrangères d'accueillir la Conférence générale au Centre de conférences internationales et félicite le Centre pour la salle de conférence moderne et bien équipée mise à notre disposition.

Reprenant l'allocution de M. Barrier, il attire l'attention sur la nécessité croissante d'effectuer des mesures de précision dans des domaines de plus en plus nombreux, auxquels on ne songeait même pas il y a quelques années. La métrologie, dit-il, est maintenant fondamentale non seulement pour l'industrie et le commerce, mais aussi pour la santé et pour l'environnement, ce qui signifie que les domaines d'étude traditionnels doivent maintenant être étendus à de nouveaux domaines tels que la chimie organique et inorganique, les analyses médicales, y compris le diagnostic *in vitro*, le contrôle de l'air, de l'eau et de la pollution du Globe, la pharmacologie, l'industrie alimentaire et les essais anti-dopage. Dans tous ces domaines, nous avons un besoin croissant de mesures de référence de haute qualité ainsi que de mesures absolues effectuées avec la meilleure précision possible, et nous devons gérer leurs applications aux mesures quotidiennes.

La diversification de ces domaines a conduit et continuera à conduire à un accroissement inévitable d'activités nouvelles au Bureau international des poids et mesures (BIPM) et dans les laboratoires nationaux de métrologie. Celles-ci ne peuvent être entreprises entièrement aux dépens des activités existantes et l'une des questions clés que cette Conférence aura à résoudre sera de décider dans quelle mesure le budget du BIPM devra être augmenté pour faire face à ces besoins.

M. Kovalevsky note que M. Barrier a attiré l'attention sur l'extension de la coopération entre un nombre croissant d'États et d'entités économiques. Cette situation est une évolution importante, due en partie à la mondialisation et en partie aux besoins qu'ont les pays en voie de développement de techniques leur permettant de démontrer la cohérence entre leurs mesures et celles effectuées dans les autres pays. La Résolution 3 de la 21e Conférence générale a établi un statut d'Associé à la Conférence générale. Elle a donné accès aux activités du BIPM – y compris, mais pas uniquement, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM – à quinze États et entités économiques supplémentaires. Ce nombre devrait continuer à augmenter dans les années à venir.

La France, qui fut à l'origine de la Convention du Mètre, a toujours soutenu activement le BIPM et l'allocution de M. Barrier prouve que c'est toujours le cas. M. Kovalevsky conclut en disant qu'il est confiant que les vœux du ministre s'accompliront et il exprime à nouveau ses remerciements au ministère des Affaires étrangères de France pour son aide à l'occasion de cette Conférence.

4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la Conférence

M. Étienne-Émile Baulieu, président de l'Académie des sciences de l'Institut de France, prononce l'allocution suivante :

« Mesdames et Messieurs les Délégués, Monsieur le directeur Barrier, cher Jean Kovalevsky et président, cher Monsieur Quinn et directeur, mes chers collègues,

J'ai, au nom de l'Académie des sciences, le plaisir de vous saluer et de vous remercier de tout le travail que vous faites. Notre Académie des sciences est heureuse d'avoir une sorte de tradition lui permettant d'assister, tous les quatre ans maintenant, à la Conférence, comme c'est le cas aujourd'hui.

Pour nous les scientifiques, une activité de ce genre est un des meilleurs exemples, pour ne pas dire un des seuls exemples, de ce qui se passe actuellement au plan de la mondialisation. C'est le bon côté du destin de l'humanité sur la terre, avec ces interactions entre personnalités et savants de différents pays, entre des personnes de confiance. Au moment où, tout le monde le sait, la grande rapidité de l'évolution scientifique est difficile à comprendre pour de larges masses humaines qui demandent explications, craignent les exagérations et même des contre-productions.

Vous déployez une remarquable activité à laquelle nous rendons hommage. En particulier j'ai noté en regardant les documents de travail des différents comités que vous avez créé un groupe de travail sur l'expression des incertitudes de mesure. C'est tellement important d'avoir donné un tel titre, c'est tellement important d'essayer d'enseigner avec pédagogie aux bénéficiaires ce que la science contemporaine peut nous apporter et dont bien entendu les progrès ne sont plus à montrer. Ils sont à comprendre, ils sont à utiliser, dans le bon sens bien sûr.

Les problèmes actuels que vous posez sont de divers ordres. J'en ai retenu, et c'était pour moi presque une surprise étant de profession biomédicale, que des problèmes aussi généraux que la redéfinition du mètre, la redéfinition du kilogramme, l'examen des unités électriques et bien entendu tout ce qu'il faut faire avec les nanotechnologies et beaucoup d'autres choses y compris dans le domaine de la bio-médecine, étaient à l'ordre du jour de vos travaux. De ce point de vue je vous en félicite et je vous en remercie. Vous êtes dans l'actualité : l'actualité d'aujourd'hui et celle qui vient immédiatement demain.

Il est étonnant pour quelqu'un qui, comme la plupart d'entre nous, a fait des études classiques, de se trouver à discourir aujourd'hui devant ceux qui remettent en discussion le nombre d'Avogadro, la définition de l'électrovolt, du curie, de la constante de Planck etc. C'est tout à fait important pour ressentir à quel point l'esprit humain continue à chercher, à perfectionner, à inventer.

Comme bio-médecin, permettez-moi simplement quelques réflexions, quelques observations. Au cours de mon travail je suis, comme chacun bien entendu, confronté aux mesures : les mesures d'abord au niveau de la matière vivante sont à regarder au niveau des dimensions. Les dimensions des matières vivantes sont extrêmement nombreuses, puisque bien entendu la base des matières organiques est la liaison carbone-carbone : un ångström et demi, mais l'on passe rapidement à la dimension supérieure déjà avec les petites molécules énergétiques, avec les protéines, avec les petits éléments structurels qui s'organisent, comme par exemple ceux qui fabriquent justement ces protéines, nous sommes déjà à 30 nm. Et puis les êtres vivants comme les bactéries, où l'on passe encore à la dimension supérieure : on passe aux micromètres. Toutes les cellules de chacun, les milliards et les milliards de cellules de chacun des êtres vivants, et en particulier des mammifères que nous sommes, sont déjà au micromètre, dans la dizaine de micromètres ; les globules rouges, tout le monde le sait, ont 7 μm de diamètre. Ces connaissances dans cet étiage de distance sont d'une importance cruciale pour la compréhension des phénomènes de la vie. Comme le sont aussi d'ailleurs l'étude des vitesses des réactions, où les choses sont encore plus étalées dans le temps : l'effet primaire de la vision est de l'ordre des dizaines de picosecondes, ce qui est vraiment impossible à rationaliser au niveau de raisonnement habituel de la discussion, de la réflexion humaine. Mais elles sont là, les picosecondes, pour nous permettre de nous rendre compte de ce qui nous entoure. Et puis au niveau des gènes et du fameux ADN, le déroulement de sa fameuse double-hélice ne prend qu'une microseconde ; les rythmes des protéines pourtant mettent beaucoup plus longtemps, de l'ordre d'une seconde – une différence d'un million de fois. Il faut arriver à manipuler tous ces événements de façon cohérente. Bien sûr, la synthèse des êtres vivants prend encore plus de temps ; il faut une trentaine de minutes pour constituer une simple bactérie. Mais cela dit, on a le temps ; cela fait trois milliards et demi d'années que la vie se passe sur la Terre et ça continuera, semble-t-il.

Je veux rester simplement au niveau des mesures des gènes que j'ai déjà évoqués et me permets de vous rappeler les dimensions extraordinairement variées auxquelles les mesures ont à faire face. Il y a des tout petits virus : des êtres qui ne sont pas vraiment vivants, mais qui sont vécus, et quelquefois vécus par la cellule de façon délétère pour la survie de celle-ci. Les virus, comme le SV40 ou le virus de la polio, n'ont qu'un micromètre de longueur et 5000 paires de base. Dès qu'on passe au niveau d'une bactérie, comme le colibacille *Escherichia coli,* l'ADN est de l'ordre d'un millimètre (1340 μm) et code pour un certain nombre de protéines de l'ordre de 3000 à 5000 par unité vivante, par organisme. Alors que chez l'homme, où nous avons chacun dans chacune de nos milliards et milliards de cellules, un mètre entier d'ADN, qui pourrait coder pour des centaines de milliers de protéines, en fait nous ne disposons que d'environ 30 000 gènes différents, seulement dix fois plus qu'un microbe.

La compréhension de ces différences quantitatives est fondamentale, parce qu'ici se mêlent le quantitatif et le qualitatif, puisque cela veut dire qu'il y a des morceaux chimiques tout à fait analogues en première superficialité, qui sont vecteurs d'une expression, d'une transcription en protéines efficaces, et d'autres au contraire qui sont là seulement pour des régulations. Autrement dit, ici il y a des différences subtiles, quantitatives, qui n'ont pas été encore explorées loin de là, et l'on sait maintenant qu'il faudra différencier des niveaux dans l'aspect qualitatif du quantitatif. C'est-à-dire que, au-delà des gènes codants, qui ont une structure bien établie, avec peu de variantes, il y a des modifications possibles souvent sur les « single nucleotide polymorphisms », c'est-à-dire sur des éléments qui sont dans la régulation de l'expression de ces gènes. Autrement dit, tout dans la vie se fait à des niveaux différents. Certes il y a la vie ou la mort, mais beaucoup plus en finesse, il y a le fonctionnement de toutes les activités et dans le fonctionnement les performances à l'intérieur du fonctionnement, et à l'intérieur même de la

quantité de fonctionnement, il y a la qualité du fonctionnement et tout ceci est quantitativement défini.

Je suis très heureux en particulier des efforts internationaux pour établir, selon un arrangement international que vous appelez l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (MRA), une liste validée de références pour les produits et les méthodes de mesure, en particulier pour les laboratoires de médecine, et que soit formé un comité – le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) – dont bien entendu le BIPM est un acteur fondamental pour les questions de traçabilité. Ce mot de traçabilité qui a envahi la presse, les médias, la pensée, les craintes, est tellement important que ce soit pour l'alimentation, les médicaments, la sécurité de tous ordres, le terrorisme, les questions criminelles... finalement, toute la vie humaine et je l'espère surtout la vie humaine dans le bon sens, vers la guérison et le soutien dans les difficultés. Je remercie Messieurs Joseph Thijssen, Willie May et Terry Quinn d'avoir créé ce comité, qui s'est déjà réuni trois fois cette année et qui a déjà établi une liste concernant plusieurs centaines de produits et près d'une centaine de méthodes de référence. C'est un travail tout à fait remarquable, un travail qui est important non seulement du point de vue technique, mais je dirais aussi éthique.

C'est d'ailleurs à cet égard que je veux conclure avec un peu d'emphase cette petite introduction, pour noter que maintenant, avec les progrès extraordinaires que nous avons faits dans la connaissance de la matière, dans la connaissance des phénomènes de l'énergie, dans les contrôles possibles et les contrôles difficiles – et quelquefois impossibles –, tout maintenant repose sur un concept d'ordre humanitaire. Il est certain que la mesure est nécessaire. Elle ne donne pas directement la compréhension. La précision, il en faut et il en faut toujours plus, nous l'avons vu. Il faut aussi la vitesse d'exécution ; la vitesse d'exécution est indispensable qu'il s'agisse d'affaires d'ordre policier, politique ou bien médical. Il faut encore, au delà et plus haut dans l'esprit humain, de la compréhension et même de « l'amitié » pour le progrès scientifique. C'est parce que j'ai senti en lisant vos documents que vous n'étiez pas seulement des méthodologistes mais que vous étiez aussi des innovateurs à l'affût des nouveautés, mais sachant prudemment les évaluer avec responsabilité, ce qui est tout à fait fondamental et au-delà encore les hommes qui franchissent les frontières à la fois physiquement et par l'esprit, que je vous remercie de montrer que les rapprochements entre les pays, les rapprochements entre les disciplines scientifiques, tout cela fait de votre activité une grande œuvre humaniste.

Je vous remercie. »

M. Baulieu annonce ensuite qu'étant retenu par d'autres obligations, il est obligé de quitter la Conférence générale, mais que M. Christian Bordé, physicien, membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris et conseiller scientifique auprès du Bureau national de métrologie, le remplacera pour la suite de la Conférence.

M. Christian Bordé présente ensuite l'allocution suivante :

« C'est un grand plaisir pour moi de vous retrouver après ces quatre années qui, je l'espère, auront été heureuses et fertiles pour chacun d'entre vous. Elles ont été pour moi l'occasion d'une réflexion sur le Système international d'unités, le SI, et je voudrais partager avec vous quelques idées issues de cette réflexion. Nous savons que le SI n'est pas figé, mais qu'il évolue forcément avec notre compréhension croissante du monde physique et les progrès rapides de la technologie. C'est notre devoir d'orienter et d'accompagner cette évolution dans la bonne

direction, celle d'une plus grande cohérence et d'une plus grande universalité, pour faire bénéficier le SI de toute la richesse de la science d'aujourd'hui.

Un pas important a été franchi en 1983 en rattachant le mètre à la seconde en fixant une constante fondamentale, la vitesse de la lumière c. Il faudrait maintenant examiner si cette démarche peut et doit être poursuivie avec d'autres constantes fondamentales, telles que la constante de Planck h, la constante de Boltzmann k_B et la masse de l'électron m_e.

Je prendrai simplement deux exemples :

- La grandeur masse est indissolublement liée à la constante de Planck h au niveau quantique : toutes les équations de la mécanique quantique ne font intervenir la masse que par le rapport h/m_e. Comment traduire ce lien au niveau macroscopique ? La balance du watt donne une réponse extrêmement élégante à cette question en nous fournissant une méthode de mesure très pertinente et très bien adaptée de la longueur d'onde de de Broglie et donc du rapport h/m_e pour une masse macroscopique telle que le kilogramme étalon, uniquement par des mesures de fréquence. Faut-il redéfinir l'unité de masse en fixant la constante de Planck h ? Il y aura là, dans quelques années, un choix crucial pour l'avenir du SI et peut-être une opportunité unique d'aller dans la bonne direction.
- De même on peut mesurer aujourd'hui la constante de Boltzmann k_B, ou plutôt k_B/h, au moyen d'une mesure de fréquence (mesure de largeur Doppler), et on peut à terme imaginer de redéfinir l'unité de température en fixant cette constante.

On voit que la plupart des unités de base actuelles pourraient, comme le mètre, être rattachées à la seconde. La définition de la seconde elle-même pourrait évoluer à l'avenir, compte tenu du développement des horloges optiques et des mesures de fréquences par laser à impulsions femtosecondes, par exemple en utilisant le spectre de l'hydrogène.

Par ailleurs, sur le plan de la dynamique, il faudrait que le système d'unités intègre toutes les conséquences de la vision unifiée des interactions fondamentales qui se dégage du modèle standard de la physique. Ce modèle standard traite les interactions fondamentales comme des champs de jauge couplés à la matière grâce à un jeu de constantes fondamentales sans dimension. Par exemple, nous savons que tout l'électromagnétisme est décrit par une seule constante de couplage sans dimension, la constante de structure fine α. Au niveau microscopique cette vision est maintenant très bien établie. Comment la transférer au niveau macroscopique ?

De façon générale, nous assistons à l'émergence d'une métrologie quantique, que ce soit en électricité avec l'effet Josephson, l'effet Hall quantique et l'effet tunnel à un électron, ou dans le domaine de la physique atomique avec l'utilisation d'atomes froids en interférométrie atomique. Cette métrologie quantique permet le passage nécessaire du monde microscopique au monde macroscopique. Il faudra fermer le triangle métrologique avec un niveau suffisant d'exactitude pour acquérir une pleine confiance dans l'exactitude de ces mesures. Il faudra également poursuivre la détermination de la constante de structure fine α par interférométrie atomique.

Ce sont de merveilleux outils qui s'offrent à nous et nous avons la responsabilité historique de bien les utiliser. Bien sûr, il est aussi nécessaire de mieux comprendre ces constantes fondamentales, leur origine et leurs variations possibles avec l'espace et le temps.

Le SI actuel n'est donc qu'une étape vers un système plus unifié, plus cohérent. Avec toute la prudence qui s'impose, il nous appartient de poursuivre cet effort et de trouver la bonne route, qui assure à la fois la continuité et le renouveau de notre système d'unités, tout en maintenant la traçabilité et en restant à l'écoute des besoins de la société.

Nous avons constitué un groupe de travail à l'Académie des sciences de Paris qui étudie cette question en liaison étroite avec le BIPM. J'imagine que de tels travaux sont poursuivis dans de nombreux autres pays. Le BIPM se doit bien sûr d'être le carrefour et le point focal de toutes ces réflexions.

À titre d'exemple particulièrement réussi de rayonnement scientifique, le BIPM a organisé en juillet dernier une école d'été à laquelle j'ai eu le grand plaisir de participer. Elle s'adressait à quatre-vingts jeunes de laboratoires nationaux de métrologie de vingt-deux pays et a été un grand succès de communication scientifique autant que de contacts humains. À cette occasion nous avons tous ressenti combien le BIPM pouvait être important dans son rôle d'animation et de coordination de la science métrologique au plan mondial !

Ceci n'est possible que si le BIPM compte en son sein des collaborateurs au plus haut niveau, et pour attirer des chercheurs à ce niveau nous savons bien qu'il faut mener une activité de recherche expérimentale elle-même au plus haut niveau. Nous devrons donc être attentifs, au cours de cette semaine, à maintenir cette masse critique qui seule donne sa crédibilité scientifique au BIPM.

Enfin, à l'occasion des rapports des présidents des Comités consultatifs, je souhaiterais que nous puissions reprendre tous les points qui concernent l'évolution possible des définitions des unités de base et que je viens d'évoquer très rapidement. »

5 Présentation des titres accréditant les délégués

Il est demandé dans la Convocation que la composition de chaque délégation soit communiquée au Bureau international au plus tard deux semaines avant l'ouverture de la Conférence. À leur arrivée, Mesdames et Messieurs les délégués sont priés de présenter les titres d'accréditation remis par les autorités concernées de leur Gouvernement.

6 Nomination du secrétaire de la Conférence

M. Bordé, devenu président de la Conférence, propose que M. R. Kaarls, secrétaire du Comité international, soit nommé secrétaire de la Conférence. Sa proposition est approuvée.

7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter

Le secrétaire, après avoir examiné les titres accréditant les délégués, procède à l'établissement de la liste, par État, des délégués chargés du vote, au nom de leur Gouvernement. Cette liste, par ordre alphabétique, s'établit comme suit :

Afrique du Sud	T. Demana
Allemagne	E.O. Göbel
Argentine	J. Valdés
Australie	B. Inglis
Autriche	R. Dittler
Brésil	J.A. Herz da Jornada
Bulgarie	A. Todorova
Canada	J. Lusztyk
Chili	R. Nuñez Brantes
Chine	WANG Qinping
Corée (Rép. de)	LEE Sekyung
Danemark	K. Carneiro
Égypte	S.Z. Zahwi
Espagne	Á. Garcia San Román
États-Unis	A. Bement
Finlande	T. Hirvi
France	L. Érard
Hongrie	P. Pákay
Inde	V. Kumar
Irlande	J. Kane
Israël	G. Deitch
Italie	P. Vigo
Japon	A. Ono
Malaisie	A.R. Z. Abidin
Mexique	H. Nava Jaimes
Norvège	H. Kildal
Nouvelle-Zélande	K. Jones
Pays-Bas	E.W.B. de Leer
Pologne	B. Lisowska
Portugal	C. Nieto de Castro
Roumanie	F. Iacobescu
Royaume-Uni	D. Walker
Russie (Féd. de)	L.K. Issaev
Serbie-et-Monténégro	D. Miloševič
Singapour	V. Tan
Slovaquie	D. Podhorský
Suède	H. Andersson
Suisse	W. Schwitz
Tchèque (Rép.)	A. Šafařik-Pštrosz
Thaïlande	P. Totarong
Turquie	A. Şahin

Sur les cinquante et un États signataires de la Convention du Mètre, quarante et un sont représentés. M. Kaarls souhaite aussi la bienvenue aux représentants de huit Associés à la Conférence générale : le Bélarus, Hong Kong (Chine), le Kenya, la Lettonie, la Lituanie, la Slovénie, Taipei chinois et l'Ukraine.

8 Approbation de l'ordre du jour

L'ordre du jour provisoire proposé dans la Convocation est adopté (*voir* Annexe A page 177), avec une légère modification : la discussion sur le point 15, concernant le programme de travail du BIPM, est avancée ; elle aura lieu l'après-midi du premier jour de la Conférence.

Le président demande ensuite à M. Kovalevsky de présenter son rapport.

9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 21e Conférence générale (octobre 1999 – septembre 2003)

M. J. Kovalevsky, président du Comité international, présente le rapport suivant :

« En conformité avec l'Article 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, j'ai le plaisir en tant que président du Comité international des poids et mesures de présenter mon rapport sur les travaux accomplis depuis la 21e Conférence générale qui s'est tenue au mois d'octobre 1999.

J'ai tout d'abord le plaisir d'accueillir deux nouveaux États membres, la Grèce et la Malaisie, qui ont rejoint la Convention du Mètre depuis la précédente Conférence générale, ainsi que la Serbie-et-Monténégro qui a pris la place de l'ancienne Yougoslavie dans la Convention. Je souhaite aussi la bienvenue aux quinze États et entités économiques qui ont bénéficié du nouveau statut d'Associé à la Conférence générale créé par la 21e Conférence générale en 1999. Ce sont le Bélarus, Cuba, l'Équateur, Hong Kong (Chine), la Jamaïque, le Kenya, la Lettonie, la Lituanie, Malte, Panama, les Philippines, la Slovénie, Taipei chinois, l'Ukraine et le Viet Nam.

9.1 Introduction

La Convention du Mètre est l'une des plus anciennes conventions intergouvernementales, mais ses activités continuent à avoir un impact considérable sur de nombreux aspects du monde des affaires, des sciences, de l'économie et de la société. Personne ne remet en question les objectifs fondamentaux de la Convention. Comme nous le verrons dans la suite de mon rapport, nous sommes encouragés au niveau international à étendre encore plus ses activités et son influence. Cette demande exerce une grande pression sur le BIPM, sur le CIPM et sur ses Comités consultatifs et ses comités communs, pression qui a poussé le CIPM à prendre des décisions sur ses priorités à venir, ce qui ne fut pas sans douleur. Je suis toutefois convaincu qu'avec le

soutien de la Conférence générale nous pourrons convenir d'une direction claire pour les prochaines années et que l'avenir de la Convention du Mètre est solide et stimulant.

Avant d'entrer en détail dans le rapport sur les activités des quatre dernières années, je tiens à vous signaler un événement notable qui s'est déroulé en l'an 2000 et que, je crois, nous devons commenter au début de la Conférence. Il s'agit du 125e anniversaire de la signature de la Convention du Mètre. Pour le célébrer, une conférence spéciale a été organisée en coopération avec l'Académie des sciences de Paris et nous avons eu le plaisir d'accueillir les directeurs de nombreux laboratoires nationaux de métrologie, d'anciens collègues qui ont joué un rôle important dans la vie de la Convention du Mètre, et bien d'autres personnes intéressées par la métrologie. Un certain nombre d'exposés à caractère technique ont été présentés à la Conférence, notamment par cinq lauréats du prix Nobel. C'était une journée fascinante et nous avons fait le bilan des nombreuses contributions que la Convention du Mètre, et la métrologie, ont apportées à la science, au commerce et à la société. Il est impossible de commenter toutes les présentations, mais je mentionnerai juste une remarque faite par M. Steve Chu dans sa présentation. La métrologie peut parfois être décrite – à tort, comme nous le savons tous – comme la poursuite de mesures toujours plus exactes. C'est parfois nécessaire pour des raisons commerciales mais, d'un point de vue scientifique, la métrologie joue toujours un rôle primordial dans la compréhension des problèmes. « D'après mon expérience » a dit M. Chu « l'exactitude des mesures est au cœur de la physique, et la nouveauté en physique débute à la prochaine décimale ». Cette déclaration se confirme si nous regardons la liste des lauréats du prix Nobel au cours des cinquante dernières années ou plus : la métrologie figure souvent parmi les toutes premières applications des travaux primés par un prix Nobel. Cela montre bien que dans nos efforts scientifiques, qui sont pour nous source de joie et de fierté, nous ne devons jamais oublier que la métrologie est aussi au service de la société, de l'industrie, du commerce et de l'économie au niveau international. Ce sont en effet probablement les principales motivations pour adhérer aujourd'hui à la Convention du Mètre. C'est, vous le remarquerez, un thème récurrent dans mon rapport.

Je voudrais tout d'abord faire quelques commentaires sur la suite donnée à certaines résolutions fondamentales adoptées par la précédente Conférence générale. Je présenterai ensuite un rapport sur le succès considérable de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA) qui a été signé au moment de cette Conférence. J'attirerai ensuite votre attention sur certains des aspects les plus importants du travail du Comité international, de ses Comités consultatifs et du Bureau international. Certaines parties de mon rapport seront relativement brèves, car elles sont examinées plus en détail à d'autres points de l'ordre du jour.

9.2 Mise en œuvre des Résolutions depuis la précédente Conférence générale

Je commence tout d'abord par passer en revue la mise en œuvre des décisions ayant fait l'objet des principales Résolutions de la précédente Conférence générale.

La **Résolution 1 de la 21e Conférence générale** a accueilli favorablement le rapport du CIPM, préparé par W.R. Blevin, alors secrétaire du Comité international, intitulé *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie : les collaborations internationales et le rôle du BIPM*. Ce rapport riche et original a établi le cadre, et les priorités, des activités du CIPM et du BIPM pour les quatre années passées. De plus, ce rapport s'est avéré être une étude précieuse et clairvoyante sur les questions essentielles pour la métrologie. Il a été très utilisé par les laboratoires nationaux de métrologie et les gouvernements pour établir le schéma directeur des

activités des laboratoires nationaux de métrologie et les programmes nationaux dans le domaine de la métrologie.

En particulier, ce rapport a souligné l'explosion – si je peux me permettre d'employer ce terme – de la métrologie en chimie. À l'époque, le BIPM commençait à peine à mettre en œuvre certains travaux en chimie, même si le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), établi en 1993, avait déjà débuté ses activités. De même, plusieurs laboratoires nationaux de métrologie venaient juste de faire de la métrologie en chimie une activité majeure. Un grand nombre d'entre eux avaient commencé à s'allier à d'autres laboratoires nationaux compétents dans le domaine de la chimie pour traiter les questions relatives à la métrologie évoquées dans le « Rapport Blevin » et recommandées dans la Résolution 10 de la Conférence générale en 1999.

Ce rapport attirait aussi l'attention sur plusieurs autres questions qui font partie de nos préoccupations quotidiennes de métrologistes. Il avait pressenti et souligné l'importance, du point de vue technique, de la nanotechnologie, de l'environnement, des usages de l'informatique et de l'acoustique. Il avait aussi souligné la nécessité pour le BIPM et le CIPM de développer des collaborations internationales et un partenariat avec des organisations impliquées dans la mesure précise, pour atteindre ses objectifs de manière plus efficace. Depuis, des protocoles d'accord ont été signés avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Le Comité international espère établir des arrangements similaires avec d'autres organisations internationales. Le projet de résolution A qui vous est présenté traite de ces initiatives.

Toutefois, au cours des quatre dernières années, les besoins dans le domaine de la métrologie ont évolué et se sont accrus bien plus vite que prévu dans le « Rapport Blevin ». C'est plus particulièrement vrai pour les applications liées aux besoins de la société et de l'économie dans les domaines de la médecine, de l'environnement, de la sécurité et de la nutrition. Le CIPM a dû commanditer un rapport analogue, intitulé *Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* pour la présente Conférence générale. Je dois résister à la tentation d'entrer dans le détail de ce rapport, qui a été préparé par le secrétaire du CIPM, M. Robert Kaarls, car il constitue en soi un point important de l'ordre du jour. Je veux simplement dire que non seulement il souligne les nouveaux besoins dans le domaine de la métrologie, mais qu'il identifie aussi les changements dans le mode opératoire de la Convention du Mètre et dans ses relations avec d'autres organisations internationales et intergouvernementales. Il propose aussi une évolution du rôle du BIPM pour répondre aux nouveaux défis. Vous aurez la possibilité d'en discuter ultérieurement pendant la Conférence.

Il est clair cependant que ce rapport ne sera pas le dernier. Les années à venir apporteront de toute évidence de nouveaux changements et des événements inattendus surviendront certainement. C'est pourquoi nous devons préparer régulièrement ce type de document, tout comme nous devons faire évoluer en conséquence les activités du BIPM. Le projet de résolution E invite le CIPM à poursuivre ses efforts dans cette voie.

Le Bureau international a aussi renforcé ses liens avec les laboratoires nationaux de métrologie. Des réunions des directeurs de ces laboratoires ont lieu régulièrement et sont hautement appréciées sur la scène internationale de la métrologie. Elles rassemblent les acteurs de la Convention du Mètre et ont stimulé l'établissement de réseaux et de collaborations supplémentaires entre les laboratoires nationaux de métrologie. Depuis ces dernières années, les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie

ont à l'esprit de renforcer la collaboration régionale et l'interdépendance des laboratoires, ainsi que les programmes stratégiques de développement. Cela aide les laboratoires à travailler ensemble pour répondre aux nouveaux besoins, tout en étant capables de faire face à leurs responsabilités nationales en ce qui concerne leur système de mesure. Les réunions des directeurs se sont en outre révélées être pour le BIPM un précieux forum de discussion pour connaître leur point de vue et elles nous ont procuré nombre de bons conseils et directives stratégiques.

La **Résolution 3 de la 21e Conférence générale** en 1999 sur les Associés à la Conférence générale des poids et mesures a aussi souligné la nécessité d'étendre les avantages que procure l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM à un plus grand nombre d'États et entités économiques. C'est un sujet à débattre et une résolution en ce sens est proposée à la présente Conférence. Je suis heureux de dire que les diverses initiatives prises pour promouvoir les mérites de l'adhésion à la Convention du Mètre et du statut d'Associé ont eu pour conséquence une augmentation du nombre de ses membres. Lors de la précédente Conférence générale, elle comptait quarante-huit États membres. Elle compte aujourd'hui cinquante et un membres et quinze Associés. D'autres ont demandé le statut d'Associé. De plus, certains groupes de pays sont intéressés par un statut de « groupe d'Associés ». J'attire votre attention sur le fait que cet accroissement du nombre des membres et Associés intervient à un moment où les propositions faites aux gouvernements au sujet de l'adhésion et des contributions financières aux organisations internationales sont étudiées de très près. Des questions difficiles sont posées sur la rentabilité et la nécessité de cette participation. Notre croissance montre bien que la Convention du Mètre répond toujours aux besoins réels du monde actuel.

Je suis aussi heureux de constater que les organisations régionales de métrologie vivent aussi une augmentation similaire du nombre de leurs membres. C'est particulièrement évident pour les organisations régionales de métrologie de la région Asie-Pacifique, d'Afrique et des Amériques. Mais les initiatives des organisations régionales de métrologie, et en particulier celles qui soutiennent et encouragent des États et entités économiques plus petits ou nouveaux dans le domaine de la métrologie, servent à unifier et partager les meilleures pratiques métrologiques parmi leurs membres. Cette assistance mutuelle est précieuse et elle est souvent menée avec le soutien financier des organismes économiques régionaux et celui des laboratoires nationaux de métrologie qui établissent des programmes de développement et de collaboration internationale. Nous avons constaté que des pays qui, il y a dix ans à peine, n'avaient pas ou pratiquement pas de service métrologique, jouent maintenant un rôle important au niveau régional et, souvent, au niveau international. Nombre d'entre eux assistent aujourd'hui à cette Conférence et nous espérons que davantage encore participeront aux activités de la Conférence générale et de la Convention du Mètre quand ils auront gagné en confiance, compétence et maturité dans le domaine de la métrologie. Cela montre aussi que la métrologie n'est pas réservée uniquement aux laboratoires nationaux de métrologie de haut niveau et que la Convention a un rôle à jouer pour aider à répondre aux besoins des pays, quel que soit le niveau d'incertitude de mesure correspondant aux besoins de leur économie et de leur société. À cet égard, le BIPM et d'autres organisations internationales collaborent en vue de créer un « Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS) ». Ce comité en est encore au stade préliminaire. Il sera discuté ultérieurement, car il fait l'objet des projets de résolutions C et D.

La précédente Conférence générale a adopté un certain nombre de Résolutions concernant des questions scientifiques et techniques. Elles sont appliquées activement par les laboratoires

nationaux de métrologie et par les Comités consultatifs. Par exemple, la Résolution 4 traitait de la nécessité d'assurer la traçabilité au SI, de manière robuste, des mesures relatives aux ressources terrestres, à l'environnement et à la sécurité humaine. Alors que nous avons fait de sérieux progrès dans les mesures médicales, nous avons eu, malheureusement, moins de succès en ce qui concerne certaines études relatives aux domaines spatial et atmosphérique. Cependant, les initiatives récentes entre le BIPM et l'OMM – qui font lourdement appel aux ressources du BIPM – sont bien placées pour faire avancer les recherches dans ce domaine et j'espère que des progrès seront réalisés sur cette question importante.

9.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM

La mise en œuvre de l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* établi par le CIPM (en abrégé le MRA du CIPM) serait, selon un grand nombre de personnes, l'événement ayant de loin, dans le domaine de la métrologie, la plus grande portée depuis la signature de la Convention du Mètre.

Il y a trois raisons à cela. Tout d'abord, il place la métrologie au cœur du commerce équitable et joue un rôle essentiel pour aider à démontrer de manière objective la conformité aux normes internationales. Deuxièmement, il augmente le niveau de confiance dans le système de mesure international, en particulier au moyen des comparaisons clés. Enfin, les avantages économiques et financiers sont considérables. Pour le démontrer, nous avons fait appel à des analystes indépendants pour quantifier les retombées économiques du MRA au niveau international. Les résultats de cette étude, intitulée *Potential Economic Impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement*, ont montré que, même si l'on ne considère que l'impact relativement limité de l'équivalence multilatérale pour les laboratoires nationaux de métrologie, le total des économies annuelles réalisées est globalement d'environ 85 millions d'euros.

Nous avons établi le MRA en pensant à son importance et en sachant que nous devrions tous y consacrer des ressources considérables pour qu'il fonctionne efficacement. Les ressources investies ont peut-être été plus élevées que prévu, mais nous n'avons pas sous-estimé sa valeur ni la portée de ses retombées. D'un point de vue technique, la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) contient maintenant plus de 15 000 déclarations de possibilités en matière de mesures et d'étalonnages (les CMCs) validées et fiables. Trois cents comparaisons clés du CIPM et plus de cent vingt comparaisons clés des organisations régionales de métrologie, et encore d'autres comparaisons régionales, y ont été enregistrées. Nous avons beaucoup appris et de nombreux participants – de grands laboratoires expérimentés tout aussi bien que des laboratoires de petite taille et nouveaux – ont, peut-être pour la première fois, participé à des comparaisons clés et parfois constaté des erreurs insoupçonnées dans leurs réalisations des unités du Système international d'unités (SI). En général, ces différences avaient une signification métrologique plutôt qu'un impact économique, mais ce n'était pas toujours le cas, et ce fut une expérience utile pour tous. La période de transition du MRA touche à sa fin, mais il est clair que les procédures établies pour mettre le MRA sur orbite doivent être maintenues et poursuivies. Par exemple, les laboratoires nationaux de métrologie souhaiteront réviser les données publiées dans la KCDB, au fur et à mesure qu'ils amélioreront leurs possibilités en matière de mesures. De plus, il sera toujours nécessaire d'effectuer des comparaisons clés, avec une périodicité appropriée, pour assurer la crédibilité à long terme de l'Arrangement du CIPM.

Une question importante soulevée pendant les discussions sur l'Arrangement du CIPM est celle de la traçabilité et de l'équivalence. Il y a parfois confusion entre ces termes et un certain nombre d'organisations nous ont demandé des éclaircissements. Notre position est que la traçabilité est le terme familier pour la « chaîne d'étalonnage ininterrompue » des unités ou grandeurs du SI réalisées par les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations similaires. Le point important à noter est que le concept de traçabilité à une organisation donnée n'a aucune signification d'un point de vue métrologique. Nous savons cependant que certains organismes – en général des laboratoires nationaux de métrologie – sont mentionnés dans la législation ou la réglementation et, bien sûr, qu'ils sont responsables de la réalisation et de la conservation des unités et grandeurs du SI dans leur pays. Je pense que notre redéfinition du concept de traçabilité est une interprétation utile de cette question et qu'elle devrait aider à éliminer ce qui peut être considéré par certains comme un obstacle technique au commerce. Donc, une entreprise doit prendre deux mesures pour répondre aux exigences de la législation et de la réglementation au cas où un étalonnage dont elle a besoin aurait été effectué dans un autre pays. D'abord, elle doit démontrer que tous les étalonnages réalisés dans le pays sont traçables au SI. Ensuite, elle doit faire confiance à l'Arrangement du CIPM pour apporter la preuve de l'équivalence de la réalisation du SI dans ce pays et dans son propre pays. Je pense que les laboratoires nationaux de métrologie concernés partagent la même interprétation globale de cette procédure ; la Conférence souhaitera peut-être en discuter cette semaine.

Nous avons établi l'infrastructure pour améliorer la confiance dans le système métrologique mondial et les laboratoires nationaux de métrologie ont maintenant effectué la majorité du travail technique préliminaire. La prochaine étape consiste à travailler avec les agences d'accréditation, de législation et de réglementation pour les encourager à utiliser les résultats. Nous avons enclenché le processus et avons constaté des signes encourageants de progrès, qui sont des indicateurs réels du succès de l'Arrangement du CIPM. Je mentionnerai simplement quatre exemples :

- Premièrement, nous avons signé un protocole d'accord avec l'ILAC et nous avons établi un groupe de travail commun afin de préparer des recommandations sur la manière de travailler ensemble plus étroitement afin de renforcer les liens entre nos deux arrangements de reconnaissance mutuelle. Pour la première fois, nous avons le moyen de mettre en évidence l'équivalence des étalons nationaux auxquels les laboratoires accrédités assurent la traçabilité de leurs propres mesures.

- Deuxièmement, les négociateurs commerciaux internationaux considèrent que le MRA est essentiel pour étayer le commerce entre les États-Unis et l'Europe. En conséquence, l'accord commercial entre l'Europe et les États-Unis établi en 2000 – seulement un an après la signature du MRA – mentionne l'Arrangement du CIPM comme apportant la preuve objective de l'équivalence des étalons et de la reconnaissance des possibilités de mesure des laboratoires nationaux de métrologie signataires de l'Arrangement.

- Troisièmement, l'Union européenne a lancé un projet – appelé REGMET – qui aide les agences de réglementation à utiliser le MRA pour démontrer l'équivalence des mesures. C'est un grand pas en avant et je suis heureux de constater que les collègues de l'EUROMET ont établi des collaborations avec l'APMP et le SIM pour rapprocher les agences de réglementation de leur région. L'aide des agences de réglementation est critique pour l'impact et le succès du MRA, et je rends hommage aux efforts consacrés par nos collègues du National Institute of Standards and Technology (NIST, États-Unis) pour sensibiliser les agences de réglementation américaines au MRA. C'est un immense service rendu au commerce international, qui réduira les coûts de

transaction et aidera à réduire les obstacles techniques au commerce recensés par l'Organisation mondiale du commerce (OMC).

- Enfin, nous avons signé un protocole d'accord avec l'OMS et nous pouvons offrir une infrastructure internationale solide, robuste et ayant fait ses preuves, qu'elle peut utiliser pour atteindre ses objectifs en ce qui concerne l'exactitude et la traçabilité des mesures en médecine. L'Arrangement du CIPM permet de s'assurer que les mesures sont acceptées et reproductibles dans le monde entier.

Un des objectifs principaux du MRA étant d'aider à réduire les obstacles techniques au commerce, nos consultants ont posé un certain nombre de questions sur l'impact de la métrologie dans les coûts commerciaux. De manière surprenante, il n'existait pas d'estimation robuste à ce sujet et, après étude, nous avons constaté que – même selon une estimation très modeste – le MRA devrait avoir un impact direct sur les échanges commerciaux supérieur à 4 milliards d'euros. De plus, le MRA est un outil pour réduire les obstacles techniques au commerce, car il évite d'effectuer des contrôles métrologiques multiples, et pas forcément cohérents, des marchandises.

Compte tenu du rôle majeur joué par l'Arrangement du CIPM dans le commerce international, il semble important que la Convention du Mètre ait le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'OMC. Nous n'y sommes pas encore parvenus, en dépit de demandes répétées. Le projet de résolution B demande l'aide des États membres pour obtenir ce statut.

Nous sommes confiants que la décision d'établir le MRA était correcte. Nous sommes aussi conscients que les laboratoires nationaux de métrologie consacrent beaucoup de temps et de ressources aux comparaisons clés, aux Systèmes Qualité et à l'analyse des résultats des comparaisons. Aussi nous travaillons avec acharnement – en collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie – à sensibiliser les décideurs aux avantages de la participation au MRA. C'est particulièrement important dans les domaines de la réglementation, de la législation et de l'accréditation, et nous espérons faire mieux dans les années à venir. Le projet de résolution F demande l'adoption générale de l'Arrangement du CIPM en tant qu'infrastructure pour la reconnaissance internationale des certificats d'étalonnage et de mesurage. Ceci est particulièrement important pour l'extension de la métrologie à de nouveaux domaines. Le projet de résolution G invite à inclure de nouveaux laboratoires désignés dans le MRA dans les domaines qui ne sont pas couverts par les laboratoires nationaux de métrologie.

Dans le contexte du MRA, je mentionnerai aussi que le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (le JCRB) s'est réuni régulièrement et est devenu, je pense, un groupe extrêmement utile. Au début, il s'est consacré naturellement à certains problèmes qui émergent inévitablement quand on met en place un arrangement aussi complexe que le MRA. Ces problèmes ont été résolus peu à peu et le JCRB publie régulièrement des notes et documents de directives qui complètent et expliquent des détails du MRA, et la manière dont il doit être interprété par les signataires. L'un des premiers succès du JCRB est relatif aux critères minimums auxquels un Système Qualité d'un laboratoire national de métrologie doit répondre pour satisfaire aux critères du MRA. C'était un exercice utile. Il a conduit à un accord provisoire sur les meilleures pratiques et sur la nécessité pour les présidents des organisations régionales de métrologie de présenter un rapport circonstancié au JCRB. Ces rapports concernent la présentation détaillée de leur Système Qualité faite par les laboratoires nationaux de métrologie et par les laboratoires désignés, lequel répond aux critères définis.

Nous approchons maintenant de la fin de la période de transition et bien des questions techniques initiales ont été résolues. Le JCRB tourne maintenant son attention vers une série de questions d'intérêt général pour les organisations générales de métrologie et pour les laboratoires nationaux de métrologie. Citons entre autres le protocole d'accord que le BIPM a établi avec l'ILAC ; le JCRB a établi un groupe de travail avec l'ILAC pour traiter des questions communes. Le JCRB a aussi discuté de questions plus stratégiques. Les réunions récentes ont par exemple traité des efforts déployés par les organes de la Convention du Mètre pour promouvoir les bénéfices de la participation à la Convention pour les pays en voie de développement. Le JCRB a aussi discuté des stratégies adoptées par les laboratoires nationaux de métrologie au sein des organisations régionales, qui conduisent à une dépendance mutuelle et à la fourniture sélective d'étalonnages et d'autres services. Le JCRB se réunit actuellement deux fois par an – une fois au BIPM et une fois au sein d'une organisation régionale de métrologie. Cette pratique nous satisfait, car elle rapproche le BIPM des laboratoires nationaux de métrologie au quotidien et lui permet de connaître en détail les besoins des membres. À ce titre, des membres du personnel du BIPM assistent régulièrement aux réunions des comités techniques des organisations régionales de métrologie. Cela nous apporte une connaissance précieuse sur la mise en œuvre du MRA et sur les problèmes rencontrés « sur le terrain ». Cela signifie aussi que le BIPM est mieux informé des programmes techniques des organisations régionales de métrologie et, par conséquent, nous aide à faire des choix sur les programmes de recherche et les autres activités techniques au BIPM afin de combler les lacunes et de répondre aux besoins réels des laboratoires nationaux de métrologie. Je suis heureux de dire que les organisations régionales de métrologie sont devenues plus puissantes et plus efficaces, qu'elles ont pris des initiatives pour augmenter le nombre de leurs membres et qu'elles ont un impact réel sur les infrastructures économiques et techniques dans le monde. Il est maintenant presque impossible de voir comment la Convention du Mètre pourrait faire face à ses responsabilités sans un réseau solide d'organisations régionales de métrologie.

9.4 Les Comités consultatifs

Je vous présenterai maintenant les travaux des Comités consultatifs. À bien des égards, ils sont les acteurs de la Convention du Mètre. Tous sont dynamiques et ont un style et une personnalité qui répond au mieux aux besoins de leur domaine respectif. Les demandes pour obtenir le statut de membre ou d'observateur ne cessent d'augmenter et le CIPM réexamine périodiquement leur composition ainsi que les critères d'appartenance. Depuis janvier 1999, nous avons totalisé vingt-sept sessions plénières des Comités consultatifs, contre dix-neuf lors des quatre années précédentes. Les Comités consultatifs sont aussi aidés par des groupes de travail spécialisés. Ces dernières années de nouveaux groupes de travail ont été créés dans des domaines techniques tels que la viscosité, la dureté et la gravimétrie, ainsi que dans divers domaines de la chimie, d'autres étant chargés de l'analyse des résultats des comparaisons clés.

C'est un travail fondamental, mais qui pèse de plus en plus lourd sur les ressources du BIPM. Le problème est exacerbé en raison de l'extension continue, mais essentielle, de la Convention du Mètre à de nouveaux domaines. Dans certains cas la présidence et le secrétariat des Comités consultatifs peuvent être partagés avec certains laboratoires nationaux de métrologie et nous trouvons de nouveaux moyens de gérer ce problème. Mais, comme nous le verrons ultérieurement lors de la discussion sur le programme de travail futur du BIPM, nous ne pouvons pas nous attendre à ce que les laboratoires nationaux de métrologie viennent à notre secours chaque fois qu'une nouvelle activité est proposée. Nous avons toujours à l'esprit l'équilibre

entre les aspects techniques et administratifs du BIPM, et il ne fait pas de doute que le BIPM serait moins efficace s'il était uniquement un organisme administratif. Bien sûr, le BIPM assure le secrétariat de tous les Comités consultatifs, mais il n'exerce pas toujours une activité de laboratoire à Sèvres. C'est le cas par exemple pour les mesures d'acoustique, de force et de radiofréquences. Le BIPM arrive cependant à maintenir un haut niveau d'assistance technique en raison de son haut niveau de compétence en métrologie générale, et aussi en raison de son expérience considérable concernant les questions techniques et autres dans le domaine de la métrologie internationale. Nous y reviendrons ultérieurement au cours de nos discussions.

J'aimerais mentionner, brièvement, quelques points marquants des activités des Comités consultatifs, les rapports détaillés étant publiés régulièrement par le BIPM. Vous aurez aussi l'opportunité d'entendre ultérieurement, lors de la Conférence, les présidents des Comités consultatifs présenter des rapports sur les résultats obtenus et sur l'importance de leurs travaux.

Le **Comité consultatif des longueurs (CCL)** s'est réuni en 2001 et en 2003. Une de ses préoccupations principales est la mise en pratique de la définition du mètre ; une mise à jour a été publiée dans *Metrologia* et placée sur le site Web du BIPM au début de l'année. Ce document reste utile, mais nous sommes conscients des progrès des étalons de fréquence optique et de l'intérêt de la communauté pour les valeurs les plus récentes des fréquences optiques des atomes et des ions piégés. Cet intérêt est stimulé par la mise au point de systèmes à peigne femtosecondes qui permettent maintenant d'effectuer des mesures absolues de fréquence de sources optiques, liées à un étalon de fréquence micro-onde. Ce fait nouveau demande d'établir un dialogue régulier entre les communautés des longueurs et des fréquences. Cette question a été discutée lors d'une réunion commune au CCL et au CCTF en septembre 2003. Le CCL a aussi organisé avec succès un atelier sur les aspects pratiques relatifs à la technologie des peignes auquel ont assisté plus de cinquante personnes appartenant à vingt-cinq laboratoires nationaux de métrologie. Le but de cet atelier était de donner une opportunité aux laboratoires nationaux de métrologie qui envisagent d'utiliser cette technique de discuter des questions pratiques avec ceux qui possèdent déjà des peignes de fréquence. Le BIPM est bien placé pour organiser ces réunions et nous sommes heureux d'entendre en retour qu'elles répondent à un besoin réel des laboratoires nationaux de métrologie. Le CIPM, dans le projet de résolution H, demande à la Conférence générale d'approuver cette politique.

Le travail du CCL dans le domaine de la métrologie dimensionnelle est principalement réalisé par son Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle. Ce groupe a examiné les résultats d'un certain nombre de comparaisons clés et a discuté de la manière de relier au mieux les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et celles du CIPM. Ce groupe possède aussi un groupe de discussion actif dans le domaine de la nanotechnologie, qui a été encouragé à étudier les besoins spécifiques éventuels d'action et de coordination par le CCL au niveau international.

Le **Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM)** s'est réuni en 2002. Le CCM examine les résultats des comparaisons clés. Il comprend un grand nombre de groupes de travail permanents et de groupes de travail *ad hoc* actifs. Les groupes de travail sur les mesures de dureté, de débit de fluides et de viscosité traitent de grandeurs importantes pour l'industrie et évaluent comment gérer au mieux le domaine dont ils sont responsables. Le Groupe de travail du CCM sur la masse volumique a rédigé une étude très utile sur la masse volumique de l'eau qui a abouti à la publication d'une nouvelle table de la masse volumique de l'eau dans *Metrologia* en 2001.

Le Groupe de travail sur la gravimétrie a été établi sous les auspices du CCM pour organiser et discuter des comparaisons périodiques de gravimètres absolus et relatifs ; la dernière comparaison s'est achevée avec succès en 2001.

Le Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro continue à stimuler débats et collaborations entre les laboratoires nationaux de métrologie. Il espère que l'incertitude-type relative sur N_A atteindra 2×10^{-8} d'ici six ans. Plusieurs organisations collaborent à ce projet et, lors de la discussion sur le rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro en 2002, le CIPM a décidé d'accepter l'offre du CCM de coordonner ce projet.

C'est en soi une initiative intéressante et j'espère que d'autres propositions de coordination à propos de projets majeurs nécessitant la participation de plusieurs partenaires verront le jour. Elle suscite aussi d'autres remarques. Cet aspect de notre travail est mentionné dans la Convention, mais a été quelque peu réduit ces dernières années. Plusieurs Comités consultatifs ont toutefois remis cette approche à l'ordre du jour, notamment dans des domaines « nouveaux » tels que la mesure des propriétés des matériaux purs sous l'égide du CCQM, ainsi que dans des domaines plus traditionnels. J'en suis heureux et j'espère que cela constituera une tendance de plus en plus forte au fur et à mesure que les laboratoires nationaux de métrologie deviendront de plus en plus sélectifs sur le plan technique. Cette sélectivité a deux raisons : tout d'abord, les restrictions budgétaires font qu'aucun laboratoire national de métrologie ne peut aujourd'hui tout faire. La collaboration est donc le seul choix possible et le BIPM peut aider à la faciliter. Ensuite, puisque les organisations régionales de métrologie mettent en place une politique d'interdépendance, les laboratoires nationaux de métrologie qui réduisent leurs activités dans certains domaines voudront maintenir leurs compétences techniques en faisant appel à d'autres laboratoires. Alors que ces évolutions sont inévitables dans le climat actuel, et doivent probablement être bien accueillies, elles comportent des dangers. La Conférence générale, avec le soutien du CIPM doit, selon moi, rester vigilante dans l'éventualité où toutes les activités d'un laboratoire national de métrologie atteindraient un seuil critique dans un domaine donné, en particulier si cela menace l'intégrité du système de mesure mondial. Nous avons aussi besoin d'entreprendre un programme de recherches à long terme sur les nouvelles techniques de mesure, en particulier si celles-ci sont susceptibles d'aboutir à de nouvelles déterminations ou réalisations des unités et grandeurs du SI. Le BIPM peut aider à identifier les tendances à long terme et au niveau international, ainsi que les besoins spécifiques pour la métrologie souvent qualifiés de « cartes routières de la métrologie ».

Je reviens aux activités des Comités consultatifs en faisant quelques remarques sur le **Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF)**. Lors de la dernière Conférence générale j'ai attiré votre attention sur l'intérêt du CCTF pour les nouveaux étalons de fréquence optique, qui constituent un défi pour les meilleures horloges atomiques qui réalisent la seconde du SI. Un des problèmes majeurs qui vous a été présenté en 1999 est que les systèmes de comparaison de temps traditionnels ne sont pas assez performants pour les comparaisons des fontaines à césium ainsi que des sources optiques d'atomes ou d'ions piégés. Dans une certaine mesure, les lasers à peigne de fréquence à impulsions femtosecondes pourraient venir à notre secours à un niveau d'exactitude élevé et à haute fréquence, mais le CCTF veut être sûr que des améliorations sont réalisées dans les transferts de temps et de fréquence par aller-retour sur satellite. Un atelier a été organisé avec succès en 2001 à ce sujet et la situation actuelle a été discutée lors d'une réunion en mai 2003. C'est un domaine important des activités du CCTF et c'est un excellent exemple de la manière dont le BIPM travaille à améliorer l'efficacité des travaux des laboratoires nationaux de métrologie.

Le CCTF et le BIPM ont été à l'origine d'une amélioration majeure dans le calcul du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC). Lors d'un atelier qui s'est tenu en 2002, les propositions d'analyser avec soin la pondération des horloges et d'étudier les algorithmes utilisés pour le calcul du TAI ont été discutées. Le BIPM a alors présenté un certain nombre d'améliorations au service du TAI, la plus notable étant une publication plus rapide de la *Circulaire T*. C'est bien sûr important pour les laboratoires nationaux de métrologie, car cela les aide à piloter leurs échelles de temps nationales plus efficacement. C'est aussi de plus en plus important pour la communauté internationale de la navigation, comme l'ont prouvé les collaborations que nous avons eues dans le cadre du projet européen de système de positionnement global de haute exactitude Galileo. Le consortium Galileo demande un accès beaucoup plus rapide que celui que nous fournissons en général à la publication des différences entre leur échelle de temps et la moyenne mondiale. Nous avons maintenant répondu favorablement à leur demande et nous pouvons leur fournir, ainsi qu'à d'autres, ce service. Dans le cadre de cette collaboration, nous négocions aussi une contribution de l'échelle de temps Galileo au TAI. Les autres améliorations à l'exactitude du TAI viennent des résultats de plus en plus nombreux des fontaines atomiques à césium et nous espérons qu'un plus grand nombre de laboratoires nationaux de métrologie contribueront aux échelles de temps au cours des prochaines années, quand les systèmes en construction seront en ligne et fourniront des données régulières.

Je dois aussi mentionner les réflexions en cours sur les futures redéfinitions de l'UTC. Outre le *statu quo*, plusieurs possibilités existent pour son remplacement et l'avenir du système des secondes intercalaires est en discussion. La seconde intercalaire, qui fascine souvent les journalistes et les médias, est de plus en plus une nuisance coûteuse pour les systèmes de positionnement globaux et pour les systèmes temporels informatisés qui doivent mettre à jour leurs échelles quand on insère une seconde intercalaire. Une possibilité est de laisser diverger le TAI et l'UTC et de ne les réaligner que lorsque la différence prend une signification pratique pour le commun des mortels. Cette question ne concerne bien sûr pas uniquement le CCTF et nous devons continuer à travailler avec l'Union internationale des télécommunications et d'autres groupes d'intérêt.

L'importance du **Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM)** n'a pas diminué, ni les besoins concernant les activités dans le domaine des grandeurs électriques. Les délégués du CCEM disent que les laboratoires nationaux de métrologie continuent à élargir le domaine et à améliorer l'exactitude des services en électricité pour répondre aux demandes de leurs clients. Cela signifie que le CCEM continue à s'occuper d'un large domaine de mesures électriques, couvert par les comparaisons clés du CIPM et celles des organisations régionales de métrologie. Comme le CCL, il a trouvé un moyen satisfaisant de relier entre elles les comparaisons quand elles n'utilisent pas un étalon de référence commun. Le CCEM est aussi conscient de la charge de travail qui pèse sur les laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine actif de la métrologie et a donc cherché à limiter le nombre des comparaisons clés. Il a aussi réorganisé les activités de ses groupes de travail pour les grandeurs aux radiofréquences et aux basses fréquences.

Le Groupe de travail du CCEM sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du Prototype international du kilogramme continue à suivre l'état d'avancement des principaux projets sur la balance du watt. Le groupe considère cependant que des progrès restent à faire avant de commencer à contrôler la masse de l'étalon du kilogramme à mieux que 1×10^{-8} près en valeur relative.

Le CCEM a aussi discuté du besoin de disposer d'un meilleur condensateur calculable et un projet de collaboration entre le BIPM et le NML CSIRO en Australie est à l'étude. Il aidera à établir un lien entre les unités électriques et mécaniques et à améliorer la confiance dans la robustesse du Système international d'unités.

Je suis certain que le président du CCEM nous rappellera ultérieurement que le CCEM a établi un Groupe de travail sur les mesures en courant alternatif de la résistance de Hall quantifiée. Ce groupe a étudié les effets de la dépendance en fréquence des échantillons actuels et a identifié un certain nombre de modifications à apporter à la conception de la puce ; il étudie la reproductibilité de ces résultats dans les différents laboratoires de métrologie nationaux. C'est un bon exemple d'une collaboration internationale stimulée par les Comités consultatifs.

Le CCEM continue à suivre les évolutions des mesures de courant, en particulier l'effet tunnel monoélectronique. Ces travaux progressent de manière intéressante, mais il reste encore à faire, et un certain nombre de problèmes techniques restent à résoudre avant que cette technique atteigne un niveau d'exactitude utile. En passant, je noterai que ce domaine est un de ceux qui bénéficient de la collaboration et du partage des tâches au niveau international.

Enfin, le CCEM a révisé le document très populaire et très utile intitulé *Guidelines for Reliable Measurements of the Quantized Hall Resistance*.

Après quatre années sans réunion, le **Comité consultatif de thermométrie (CCT)** s'est réuni en 2000, 2001 et en 2003. Le comité a approuvé des directives pour les comparaisons clés et étendu ses activités aux échelles à basse température, à l'humidité et aux propriétés thermophysiques. En ce qui concerne les comparaisons clés, le CCT a débattu et résolu avec succès le problème des différences entre les résultats de certains laboratoires nationaux de métrologie. Pour les mesures à basse température, le CIPM a approuvé une recommandation du CCT sur l'utilisation de l'échelle provisoire en dessous de 0,65 K. Le CCT étudie aussi sérieusement les performances et les limites actuelles de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) et les techniques, telles que la thermométrie à gaz, utilisées pour les mesures liées à la température. Un des effets immédiats de ce travail se traduira dans les bilans d'incertitude utilisés par les laboratoires nationaux de métrologie dans les comparaisons clés et dans l'examen des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages au niveau des organisations régionales de métrologie.

Le **Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR)** s'est réuni deux fois depuis la précédente Conférence générale, en 2001 et en 2003. Son Groupe de travail sur les comparaisons clés a été un pionnier dans l'utilisation des « valeurs limites » pour l'analyse des premiers résultats des comparaisons clés, un concept qui a été repris par d'autres groupes de travail sur les comparaisons clés. Le Groupe de travail sur l'ultraviolet a aussi fait du bon travail en conjuguant les efforts de plusieurs laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine. Une partie de ses attributions originales, consistant à aider à comprendre et à résoudre certaines des différences importantes observées entre les échelles nationales, a pris fin. Le CCPR pense que le domaine de l'ultraviolet est important en raison de ses applications dans le domaine médical et pour le bien-être humain et doit donc poursuivre ses travaux en les étendant à des longueurs d'onde plus courtes. Il a aussi reconnu qu'il y a un nombre croissant d'utilisateurs de rayonnement synchrotron dans l'ultraviolet.

En métrologie scientifique, les récents progrès des radiomètres cryogéniques ont permis de couvrir un domaine bien plus vaste qu'auparavant et le CCPR continue à étudier la tendance à une utilisation croissante des radiomètres cryogéniques dans de nombreux laboratoires nationaux

de métrologie. Il a noté une confiance croissante dans le potentiel des échelles fondées sur des récepteurs pour les mesures en radiométrie.

Le CCPR s'intéresse aussi à de nombreuses demandes nouvelles de l'industrie qui changent le mode de travail de certains laboratoires nationaux de métrologie et qui correspondent à ce que l'on appelle des« mesures d'apparence ». Le Comité continuera à travailler dans ce domaine et à s'intéresser à d'autres grandeurs ou mesures « en aval » ou liées au marché, ayant un intérêt pour l'industrie ou le commerce.

Le CCPR s'est aussi préoccupé des techniques eutectiques à haute température qui relient les mesures en thermométrie et en radiométrie, car des progrès intéressants devraient avoir lieu dans ce domaine au cours des prochaines années.

Le **Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI)** organise un très grand nombre de comparaisons clés. Dans de nombreux cas le BIPM est le laboratoire pilote, en raison du caractère unique de ses équipements et des étalons de référence conservés à Sèvres. Le CCRI a établi un certain nombre de collaborations supplémentaires avec des organismes internationaux. Ce sont les groupes de travail du CCRI – appelés traditionnellement « Sections » – qui assurent la plupart du travail. La Section II (Mesure des radionucléides) a un projet particulièrement intéressant concernant l'étude de systèmes de détection à haute efficacité. Il devrait résulter dans la mise en place d'une chambre d'ionisation prototype servant à étendre et reproduire à l'échelle régionale le Système international de référence (SIR) et donc à aider à étendre les possibilités des plus petits laboratoires nationaux de métrologie.

Le CCRI est très concerné par les restrictions concernant le transport international de matériaux radioactifs. Dans certains cas le comité pense que ces restrictions auront l'effet, certes non intentionnel, d'entraver les déplacements de petits échantillons pour les étalonnages et les vérifications, pourtant vraiment nécessaires pour contrôler les matériaux radioactifs dans le monde. Le CCQM et le CIPM partagent les préoccupations du CCRI et proposent le projet de résolution I à la Conférence générale sur ce point.

Le plus récent des Comités consultatifs, le **Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV)** a tenu sa première session en 1999 juste avant la précédente Conférence générale et s'est réuni depuis deux fois, en 2001 et en 2002. Je peux dire à la Conférence que le comité travaille bien et répond clairement aux besoins identifiés et présentés à la Conférence générale en 1999. Comme on peut le comprendre, les travaux initiaux du comité ont été centrés sur l'identification des comparaisons clés et leur analyse. Plusieurs d'entre elles sont déjà terminées et de nombreuses activités correspondantes ont été établies au niveau des organisations régionales de métrologie. Le CCAUV s'est très récemment intéressé aux besoins émergents des laboratoires nationaux de métrologie. Cette étude devrait aider à élaborer le schéma des travaux futurs et des priorités du CCAUV et à stimuler les réflexions sur les activités qui devraient faire l'objet de recherches, en collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie. D'autres Comités consultatifs ont aussi entrepris des examens similaires, détaillés et à long terme, des besoins scientifiques qui devraient aider les laboratoires nationaux de métrologie à élaborer leurs programmes. Les domaines relativement traditionnels des mesures acoustiques dans l'air et des vibrations sont bien couverts par les travaux du CCAUV et cela a accru la confiance dans les étalons et les microphones utilisés comme instruments de transfert. Les travaux de plus en plus nombreux sur l'acoustique dans l'eau et dans le domaine médical constituent une évolution intéressante ; ils sont à l'origine de nouvelles collaborations et activités dans les laboratoires nationaux de métrologie.

Il est maintenant difficile de penser aux travaux de la Convention du Mètre sans y inclure la chimie, et pourtant le **Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM)** n'existe que depuis dix ans. Pendant cette période le nombre de ses membres s'est accru et c'est maintenant le Comité consultatif qui rassemble le plus de participants. Les sessions du CCQM comprennent maintenant de nombreux groupes de travail et des réunions annexes, ainsi que des ateliers et séminaires. Cette façon de travailler est stimulante ; il est clair que l'inclusion de la métrologie en chimie dans les activités de la Convention du Mètre était bien justifiée. Même si le CCQM a commencé avec une activité relativement modeste en chimie analytique, dans l'analyse des gaz et des matériaux de référence certifiés, ses attributions se sont maintenant étendues à la chimie inorganique, à l'étude des surfaces, à la chimie organique, à la médecine de laboratoire et à la métrologie en biotechnologie. La nutrition en fait aussi partie et une réunion doit avoir lieu en novembre entre le BIPM/CIPM, la Commission du Codex Alimentarius de l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'OMS. Cette réunion pourrait bien être le début d'une activité nouvelle d'envergure pour la Convention du Mètre, car elle cherche à traduire les concepts de traçabilité et d'incertitude, utilisés en physique et dans l'ingénierie, en chimie et dans de nouveaux domaines de mesure.

Le CCQM a non seulement changé notre façon de travailler, mais il a aussi apporté de nouveaux concepts auxquels s'attaquer. Nous sommes plus proches que jamais du marché, nous inter-agissons intensément avec les agences de réglementation et de législation, et il nous est demandé de remplir les lacunes dans les listes de matériaux et de procédures validés les concernant. Cela signifie que nous devons réfléchir sérieusement – et être ouverts – sur l'utilisation de la terminologie et des méthodes d'analyse fondées sur des domaines mûrs de la métrologie en physique, mais qui ne sont pas toujours transposables à la métrologie en chimie. Pour répondre à ces défis, le CCQM doit établir des collaborations étroites avec ceux qui sont spécialisés et compétents dans ces nouveaux domaines. Aussi n'est-ce peut-être pas surprenant que deux protocoles d'accord aient été signés par le BIPM/CIPM dans le domaine de la chimie : il s'agit des protocoles d'accord et de lettres d'accord avec l'OMM et l'OMS.

Je terminerai par le **Comité consultatif des unités (CCU)**. Ce comité compte peu de membres mais il est fondamental, car l'une de ses responsabilités concerne la révision de la brochure sur les unités et grandeurs du SI. Il est intéressant que les pages les plus consultées du site Web du BIPM concernent la brochure sur le SI !

Le CCU s'est réuni deux fois depuis la précédente Conférence générale ; il prépare le projet final de la huitième édition de la brochure sur le SI. C'est un travail laborieux et minutieux, qui conduit le comité à examiner la révision ou l'inclusion de nouveaux noms d'unités et grandeurs. Le CCU estime que, lorsqu'il examine un nouveau nom d'unité ou une nouvelle unité, il doit être convaincu que ces propositions ont de fortes chances d'être approuvées par la communauté concernée et qu'elles remplissent un besoin spécifique. Il doit donc travailler avec d'autres unions scientifiques internationales, prendre conseil auprès du Committee on Data for Science and Technology (CODATA) et se fonder sur d'autres révisions des constantes fondamentales.

Le CCU est de plus en plus appelé à examiner des unités et grandeurs qui ne font pas partie du SI. C'est vrai en particulier en chimie.

Un rôle particulièrement important du CCU est celui d'un groupe de réflexion sur les nouvelles définitions des unités de base ; cela a augmenté notre compréhension et notre bonne appréciation des implications et de la signification des définitions actuelles du SI. Il a donc contribué à des réflexions sur le kilogramme. Des discussions informelles ont eu lieu sur la possibilité et les implications d'une redéfinition d'autres unités sur une base « quantique ».

Un des sujets traités par le CCU concerne le symbole du séparateur décimal dans le SI. La tradition dans les publications du BIPM est d'utiliser le point sur la ligne dans les textes en anglais et la virgule dans les textes en français. Cependant, certains organismes internationaux de normalisation spécifient que l'on doit utiliser la virgule sur la ligne dans toutes les langues. En réponse à cette question, les gouvernements de l'Australie, des États-Unis et du Royaume-Uni ont proposé trois projets de résolutions (K, L et M), suggérant que les procédures du BIPM soient adoptées et recommandées au niveau international. Ces trois projets de résolutions sont très similaires dans leur rédaction. Nous espérons que les représentants de ces pays travailleront ensemble à l'harmonisation de ces versions et présenteront un projet de résolution commun à la Conférence générale.

Dans le but de rendre complets mon rapport et l'examen des activités des Comités consultatifs du CIPM, je dois attirer l'attention de la Conférence sur le changement de nature de leur travail, et tout d'abord sur l'énorme quantité de travail associé à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. J'ai déjà mentionné notamment :

- une augmentation des relations officielles avec les organisations internationales ;
- une attention plus soutenue apportée aux ateliers et aux autres moyens de transfert de connaissances et de technologie ; et
- un intérêt pour des mesures considérées – il y a quelques années encore – de nature trop industrielle par les laboratoires nationaux de métrologie et la Convention du Mètre.

De plus, les Comités consultatifs ont pris acte des décisions concernant les Systèmes Qualité dans les organisations régionales de métrologie. Ils ont aussi parfois pris des décisions difficiles, et qui constituent souvent un défi sur le plan technique, à propos de l'analyse des résultats des comparaisons clés. Ces activités constituent une nouveauté pour les Comités consultatifs, mais elles ont été menées à bien, avec une ouverture d'esprit et un esprit de collaboration de bon augure pour les travaux futurs de la Convention du Mètre.

La charge de travail des Comités consultatifs a augmenté. Nous pouvons aider à la réduire en diffusant de manière électronique aux laboratoires nationaux de métrologie les documents de travail et les rapports des réunions, et les autres travaux par courrier électronique, et par la publication sur notre site Web. Bien souvent les réunions et les rapports sont « sans papier ». Je pense que cela aidera à simplifier et accélérer la communication. J'espère que la Conférence soutiendra cette décision visant à rendre plus efficace, appropriée et rapide la dissémination des travaux de la Convention et de ses activités.

Une partie de cette augmentation de la charge de travail résulte bien sûr de notre succès : l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM a une influence bénéfique et est bien accueilli dans les nouveaux domaines. Nous devons nous en réjouir et trouver le moyen de répondre à nos objectifs sans sortir du cadre de la Convention du Mètre.

9.5 Le CIPM

Comme de coutume, je vous présente les changements au sein du CIPM. Lors de la précédente Conférence générale, j'ai commenté les principes qui régulent l'élection des membres du Comité international. J'ai aussi commenté les changements relativement rapides qui ont eu lieu parmi ses membres et l'effet déstabilisant ou la perte de mémoire que cela constitue. Je répète ce point cette année. Le Comité international est un organe important à bien des égards et nous devons donc attirer des personnalités éminentes et bien placées. Bien entendu, nous apprécions à leur

juste valeur ses contributions scientifiques et techniques et le temps que ses membres lui consacrent, ainsi qu'à ses Comités consultatifs. Nous apprécions aussi les conseils et avis qu'il donne au Bureau international dans un monde de la métrologie en mutation, dans lequel les laboratoires nationaux de métrologie sont gérés différemment et dont les priorités changent. Je peux assurer la Conférence générale que le Comité international prend ses responsabilités au sérieux et travaille efficacement. Je peux aussi dire que l'équilibre géographique au sein du Comité international est respecté, mais au moment de rechercher de nouveaux membres nous devons examiner avec soin comment faire face aux nouveaux domaines d'activité de la Convention du Mètre et du Bureau international. Nous avons déjà par le passé choisi des présidents de Comités consultatifs qui ne sont pas membres du Comité international. Cela reste possible, bien que nous ayons aussi besoin de maintenir des relations étroites avec les métrologistes de haut niveau des organisations régionales de métrologie actifs dans leur pays et leur région. Nous devons continuer à surveiller cette situation et je suis certain que le futur président du CIPM tiendra la prochaine Conférence générale informée de notre succès.

Je dois vous faire part de plusieurs changements. Je vous rappellerai que la précédente Conférence générale a confirmé les huit élections provisoires faites par le Comité international, conformément à l'article 14 (1875) du Règlement annexé à la Convention du Mètre. Depuis la précédente Conférence générale ont démissionné : M. William Blevin ; Mme Katharine Gebbie ; M. Olli Lounasmaa, décédé depuis lors ; M. Kozo Iizuka ; M. Paul Pâquet ; M. Roy Van Koughnett et M. Andrew Wallard. Les nouveaux membres provisoires sont : Mme Karen Brown, sous-directeur du National Institute of Standards and Technology (NIST, États-Unis) ; M. Seton Bennett, sous-directeur et directeur de la métrologie internationale au National Physical Laboratory (NPL, Royaume-Uni) ; M. Franz Hengstberger, directeur de la métrologie régionale et internationale au National Metrology Laboratory (CSIR-NML, Afrique du Sud) ; M. Barry Inglis, directeur du National Measurement Laboratory (NML CSIRO, Australie) ; M. Janusz Lusztyk, directeur de l'Institut des étalons nationaux de mesure du Conseil national de recherches du Canada (NRC-IENM, Canada) ; M. Mitsuru Tanaka du National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST) et M. Wolfgang Schwitz de l'Office fédéral de métrologie et d'accréditation (METAS, Suisse). Il n'y a pas de poste vacant au Comité international.

Comme nous l'avions annoncé lors de la précédente Conférence générale, M. T.J. Quinn a atteint la limite d'âge et prendra sa retraite le 31 décembre 2003. Le Comité international a examiné le curriculum vitae de dix-sept candidats et en a convoqué un certain nombre en entretien. Finalement, le Comité international a élu M. Andrew Wallard pour lui succéder, à dater du 1er janvier 2004. Jusqu'à cette date, M. Wallard exerce les fonctions de directeur désigné du Bureau international.

Le bureau du Comité comprend actuellement, outre le président du CIPM et le directeur du BIPM, deux vice-présidents (MM. Giorgio Moscati et Barry Inglis) et un secrétaire (M. Robert Kaarls). De plus, comme je souhaite quitter mes fonctions au CIPM en 2004, M. Ernst Göbel a été nommé président désigné et il participe aux réunions du bureau.

9.6 Le BIPM

Je voudrais tout d'abord mentionner la fin du programme de construction sur le site du BIPM commencé il y a une vingtaine d'années. Le dernier bâtiment, le Pavillon du Mail, a été inauguré en avril 2001. La décision de construire ce bâtiment était bien inspirée. Il offre d'excellentes installations pour les réunions et conférences, sans lesquelles nous ne pourrions pas accueillir

autant de participants aux réunions des Comités consultatifs et des groupes de travail. Il héberge aussi l'atelier du BIPM qui se trouvait auparavant à l'étroit dans des locaux non adaptés, ainsi que des bureaux et une salle anti-vibrations pour les expériences très sensibles. Nous en sommes fiers et j'espère que beaucoup d'entre vous viendront le visiter mercredi, pendant la Conférence.

Lors de chaque Conférence générale, il est demandé aux États membres d'examiner les activités du BIPM et le programme de travail pour les quatre années à venir. La Conférence générale est appelée à voter un budget approprié, qui figure dans le projet de résolution J.

Le BIPM occupe une place particulière dans les activités de la Convention du Mètre. Il est chargé de deux missions fondamentales, qui sont liées. La première est de gérer les travaux de la Convention, des Comités consultatifs du CIPM et des comités communs, et d'effectuer la liaison avec les organisations internationales et intergouvernementales au nom des États membres et des laboratoires nationaux de métrologie. La seconde est le travail scientifique et technique effectué au BIPM, qui lui donne sa crédibilité internationale et qui permet au personnel de comprendre les problèmes concernant la métrologie internationale. Le programme technique du BIPM est choisi avec soin de manière à éviter toute duplication avec le programme des laboratoires nationaux de métrologie et pour maintenir les équipements fondamentaux et uniques tels que l'étalon de masse, le dispositif de comparaison du Système international de référence (SIR), l'échelle de temps TAI etc. Ce sont tous de bons exemples de l'avantage, pour les laboratoires nationaux de métrologie, qu'il y a à partager le coût de services et d'équipements uniques dans le monde. Le rapport de la société d'audit sur l'impact international de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle a souligné l'importance de la crédibilité technique résultant du programme scientifique du BIPM et nous avons vu, d'après le questionnaire de 2002 complété par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, que le travail scientifique du BIPM est hautement apprécié. Pour s'assurer que le programme technique du BIPM est actualisé et répond aux besoins des États membres, il est important de rester flexible et de répondre aux priorités qui changent. C'est le rôle du Comité international, auquel le directeur du BIPM et le personnel scientifique de haut niveau présentent leur rapport sur les travaux accomplis et le programme de travaux futurs. Bien sûr, les contacts avec les collègues des laboratoires nationaux de métrologie au cours des visites et pendant les Comités consultatifs, à l'ordre du jour desquels les activités du BIPM figurent, contribuent aussi à définir les orientations du BIPM. Nous leur en sommes reconnaissants, et bien qu'il ne soit pas toujours possible de faire tout ce que les laboratoires nationaux de métrologie et les États membres nous demandent, et qu'il ne soit pas non plus toujours souhaitable de changer trop vite de direction, les priorités et orientations fondamentales du programme de travail sont claires. Comme les missions du BIPM, sous l'égide de la Convention du Mètre, ont fait l'objet d'un récent débat, j'aimerais attirer votre attention sur la déclaration concernant le « rôle du BIPM ». Ce texte a été discuté par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et par le Comité international et il est cité dans le rapport préparé par M. Kaarls. Je reproduis ici cette déclaration :

Le rôle du BIPM dans l'unification mondiale des mesures

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures, en établissant les fondements scientifiques et techniques nécessaires à une telle uniformité et en collaborant avec les autres institutions et organisations qui accomplissent des missions connexes. En conséquence, les missions principales du BIPM consistent à :

Le Système international d'unités (SI)

- tenir à jour et diffuser le document sur le Système international d'unités, connu sous le nom de brochure sur le SI.

Activités scientifiques et techniques fondamentales

- conserver et disséminer l'étalon primaire de masse, le Prototype international du kilogramme ;
- établir et disséminer le Temps atomique international et, en collaboration avec le Service international de la rotation terrestre, le Temps universel coordonné ;
- réaliser d'autres unités de base et des unités dérivées du SI et, si nécessaire, des unités qu'il n'est pas encore possible de relier au SI ;
- participer à la mise au point de méthodes primaires de mesure et de procédures pour l'analyse chimique et la bioanalyse et, si nécessaire, conserver des étalons dans ces domaines ;
- entreprendre des recherches sur la mise au point d'étalons et d'unités de mesure, actuels et à venir, et notamment des recherches fondamentales appropriées, des études sur les fondements conceptuels des étalons primaires et des unités, ainsi que sur la détermination de constantes physiques, et publier les résultats de ces recherches.

Services techniques spécifiques offerts aux laboratoires nationaux de métrologie

- effectuer des comparaisons internationales des réalisations d'un certain nombre d'unités de base ou dérivées du SI, en réponse aux besoins de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service d'étalonnage spécialisé d'un certain nombre d'étalons nationaux de mesure pour les laboratoires nationaux de métrologie, lorsque c'est souhaitable et réalisable ;
- favoriser le transfert de technologie à l'occasion des étalonnages et des comparaisons organisées par le BIPM ;
- favoriser l'échange de personnel scientifique entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, en relation avec l'examen de leurs activités par leurs pairs.

Coordination globale de la métrologie

- soutenir autant que nécessaire la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie du CIPM, en maintenant la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, en assurant la gestion du JCRB, en participant aux réunions des Comités consultatifs et aux réunions appropriées des organisations régionales de métrologie, et en publiant les résultats des comparaisons clés et supplémentaires ;
- assurer le secrétariat scientifique et administratif de la Conférence générale des poids et mesures, du Comité international et de ses Comités consultatifs, ainsi que des réunions des directeurs des

laboratoires nationaux de métrologie et des divers comités communs, et publier des rapports sur leurs délibérations.

Relations avec les autres organisations

- établir des accords avec des organisations intergouvernementales et internationales, dans les cas où de tels accords aideraient à coordonner les activités de ces organisations et du BIPM, ou du CIPM, ou pourraient stimuler la coordination correspondante au niveau national et régional ;
- collaborer avec des organisations intergouvernementales et internationales accomplissant des missions connexes, et si nécessaire établir des comités communs ;
- agir au nom des laboratoires nationaux de métrologie individuels des États membres de la Convention du Mètre afin de faire entendre leurs intérêts communs, si l'occasion se présente.

Information et communication

Promouvoir aussi largement que possible les activités de la Convention du Mètre, en particulier :

- maintenir sur le site Web du BIPM toute information sur les questions relatives à la Convention du Mètre, au Comité international, à ses Comités consultatifs, aux comités communs, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA), y compris la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, et sur les questions relatives à la métrologie au niveau international ;
- éditer et faire publier *Metrologia*, le journal scientifique international sur la métrologie ;
- tenir à jour et diffuser le plus largement possible, en collaboration avec les autres organisations concernées, les documents fondamentaux nécessaires à l'établissement de l'uniformité des mesures, comme le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM) et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM) ;
- organiser des ateliers et des écoles d'été au bénéfice du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

Efficacité en termes de coût et évolution du rôle du BIPM

Le BIPM cherchera à accomplir les missions qui lui sont imparties de la manière la plus efficace possible, y compris en termes de coût. Il continuera à se tenir prêt à s'adapter aux besoins, en réponse aux décisions du CIPM, agissant au nom des États membres de la Convention du Mètre.

Travaux du BIPM

Les travaux du BIPM sont publiés dans les rapports du Comité international et de ses Comités consultatifs et ils sont présentés régulièrement aux gouvernements et aux réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de manières diverses. Mentionnons tout d'abord le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures (BIPM)*, rédigé en juillet chaque année et qui est diffusé largement. Les questions administratives et financières sont présentées aux gouvernements dans le rapport annuel aux États membres et un audit annuel des comptes est préparé pour le Comité international. Les délégués sont donc informés en détail des travaux effectués pour étayer la Convention du Mètre ;

il ne me reste plus qu'à attirer votre attention sur quelques points généraux. Je le fais cette fois peut-être d'une façon un peu plus détaillée que de coutume en raison des décisions importantes que la Conférence doit prendre au sujet de la dotation.

La ligne directrice du BIPM a subi d'importantes modifications, innovations et changements décisifs au cours des quatre dernières années. Je décris ci-dessous ceux qui ont un impact sur la charge de travail et les dépenses.

Je commence par le travail nécessaire à la mise en œuvre de la **base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB)**. Elle fonctionne avec seulement deux personnes et avec l'aide de la section d'informatique. Le site de la KCDB reçoit à lui seul plus de 3000 visites par mois – un chiffre qui croît rapidement. Outre la KCDB, nous étendons les services offerts sur notre site Web, qui est notre principal moyen de communication et de fourniture d'information aux États membres et aux laboratoires nationaux de métrologie. Par exemple, le site offre un moteur de recherche sur la métrologie, des liens vers les sites des laboratoires nationaux de métrologie et les principales organisations internationales. De plus, tous les Comités travaillent maintenant de manière électronique et les documents sont accessibles sur les pages Web qui leur sont consacrées. Par conséquent, citons comme exemple de services supplémentaires offerts aux membres des Comités, la salle de conférence du Pavillon du Mail qui est équipée des services les plus modernes. Ceux-ci permettent aux participants aux réunions d'avoir accès aux documents en ligne grâce à des liaisons Internet individuelles et de connecter leur propre ordinateur au projecteur. D'après les réponses des utilisateurs, nous savons que ces services sont très appréciés et hautement considérés.

D'autres **services aux États membres** ont aussi été offerts au cours des quatre dernières années. Je cite ici trois exemples :

- Le volume des publications et rapports du BIPM continue de s'accroître ; il reflète l'augmentation des activités des Comités consultatifs et des travaux connexes. L'an passé (2002), nous avons publié 1550 pages de rapports, soit deux fois le chiffre de 1999, l'année de la précédente Conférence générale, et 50 % de plus qu'en 2001.
- Nous recevons environ 600 visiteurs par an, la majorité pour des réunions techniques. Les équipements du BIPM sont utilisés intensivement et il y a eu 120 jours de réunions en 2002, contre 90 en 2000.
- Nous avons organisé, en juillet 2003, une école d'été du BIPM sur la métrologie pour les jeunes scientifiques des laboratoires nationaux de métrologie ; quatre-vingts étudiants de vingt-cinq pays différents y ont assisté.

Ces dernières années, de nombreux laboratoires nationaux de métrologie ont adopté des **Systèmes Qualité**. Dans certains cas, il s'agissait de répondre aux remarques désobligeantes de certains organismes d'accréditation demandant à ce que les laboratoires nationaux de métrologie prouvent « qu'ils sont aussi bons qu'ils le prétendent ». Dans d'autres cas, certains laboratoires nationaux de métrologie ont adopté des Systèmes Qualité comme nouvelles méthodes de gestion.

L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM exige la présence d'un Système Qualité pour répondre à ses critères. Le BIPM a considéré qu'il devait aussi introduire des procédures qualité et a décidé de commencer par ses services de mesure. Ceci sera étendu progressivement à d'autres aspects du travail. Le BIPM a décidé d'adopter la norme ISO/CEI 17025 et d'auto-déclarer qu'il répond à cette norme, mais souhaite faire valider ce système par ses pairs. Le travail a bien progressé : certaines visites d'experts externes ont déjà eu lieu et le BIPM est en

bonne voie de faire valider ses services d'étalonnage avant la fin de 2003. Une personne de haut niveau a été affectée au poste de responsable qualité, par mutation interne.

Le **personnel** du BIPM compte à présent soixante-dix membres à titre permanent ou sous contrat à court terme. Ce chiffre est appelé à diminuer au cours des prochaines années au fur et à mesure de la vacance des postes, par départ à la retraite, non remplacés, du fait des contraintes budgétaires. Nous avons cependant commencé à financer de nouvelles activités en chimie et la section de chimie compte maintenant quatre chimistes et techniciens. Trois sont de nouvelles recrues expérimentées, car il est clair que le BIPM ne disposait pas des compétences en chimie et dans les domaines connexes pour effectuer le travail technique et répondre aux besoins du CCQM et de la communauté des chimistes. Le quatrième membre du personnel a été recruté par transfert interne. Pour que la section continue à répondre aux besoins des États membres et puisse coopérer efficacement avec les organisations internationales et intergouvernementales, nous envisageons d'engager deux personnes supplémentaires qualifiées et expérimentées. Ce seront de nouvelles recrues. Le travail de la section de chimie est aussi stimulant intellectuellement que celui de la métrologie classique. Il existe des différences, mais c'est selon moi une activité nouvelle fascinante et vitale qui constitue une extension naturelle et fondamentale au travail et aux responsabilités actuelles de la Convention du Mètre.

La **mobilité interne** est toujours un défi dans une organisation de petite taille, mais quatre personnes ont changé d'affectation au cours des trois dernières années et trois autres mutations internes sont déjà prévues.

Pour atteindre ses objectifs, le BIPM a bénéficié de l'aide d'un certain nombre de **chercheurs associés** et de **détachements**. Cela a toujours plus ou moins existé, mais c'est vraiment une façon de travailler bien adaptée aux relations de plus en plus étroites et de nature changeante entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie. Le poste de secrétaire du JCRB a bénéficié d'un détachement précieux – c'est une tâche qui demande une personne expérimentée dans les relations avec les organisations régionales de métrologie. Le détachement de Mme Angela Samuel du NML CSIRO (Australie) a été un franc succès, mais il se termine bientôt et je suis heureux d'annoncer que le CENAM (Mexique) a accepté de détacher au BIPM M. Ismael Castelazo. Je voudrais exprimer ma gratitude à ces deux États membres pour leur aide. Par ailleurs, nous avons recruté six chercheurs associés pour une période d'un an ou plus. Malheureusement, nous craignons que nos contraintes budgétaires ne nous permettent pas de continuer à financer ces postes, et comme vous le verrez dans les documents détaillés qui vous sont remis, il est peu probable que cette source utile de compétences soit maintenue à l'avenir.

Cet échange de personnel avec les laboratoires nationaux de métrologie est toutefois important pour l'avenir du BIPM, pour les activités menées avec les laboratoires nationaux de métrologie et pour les relations internationales. Je rappellerai à la Conférence que nous en avons discuté précédemment et que le BIPM est prêt à accueillir plus de personnel des laboratoires nationaux de métrologie si les directeurs sont d'accord pour les mettre à notre disposition et nous aider à en financer les coûts. C'est un excellent moyen pour de jeunes scientifiques d'établir des contacts utiles et de connaître de haut en bas les activités de la métrologie au niveau international.

L'année passée nous nous sommes efforcés de formuler une **stratégie à long terme** pour le BIPM. Elle a programmé les travaux actuels et futurs au vu des changements présents et attendus de la métrologie mondiale. Pour nous aider, nous avons demandé l'avis des États membres et d'un certain nombre de directeurs de laboratoires nationaux de métrologie ; nous leur sommes reconnaissants de leurs avis et de leur participation.

Depuis le début, il était clair que nous devions prendre des décisions difficiles pour répondre de manière satisfaisante aux besoins techniques identifiés dans le rapport préparé par M. Kaarls. Nous savions aussi que ces besoins futurs ne pourraient pas être satisfaits avec le budget actuel et que nous devions définir des priorités. Après avoir établi des critères nous permettant de définir les priorités techniques globales, nous avons défini les activités minimales nécessaires pour répondre aux besoins actuels et futurs. Nous pensons que nous pouvons répondre maintenant aux besoins futurs en réalisant des coupes sérieuses dans les activités scientifiques du BIPM les moins prioritaires et en proposant une augmentation modeste du budget. Ce sera la première fois depuis 1964 qu'une telle requête est présentée à la Conférence générale ; elle est formulée dans le projet de résolution J. Nous avons aussi examiné les dépenses d'administration et de bâtiments pour voir s'il est possible de réaliser d'autres économies.

Pour conclure sur les **priorités techniques**, nous sommes tout à fait conscients qu'un grand nombre d'États membres souhaitent maintenir la majorité des services actuels. Cependant nous constatons que ce ne sera pas possible si nous devons diversifier, même de manière hautement sélective, nos activités vers un certain nombre de domaines nouveaux. Nos conclusions sur les priorités sont fondées sur diverses études et évaluations des activités jugées précieuses par les laboratoires nationaux de métrologie, sur l'avis des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie lors des réunions annuelles, et sur les discussions avec des représentants des gouvernements de nombreux États membres. Ces avis ont conduit à un certain nombre de conclusions sur l'affectation des ressources au BIPM. Malgré leur excellence et leur valeur pour un certain nombre d'États membres, nous avons conclu que les activités de la section de photométrie et radiométrie doivent cesser. De plus, nous proposons que le travail sur les lasers soit restructuré pour être centré sur les étalonnages et la détermination des caractéristiques des sources laser et les techniques de comparaison au moyen de peignes de fréquence. Cela signifie une réduction de la taille de cette section au cours des prochaines années. Nous avons aussi décidé de mettre en œuvre ces décisions au plus vite, tout en continuant à discuter d'une augmentation du budget avec les autorités concernées. Les économies réalisées ne seront pas suffisantes en soi pour faire face aux priorités les plus élevées à l'avenir, en particulier en chimie et dans les domaines connexes.

En décidant d'une réduction de personnel pour s'adapter aux prévisions budgétaires présentées dans le « Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2005 à 2008 », nous avons aussi examiné comment augmenter l'**efficacité** et faire des **économies dans le domaine administratif**. Nous avons effectué une évaluation des coûts de notre administration par comparaison à celle d'autres laboratoires nationaux de métrologie qui disposent de données similaires. Nous avons aussi évalué le coût des services que nous pourrions rendre par l'intermédiaire de fournisseurs extérieurs. Cela est toujours plus coûteux, car le personnel du BIPM est polyvalent et les économies ne seraient pas aussi importantes que l'on pourrait l'imaginer.

Nous avons examiné les économies potentielles en matière d'équipements et d'autres dépenses générales. Les **achats** du BIPM sont donc maintenant gérés par un acheteur à temps plein. Il a déjà permis d'économiser 3 % des dépenses globales des laboratoires et des services généraux.

Nous avons aussi examiné la gestion de ***Metrologia*** et conclu que nous pourrions nous arranger pour réduire les coûts d'administration et de production tout en augmentant le potentiel de vente du journal. Nous espérons que cela aidera *Metrologia* à accéder à de nouveaux domaines d'activité de la métrologie internationale. Nous avons donc conclu un contrat avec l'Institute of Physics Publishing au Royaume-Uni, qui se charge du travail de routine tout en laissant au BIPM le contrôle du contenu éditorial. Ce système fonctionne avec succès depuis presque un an.

Je dirais donc que les coûts de fonctionnement administratif du BIPM sont corrects par rapport à ceux des autres organisations. Le Comité international en est satisfait, ainsi que des mesures prises ces dernières années pour augmenter l'efficacité et réduire les coûts au maximum.

Pour ce qui est des **bâtiments**, le Pavillon du Mail est un succès. Nous sommes toutefois conscients que nous travaillons dans un environnement spécial, dans des bâtiments magnifiques et dans un site historique protégé. Leur conservation coûte cher, mais nous nous devons de préserver leur caractère tout en offrant un environnement convenant aux activités techniques du BIPM. Nous n'envisageons pas de construire de nouveau bâtiment pour le moment, aussi notre programme de travail devra s'effectuer dans les laboratoires et les bureaux actuels. Un certain nombre de laboratoires ont déjà été réaménagés pour répondre au programme de métrologie en chimie et nous devrons continuer à équilibrer les besoins entre les sections. Comme tous les laboratoires nationaux de métrologie, nous consacrons une part importante de notre budget de fonctionnement et d'investissement aux systèmes de conditionnement d'air ; ceci est incontournable.

Une grande partie des décisions et actions que je vous ai présentées correspondent à une bonne gestion du BIPM, pour lui permettre de vivre avec le budget prévu. Elles nous permettent aussi de montrer à la présente Conférence générale de manière claire, et je l'espère convaincante, que nous portons attention aux coûts en période d'expansion technique et de changements dans les modes de gestion. Sinon, il aurait été impossible de vous démontrer que nous avons fait le maximum et que, avec une aide financière supplémentaire, nous pouvons mettre en œuvre une stratégie pour faire face aux changements au BIPM pour les années à venir. Notre stratégie ne peut pas bien sûr être statique. En période de changements rapides, il est difficile de faire des plans à long terme, mais nous devons continuer à surveiller notre environnement de travail et, avec les conseils du Comité international, réagir correctement. Nous pouvons vous rassurer en vous disant que le CIPM, la direction du BIPM et son personnel sont vigilants et ouverts aux nouvelles méthodes de travail nécessaires à une organisation vivante et couronnée de succès, qui réponde aux besoins des membres de la Convention du Mètre.

Il est clair que cela fera l'objet de débats lors de la Conférence et au sein du groupe de travail sur la dotation. Je vous recommande en attendant le projet de résolution J qui a le soutien total du Comité international.

Mes remarques finales concernent les activités techniques dans les laboratoires du BIPM au cours des quatre années passées. Je n'ai pas l'intention d'entrer dans le détail car elles vous ont déjà été décrites dans les rapports annuels du directeur. Je présente ici simplement quelques faits marquants pour chaque section.

Longueurs

Les travaux sur les lasers asservis Nd:YAG à 532 nm ont montré que, comme prévu, ces lasers ont une excellente stabilité à court terme et qu'ils sont utiles comme sources interférométriques et comme étalons de référence pour les systèmes optiques à peigne. Plusieurs comparaisons internationales ont eu lieu et la dispersion des résultats se situe habituellement dans un domaine de 5 kHz.

En collaboration avec l'Institute of Laser Physics (ILP) à Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie), nous avons mis au point un laser compact à état solide à 532 nm qui sera utilisé, avec un nouveau logiciel pour l'interférométrie, pour différents projets du BIPM, et notamment pour le condensateur calculable et la balance du watt.

Nos travaux sur les lasers asservis sur le méthane et sur le rubidium touchent à leur fin, maintenant que les techniques optiques à peigne ont remplacé les chaînes de fréquence classiques dans lesquelles les lasers asservis sur le méthane jouaient un rôle clé.

Les progrès majeurs de ces dernières années concernent, bien sûr, la technologie des peignes optiques. Ils ont permis de mettre un terme à l'ancien service de comparaisons de lasers à He-Ne asservis sur l'iode et de le remplacer par un service d'étalonnage de fréquences absolues fondé sur des peignes du BIPM. Nous avons maintenant construit deux systèmes à peigne – dont un transportable – et nous avons démontré, pour la première fois et en collaboration avec nos collègues de l'East China Normal University, que les peignes fonctionnent à un niveau meilleur que un hertz pour des mesures de fréquences optiques réalisées sur nos lasers asservis de référence. Ces systèmes seront maintenant utilisés dans une autre série de comparaisons internationales de peignes afin d'étudier les effets systématiques éventuels et d'augmenter le niveau de confiance dans les systèmes à peigne au niveau international.

La gravimétrie continue à jouer un rôle important dans notre travail, comme le montre la sixième comparaison internationale de gravimètres absolus en 2001, dans laquelle plusieurs techniques nouvelles d'analyse ont été appliquées, ce qui a eu pour conséquence d'améliorer les résultats.

Masses

La section des masses continue à effectuer des réétalonnages périodiques des prototypes pour les laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'à fabriquer de nouveaux étalons du kilogramme.

Les balances du BIPM ont été améliorées à plusieurs reprises. Nous avons négocié un accord industriel concernant la balance à suspensions flexibles et nous avons effectué les essais de la nouvelle balance Metrotec à 1 kg. Cette balance a une reproductibilité et une répétabilité meilleure que 1 μg. Pour arriver à ce résultat, nous avons amélioré les conditions d'environnement de laboratoire et nous avons automatisé plusieurs parties de la procédure de mesure. La balance joue un rôle clé dans l'étalonnage des étalons de référence de 100 g utilisés par le METAS pour les expériences sur la balance du watt.

Une partie essentielle des activités de la section concerne la mise au point d'outils pour l'analyse et l'amélioration des procédures de pesée. En particulier, l'ellipsométrie est maintenant couramment utilisée pour étudier la contamination de surface par la vapeur d'eau et les substances carbonées. Les propriétés magnétiques des étalons sont mesurées périodiquement au moyen du nouveau susceptomètre du BIPM, qui a été copié par plusieurs laboratoires nationaux de métrologie, et nous avons effectué les essais de la balance hydrostatique utilisée pour les mesures volumétriques des nouveaux étalons de masse. De plus, nous avons montré que des améliorations peuvent être apportées aux mesures de la masse volumique de l'air, pour réduire d'un facteur cinq les incertitudes fondées sur la formule pour la détermination de la masse volumique de l'air du CIPM.

Enfin, un projet restreint, mais néanmoins important, a été mis en œuvre pour la mesure et la détermination des caractéristiques d'artefacts en silicium utilisés pour le projet sur la constante d'Avogadro.

Temps

La production de la *Circulaire T* constitue toujours l'essentiel du travail de la section du temps ; elle permet au BIPM de disséminer les échelles de temps de référence que constituent le Temps

atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC), échelles fondées sur les données des laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires horaires. La section a apporté ces dernières années un certain nombre d'améliorations au calcul des échelles de temps et a accéléré la publication du TAI et de l'UTC. Les plus remarquables sont la mise au point d'algorithmes améliorés et la révision des poids assignés à chaque horloge. Nous avons maintenant accru la confiance dans la stabilité et l'exactitude des échelles de temps au niveau de 1×10^{-15} en valeur relative. La section reçoit avec plaisir la contribution régulière au TAI d'un certain nombre de fontaines à césium et elle commence à analyser les bilans d'incertitude.

La mise en place de deux masers à hydrogène pour des applications au transfert de temps et de fréquences l'ont aidé dans ce travail. De plus, ils fournissent le signal servant au réseau de référence horaire interne au BIPM.

Les comparaisons de temps et de fréquence constituent une activité de routine et aussi de recherche majeure de la section. La section s'est intéressée en particulier aux liaisons horaires par aller et retour qui participent au calcul du TAI depuis l'an 2000 et à d'autres techniques prometteuses, comme les méthodes utilisant la phase des porteuses à deux fréquences. Ces dernières sont utilisées pour comparer des masers à hydrogène à distance à un niveau de 1×10^{-15} et les améliorations devraient se poursuivre.

Électricité

Au cours des dernières années, des progrès importants ont été effectués concernant les réseaux de jonctions de Josephson programmables et la section d'électricité a comparé un certain nombre de ces dispositifs aux étalons de référence du BIPM. Nous n'avons pas constaté de différence mesurable entre 0,1 nV et 10 V et nous avons confiance dans les performances de ces réseaux. La PTB (Allemagne) a fait don d'un réseau au BIPM.

Les dispositifs à effet Hall quantique en courant alternatif servent de plus en plus souvent d'étalons de référence et, en collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie participant au Groupe de travail du CCEM sur les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif, nous continuons à réduire la variation en fonction de la fréquence de ces dispositifs par l'adjonction de grilles au circuit. À l'heure actuelle, les meilleurs résultats se situent au niveau de 1×10^{-8} à 2×10^{-8} par kilohertz.

Le service d'étalonnage de condensateurs du BIPM reçoit beaucoup de demandes et a confirmé la valeur des décisions antérieures de construire une chaîne de mesure de haute exactitude pour les étalons de 10 pF à 100 pF avec des incertitudes au niveau de quelques 10^{-8} en valeur relative. Les ponts ont été améliorés, ainsi que la compréhension des petites variations systématiques en fonction de la fréquence des résistances de haute précision utilisées dans le système de mesure.

Une réalisation importante de ces dernières années résulte des études sur les caractéristiques du bruit des étalons de tension et les équipements. Ce travail était centré initialement sur l'identification de la variation en fonction de la pression, et dans une certaine mesure de la température, de la tension de sortie des dispositifs de référence à diodes de Zener et d'un certain nombre de boucles de mise à la terre de certains dispositifs commerciaux. Grâce à d'autres études connexes, utilisant la technique de la variance (ou de l'écart) d'Allan pour l'analyse du bruit des étalons de fréquence optiques et micro-ondes, la section a obtenu des résultats originaux s'appliquant aux sources à diodes de Zener et aux nanovoltmètres. Des techniques ont été établies pour identifier à partir de quel moment il n'est plus nécessaire d'effectuer la moyenne des résultats sur des périodes plus longues en raison des limites du bruit en $1/f$. Nous

avons vite constaté les mérites de cette méthode et un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ont collaboré avec le BIPM pour la transférer à leur propre système. La méthode de la variance d'Allan n'est pas limitée aux applications électriques et la section d'électricité collaborera avec la section de chimie du BIPM pour tenter de l'appliquer à la détermination des caractéristiques des photomètres de référence mesureurs d'ozone.

La section d'électricité participe aussi activement aux comparaisons de tension et de résistance ; elle a amélioré ses équipements et, dans une certaine mesure, les a automatisés. Elle est aussi très impliquée comme laboratoire pilote de comparaisons clés et dans la participation aux comparaisons des organisations régionales de métrologie, en particulier en fournissant des étalons voyageurs et en mesurant des artefacts pendant les comparaisons.

Les services d'étalonnage de la section font toujours l'objet d'une forte demande de la part des laboratoires nationaux de métrologie.

Radiométrie, photométrie, thermométrie et pression

L'équipe restreinte de cette section est très impliquée dans les comparaisons clés, comme laboratoire pilote ou dans l'analyse des résultats.

Les comparaisons de récepteurs à un seul élément et de récepteurs à piège, ainsi que les expériences utilisant le radiomètre cryogénique du BIPM, ont aidé à accroître la confiance internationale dans l'utilisation d'échelles fondées sur des récepteurs. Pour la plupart des besoins pratiques, le BIPM utilise régulièrement des récepteurs pour la réalisation absolue de la candela et du lumen, et pour la détermination des caractéristiques des radiomètres à filtre. Les résultats des récentes comparaisons clés ont aussi montré la nécessité d'ajuster la candela et le lumen conservés au BIPM pour les aligner sur les valeurs de référence des comparaisons clés correspondantes.

Malgré ses ressources très modestes dans le domaine des mesures de température, le BIPM joue un rôle crucial comme laboratoire pilote de la comparaison clé de cellules à point triple de l'eau. L'équipement a été amélioré pour réduire les incertitudes et accroître l'automatisation du traitement des données. Les premiers résultats de cette comparaison clé montrent que la répétabilité du système a vraiment été améliorée.

La récente collaboration avec le NMIJ/AIST (Japon) pour la détermination et les études sur les points fixes de l'eutectique métal-carbone à partir de 1100 °C jusqu'à au-dessus de 2500 °C vient de débuter. Elle donne déjà des résultats intéressants et prometteurs, avec des incertitudes faibles qui pourraient permettre de mesurer aussi des températures plus basses avec une réduction similaire de l'incertitude.

Rayonnements ionisants

Le travail de la section des rayonnements ionisants, comme toujours, est caractérisé par une très forte demande d'étalonnages et de mesures pour les laboratoires nationaux de métrologie. Un thème récurrent au cours des quatre dernières années est la poursuite des efforts pour améliorer les équipements, étendre les compétences et les possibilités pour répondre plus efficacement aux États membres et aux nouveaux besoins scientifiques dans tous les domaines de responsabilité de la section.

Les améliorations les plus visibles concernent les générateurs à haute tension de rayons x de haute stabilité, les modifications aux systèmes de mesure actuels pour les rayons x aux moyennes énergies et pour la dosimétrie des rayonnements γ et, aussi, l'installation d'une nouvelle source de ^{60}Co. Ces équipements capitaux ont en général remplacé des équipements anciens ou non fiables et ont beaucoup contribué à améliorer l'efficacité du travail de la section.

Dans le domaine des étalons pour les rayons x, de nouveaux facteurs de correction fondés sur les calculs de Monte Carlo ont été étudiés et puis utilisés.

Le Système international de référence (SIR) continue à être une activité très importante de la section et il demande sans cesse des mesures nouvelles ou améliorées ; il a démontré son rôle unique dans les mesures d'activité. L'extension des possibilités de mesure, les changements apportés grâce à de nouveaux récepteurs, de meilleures méthodes mathématiques appliquées à la courbe d'efficacité du SIR, et la méthode du rapport des coïncidences doubles aux coïncidences triples, ont permis au BIPM de répondre au besoin d'améliorer les incertitudes et de mesurer de nouveaux radionucléides.

Chimie

Les activités techniques en chimie au Bureau international ne datent que de quelques années, mais nous avons déjà obtenu certains succès notables. Le travail initial, en collaboration avec le NIST, était centré sur les étalons de gaz et en particulier sur la mise au point et la détermination des caractéristiques des photomètres mesureurs d'ozone au niveau du sol, de même conception que les photomètres de référence du NIST. Les premières comparaisons ont eu lieu avec des laboratoires nationaux de métrologie membres de l'EUROMET. Les différences mesurées sont cohérentes avec les incertitudes de mesure évaluées. Le BIPM sera le laboratoire pilote de l'étude pilote CCQM-P28 (ozone, niveau ambiant), à laquelle vingt laboratoires se sont inscrits. Elle étayera les mesures de qualité de l'air liées à l'ozone au sein des réseaux nationaux, régionaux et internationaux.

Des équipements pour le titrage en phase gazeuse servent aussi au programme sur l'ozone. Cette technique constituera la deuxième méthode pour les mesures primaires de concentration d'ozone et sera étayée par d'autres équipements pour les étalons gazeux d'oxyde et de dioxyde d'azote.

Résumé

Ce bref examen des principales réalisations et activités nous permet d'apprécier l'étendue du travail réalisé par un nombre assez restreint de personnes. Le personnel du BIPM doit répondre de manière équilibrée à des demandes très variées et, bien sûr, aux demandes des Comités consultatifs, des groupes de travail, ainsi que préparer les rapports des comparaisons clés. Toutes ces activités ont un niveau de priorité élevée, doivent aboutir dans des délais limités et respecter un programme très strict, tout comme les comparaisons et les services d'étalonnage pour les États membres. C'est d'autant plus remarquable que le BIPM continue à accroître ses connaissances pour servir les programmes des laboratoires nationaux de métrologie. Cela signifie aussi que les sujets choisis pour le programme de travail doivent l'être avec soin afin d'obtenir un impact maximal avec une équipe restreinte. Je pense que c'est le cas. Je remarque aussi que le nombre des publications du personnel du BIPM est très élevé et se situe à un très bon niveau, comparé aux meilleurs laboratoires nationaux de métrologie.

Publications

Depuis octobre 1999 ont été publiés :

21e Conférence générale des poids et mesures (1999), Comptes rendus des séances, 402 p.

Comité international des poids et mesures, *Procès-verbaux des séances,* **67** (88e session, 1999), 311 p. ; **68** (89e session, 2000), 134 p. ; **69** (90e session, 2001), 159 p. ; **70** (91e session, 2002), 213 p.

Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures, **1** (2000), 199 p. ; **2** (2001), 226 p. ; **3** (2002), 237 p.

Rapport annuel de la section du temps du BIPM, **12** (1999), 99 p. ; **13** (2000), 97 p. ; **14** (2001), 102 p. ; **15** (2002), 96 p.

Comité consultatif d'électricité et magnétisme, 22e session (2000), 130 p. ; 23e session (2002), 146 p.

Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations, 1re session (1999), 77 p. ; 2e session (2001), 94 p.

Comité consultatif de photométrie et radiométrie, 15e session (2000), 86 p. ; 16e session (2001), 107 p.

Comité consultatif de thermométrie, 20e session (2000), 83 p. ; 21e session (2001), 83 p.

Comité consultatif des longueurs, 10e session (2001), 208 p.

Comité consultatif des rayonnements ionisants, 16e session (1999), 203 p. ; 17e session (2001), 238 p.

Comité consultatif des unités, 14e session (2001), 74 p.

Comité consultatif du temps et des fréquences, 14e session (1999), 137 p. ; 15e session (2001), 142 p.

Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées, 7e session (1999), 74 p. ; 8e session (2002), 91 p.

Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie, 6e session (2000), 94 p. ; 7e session (2001), 106 p. ; 8e session (2002), 86 p.

Circulaire T (mensuelle), 6 p.

À ces publications il convient d'ajouter une quarantaine de rapports BIPM et environ cent soixante-dix articles parus dans des revues scientifiques, des comptes rendus de conférences et les volumes **37**, **38**, **39** et **40** de *Metrologia*.

À l'issue du rapport de M. Kovalevsky, le président invite les délégués à faire part de leurs questions et remarques.

Au nom de la délégation allemande, M. Röhling remercie M. Kovalevsky et le Comité international, M. Quinn et le BIPM pour le travail accompli ces dernières années. Il remarque que M. Kovalevsky a bien montré que le BIPM continue à accomplir la mission que lui a été dévolue par la Convention du Mètre et dit que la délégation allemande partage entièrement les opinions exprimées dans le rapport du président et soutient la poursuite des activités. Comme représentant du ministère allemand de l'Économie et du Travail et président du conseil

scientifique de la PTB, il dit qu'il apprécie totalement les activités entreprises et l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et qu'il prévoit que la contribution du BIPM sera de plus en plus perceptible au cours des années à venir.

Il soutient la demande du BIPM pour obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce.

Soulignant que les domaines couverts par la métrologie sont de plus en plus vastes et que le niveau technique des mesures ne cesse d'augmenter, alors que les ressources budgétaires diminuent, non seulement en Allemagne, mais aussi dans la plupart des pays européens, il dit qu'il reste confiant que la structure établie permettra de répondre aux besoins. Il félicite le CIPM et le BIPM pour le programme entrepris dans le domaine des mesures chimiques, soulignant qu'il est important de conserver un équilibre entre les nouvelles activités et les domaines traditionnels de la métrologie.

Il en vient ensuite à l'audit des activités de la PTB en 2002, effectué par un groupe d'experts internationaux, dont faisaient partie M. Kaarls et M. Quinn. Les activités de la PTB ont été évaluées à un très haut niveau dans presque tous les domaines. Le comité d'évaluation a cependant émis un certain nombre de recommandations concernant le budget, la structure interne et certains sujets qui devront faire l'objet d'une étude plus approfondie au cours des prochaines années, notamment dans les domaines de la métrologie en chimie et de l'infomatique.

Enfin, il souligne que les préoccupations d'ordre budgétaire sont omniprésentes ; le Gouvernement allemand a décidé que, de manière générale, sa contribution aux organisations internationales devait rester stable. Il espère qu'un compromis sera trouvé pendant la Conférence, en gardant présents à l'esprit les besoins du BIPM et les restrictions imposées par les budgets nationaux.

M. Kovalevsky le remercie pour ses compliments à l'égard des travaux du BIPM.

M. Kumar (Inde) présente à son tour ses compliments pour l'excellent travail effectué par le BIPM et fait quelques commentaires sur les bénéfices qui résultent des liens entre le BIPM et les pays en voie de développement tels que l'Inde. Il note que la métrologie est un domaine d'activités très spécialisé, dont la responsabilité repose en grande partie sur les laboratoires nationaux de métrologie. Les gouvernements nationaux exercent une pression sur les laboratoires nationaux de métrologie, en particulier en ce qui concerne l'élimination des obstacles techniques au commerce et l'Inde, comme beaucoup d'autres pays, prépare ses possibilités en matière de mesures et d'étalonnages pour publication dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Il signale toutefois que l'Inde est un pays pauvre et que toute augmentation importante de la dotation du BIPM devra être négociée avec soin. Il se porte volontaire pour représenter l'Inde dans le Groupe de travail de la Conférence générale sur la dotation. M. Kumar note que plusieurs sociétés commerciales, en particulier dans les domaines de l'informatique et de la recherche expérimentale, ont établi des services en Inde et il demande si le BIPM ne pourrait pas y établir un centre délocalisé. Il invite aussi des chercheurs associés du BIPM et d'autres laboratoires nationaux à venir au NPLI.

M. Bordé aborde ensuite la question de la composition du Groupe de travail de la Conférence générale sur la dotation du BIPM et invite M. Kaarls à proposer la liste des membres.

M. Kaarls rappelle aux délégués que le Groupe de travail sur la dotation du BIPM se réunira le mardi 14 octobre après-midi et, si nécessaire, de nouveau l'après-midi du jeudi 16 octobre afin d'examiner le projet de résolution J (*voir* page 203) et de préparer une recommandation pour la

Conférence générale. Il propose la liste suivante d'États pour composer le Groupe de travail sur la dotation : Allemagne, Canada, Chine, États-Unis, France, Italie, Japon, République de Corée, Mexique, Norvège, Royaume-Uni, Fédération de Russie, Serbie-et-Monténégro, ainsi que l'Inde.

La liste proposée est approuvée avec l'adjonction de l'Australie et de l'Égypte, leurs délégations ayant exprimé le souhait de participer à ce groupe. M. Bordé note que chaque délégation participant au groupe de travail doit nommer au maximum deux personnes. Un rapport sur les discussions du groupe de travail est présenté au point 16 de l'ordre du jour (*voir* page 149).

10 Activités en relation avec des organisations extérieures

10.1 L'Organisation internationale de métrologie légale

Au nom de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), M. Gerard Faber, président du Comité international de métrologie légale (CIML), remercie M. Terry Quinn en tant que directeur du BIPM et pour sa contribution à la métrologie en général, et il souhaite la bienvenue à M. Andrew Wallard, futur directeur du BIPM. Il félicite le BIPM pour les travaux accomplis au cours des quatre années passées et dit que l'OIML continuera à lui apporter son soutien lorsque cela s'avérera nécessaire.

Il commente que le BIPM et l'OIML sont des organisations sœurs qui doivent collaborer, car elles ont en commun un grand nombre d'activités et d'objectifs.

Il note que l'OIML organise de nombreuses réunions et mentionne la prochaine réunion annuelle du CIML qui se tiendra en novembre 2003 à Kyoto, au Japon, la 12e Conférence internationale de métrologie légale, qui se tiendra à Berlin en octobre 2004, et la réunion du CIML en 2005 en France, qui célébrera le 50e anniversaire de la fondation de l'OIML.

Une des principales activités de l'OIML est l'établissement de recommandations internationales dans le domaine de la métrologie légale et leur mise à jour. Actuellement, un domaine d'activité important concerne la mise en œuvre de systèmes de reconnaissance mutuelle, fondés sur un arrangement mutuel d'acceptation (MAA) des résultats d'essais d'approbation type. L'OIML souhaite donc la reconnaissance internationale non seulement des résultats mais aussi des certificats associés et, dans une étape ultérieure, la reconnaissance internationale des résultats de la vérification initiale. La prochaine réunion à Kyoto votera au sujet du MAA et pendant sa période de mise en œuvre, l'OIML tirera parti de l'expérience du MRA du CIPM, en particulier en ce qui concerne les relations avec les organisations régionales.

M. Faber revient ensuite à la coopération entre le CIPM, l'ILAC et l'OIML, dans le cadre des réunions annuelles entre ces trois organisations qui se tiennent depuis 1997. Il dit que ces réunions se sont avérées extrêmement utiles et ont permis d'identifier plusieurs domaines d'actions communes. Il note que les limites entre la métrologie légale et la métrologie scientifique, ou entre la métrologie légale et l'accréditation, sont parfois vagues. Il donne en exemple la collaboration fondamentale entre le CIPM et l'OIML pour l'élaboration de la loi modèle sur la métrologie, qui a pour objet de donner un fondement légal à la traçabilité ; les activités du CIPM et de l'OIML pour la promotion du SI ; et le rôle de plus en plus important de l'accréditation dans la législation, en tant que composante essentielle de l'infrastructure de la métrologie.

Il espère que la coopération entre les trois organisations, en particulier entre le CIPM et l'OIML, sera de plus en plus intense et cite plusieurs projets d'actions communes futures : les échanges d'informations sur les projets en cours dans les États membres ; l'intensification de la coopération pour les programmes destinés aux pays en voie de développement et, en particulier, les relations publiques. Il pense qu'il est fondamental de faire connaître l'importance de la métrologie, comme outil fondamental au développement économique et social. La métrologie doit être portée à l'attention des ministres, des décideurs, des consommateurs, de l'industrie, des écoles et universités.

Il conclut en annonçant que la Nouvelle-Zélande et le Viet Nam ont récemment rejoint l'OIML en tant que membres à part entière ; l'OIML représente maintenant 109 pays au total (60 membres à part entière et 49 correspondants). Il présente au nom de tous ces pays ses vœux de succès à la Conférence générale.

10.2 L'International Laboratory Accreditation Cooperation

Au nom de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), M. Mike Peet, président de l'ILAC, présente l'allocution suivante :

« Monsieur le président, Mesdames, Messieurs,

Au nom des 78 membres de l'ILAC, représentant 65 entités économiques, je voudrais vous rendre hommage et vous remercier pour la coopération de plus en plus étroite entre nos deux organisations, ainsi que pour la présentation de M. Wallard lors de notre assemblée générale qui s'est tenue à Bratislava il y a trois semaines.

Le but des activités de l'ILAC, et de l'Arrangement que nous avons signé à Washington en 2000, est de s'assurer que les travaux des quelque 25 000 laboratoires accrédités par nos États membres dans le monde sont crédibles, non seulement au regard de leurs propres économies mais aussi du monde entier. Les activités de liaison et l'aide apportée à cette procédure dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM sont fondamentales.

Pour étayer la crédibilité des mesures effectuées par les laboratoires accrédités, l'ILAC participe activement au CCQM, au JCRB et au JCTLM, ainsi qu'au groupe de travail commun au BIPM et à l'ILAC.

Nous sommes tous conscients de l'importance de plus en plus grande portée à la libéralisation du commerce. L'ILAC reconnaît la nécessité de traiter globalement les besoins des pays en voie de développement, en ce qui concerne les infrastructures sophistiquées nécessaires pour assurer que l'évaluation locale de la conformité est acceptée par le reste du monde, et de ne pas créer un obstacle technique au commerce supplémentaire encore plus sophistiqué. Nous remercions donc le BIPM et l'OIML pour leur rôle actif et leur aide aux travaux initiaux du JCDCMAS afin de traiter de manière appropriée les questions d'intérêt commun.

Je voudrais terminer en rendant hommage à M. Quinn pour ses activités et pour le soutien apporté à l'ILAC pendant de nombreuses années, et exprimer mon soutien à M. Wallard qui aura à faire face aux défis à venir. »

10.3 L'Organisation météorologique mondiale

Au nom de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), M. Miroslav Ondras, responsable scientifique de haut niveau, présente l'allocution suivante :

« Monsieur le président, Messieurs les délégués, Mesdames et Messieurs,

Permettez-moi, au nom de l'OMM et en mon nom propre, de remercier tout d'abord le Bureau international des poids et mesures d'avoir invité l'OMM à la 22e Conférence générale des poids et mesures. Je suis heureux et honoré d'avoir ainsi l'opportunité de m'adresser à cette auguste assemblée.

L'OMM participe pour la première fois à la Conférence générale, en vertu de l'arrangement de coopération entre l'OMM et le Comité international des poids et mesures conclu au début de cette année. Les deux organisations ont décidé de se tenir mutuellement informées des activités, en cours et à venir, d'intérêt commun et de collaborer à la mise en œuvre de programmes d'intérêt mutuel. Permettez-moi donc de présenter brièvement l'OMM et certaines de ses nombreuses activités susceptibles d'intéresser plus particulièrement votre organisation.

La Convention météorologique mondiale, l'acte constitutif de l'Organisation météorologique mondiale, est entrée en vigueur en 1950. Un an plus tard, l'OMM était établie en tant qu'agence spécialisée des Nations unies, en vertu d'un accord entre les Nations unies et l'OMM. Aujourd'hui l'OMM compte 185 États et entités territoriales membres.

L'OMM a pour mission de faciliter la coopération internationale pour l'établissement de réseaux de stations d'observations météorologiques, hydrologiques et autres, de promouvoir les échanges rapides d'informations météorologiques, la normalisation des observations météorologiques et la publication uniforme des données d'observations et des statistiques. L'OMM étend aussi les applications de la météorologie à l'aviation, à la navigation maritime, aux secteurs de l'eau, de l'agriculture et aux autres activités humaines ; elle a aussi pour but de promouvoir l'hydrologie opérationnelle et d'encourager la recherche et la formation en météorologie.

Il existe de nombreux domaines d'intérêt commun à nos deux organisations. L'OMM, par l'intermédiaire de ses États membres, cherche à assurer des mesures homogènes et exactes dans les domaines de la météorologie, de l'environnement et de l'hydrologie. À cet égard, j'aimerais attirer en particulier votre attention sur :

- le Centre mondial du rayonnement, le « World Radiation Centre » de l'OMM à Davos, en Suisse, qui conserve la référence étalon mondiale du rayonnement solaire ;
- les dix centres d'étalonnage mondiaux de l'OMM pour les paramètres tels que le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, le méthane, l'ozone etc. ;
- les quatre centres scientifiques d'assurance de qualité pour le programme mondial d'assurance de qualité concernant les mesures en chimie atmosphérique ; et
- le centre d'étalonnage du rayonnement infrarouge mondial (World Infrared Radiometer Calibration Centre) de l'OMM à Davos, en Suisse, qui sera opérationnel en 2004.

De plus, l'OMM organise régulièrement des comparaisons d'étalons afin de maintenir leur fiabilité et de transférer ces étalons aux États membres pour les utiliser dans le cadre de programmes régionaux et nationaux.

Monsieur le président,

Le programme d'observation des instruments et méthodes de l'OMM a pour but de coordonner, normaliser et participer aux progrès des systèmes technologiques et des méthodes d'observation

et de mesure météorologiques. Il assure la publication de rapports techniques et de guides sur les caractéristiques des instruments et les pratiques d'observation. Il coordonne les étalonnages et les comparaisons internationales d'instruments et met au point des normes et procédures de contrôle de qualité. Il met aussi au point des directives et propositions pour améliorer les aptitudes de mesure, il organise et apporte son aide aux programmes de formation pour les experts en instrumentation et pour les techniciens. Ce programme est sous la responsabilité technique de la Commission technique des instruments et méthodes d'observation (CIMO) de l'OMM.

Un représentant du BIPM a assisté pour la première fois en 2002 à une réunion de la Commission CIMO ; la collaboration entre nos organisations se poursuit dans le cadre des équipes d'experts qui travaillent sur les mesures de rayonnement météorologique et de composition atmosphérique ainsi que sur les systèmes de management de la qualité et les projets sur les instruments du commerce.

Vous serez peut-être intéressés de savoir que l'OMM a établi treize centres régionaux d'instrumentation dans le monde. Ces centres conservent les instruments étalons pour la météorologie liés à des étalons reconnus au niveau international et aident les membres de l'OMM à étalonner leurs étalons nationaux en météorologie.

Des centres de rayonnement mondiaux, régionaux et nationaux ont aussi été établis pour conserver la référence étalon mondiale de mesure du rayonnement solaire. Le World Radiation Centre à Davos (Suisse) et le World Radiation Data Centre à Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie) servent de centres d'étalonnage internationaux des étalons de rayonnement météorologique.

L'OMM reconnaît que les comparaisons internationales d'instruments et de systèmes d'observation, ainsi que les procédures de contrôle de qualité agréées, sont fondamentales pour l'établissement de séries de données exactes et stables. L'OMM envisage d'organiser d'ici quatre ou cinq ans des comparaisons internationales de mesures de précipitation, d'écrans de protection pour les thermomètres, de mesure d'hygromètres et de radiosondes.

Monsieur le président,

Le programme consacré à la recherche atmosphérique et à l'environnement de l'OMM coordonne et encourage les recherches sur la structure et la composition de l'atmosphère, sur la physique et la chimie des nuages et sur la modification artificielle du temps, sur la météorologie tropicale et sur les prévisions météorologiques.

Ce programme a pour but d'aider les membres de l'OMM à mettre en œuvre des projets de recherche et à disséminer les informations scientifiques appropriées, à attirer l'attention de ses membres sur les sujets de recherche remarquables et d'importance majeure comme la composition atmosphérique et le changement du climat, d'encourager et d'aider ses membres à intégrer les résultats des recherches dans les techniques de prévision ou dans d'autres techniques relevant de ses activités courantes, en particulier quand elles impliquent des changements de procédures faisant appel à la coopération et à un accord international. Il comprend le programme de veille de l'atmosphère globale, les programmes de recherche sur la prévision météorologique, sur la météorologie tropicale, sur la physique et la chimie des nuages et sur la modification artificielle du temps.

Le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM intègre son propre réseau et d'autres réseaux de contrôle aux activités de recherche internationales englobant les propriétés chimiques et physiques de l'atmosphère. Ce programme sert de système de prévention précoce pour détecter les changements à venir de concentration dans l'atmosphère de gaz en traces, de

rayonnement ultraviolet, de dépôts acides ou toxiques et d'aérosols dans l'atmosphère. Ce système fournit l'infrastructure, les normes, les étalonnages internationaux et les systèmes de collecte des données pour le contrôle du Globe, ainsi que l'analyse des données. Le but principal consistant à « évaluer l'influence de la chimie atmosphérique sur l'environnement, y compris la pollution transfrontalière et urbaine (qualité de l'air, dépôts acides, diminution de la couche d'ozone stratosphérique et augmentation des rayonnements ultraviolets) » est réalisé au moyen de divers outils structurels, tels que les centres d'activités scientifiques d'assurance de qualité, les centres d'étalonnage internationaux dans le cadre du programme de veille de l'atmosphère globale et le centre de cartographie de l'ozone dans le cadre du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM.

Monsieur le président,

Je n'ai mentionné ici que certaines des activités mises en oeuvre dans le cadre des huit principaux programmes de l'OMM pour lesquelles le BIPM et l'OMM ont débuté des travaux. L'OMM reconnaît l'importante mission du BIPM, apprécie ses efforts pour faire participer les organisations internationales et intergouvernementales et promouvoir l'homogénéité des mesures dans le monde, et espère voir se poursuivre une collaboration fructueuse entre les deux organisations.

Je souhaite vous remercier à nouveau d'avoir invité l'OMM à la 22e Conférence générale des poids et mesures.

Je vous remercie de votre attention. »

M. Quinn remercie l'OMM de l'accueil qu'il lui a réservé ainsi qu'à M. Wielgosz il y a deux ans, lorsqu'ils ont rendu visite à l'OMM afin de proposer d'établir des relations plus officielles entre les deux organisations. Ces relations ont été établies avec succès avec le BIPM et le CIPM et avec les organisations nationales de métrologie ; elles sont importantes pour de nombreux domaines d'activité, y compris les mesures de rayonnement solaire. Il espère un accroissement des relations au niveau national avec les centres de données de l'OMM.

10.4 L'Organisation mondiale de la santé

M. Quinn prend ensuite la parole au nom de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en disant que M. Anarfi Asamoa-Baah, directeur exécutif de l'OMS, regrette de ne pouvoir assister à la Conférence générale en raison du changement récent de directeur général.

M. Quinn saisit cette opportunité pour expliquer certaines interactions entre le BIPM et l'OMS et, de manière plus générale, pour présenter un sujet important déjà mentionné par le président de l'Académie des sciences : les mesures et activités liées à la chimie clinique. Cet élargissement des activités de la métrologie à la chimie, à la chimie clinique et à la médecine sera l'un des thèmes de la présente Conférence.

Il présente tout d'abord une activité nouvelle au BIPM, mise en œuvre en réponse à la demande d'aide de l'industrie mondiale du diagnostic, soulignant que le marché global des dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro* représente environ 20 milliards d'euros.

La directive de l'Union européenne sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro* qui entrera en vigueur le 1er janvier 2004 stipule que « la traçabilité des valeurs assignées aux instruments d'étalonnage et/ou aux matériaux de contrôle doit être assurée au moyen des procédures de

mesure de référence et/ou des matériaux de référence de rang hiérarchique supérieur ». Quand cette directive a été publiée pour la première fois (en 1998), il n'existait pas encore de procédures ni de matériaux de référence reconnus au niveau international.

L'industrie américaine du diagnostic médical, qui fournit 60 % du marché européen, a demandé assistance au NIST. Lors d'une réunion préliminaire qui s'est tenue au NIST en 2000, il est devenu clair que c'est un problème mondial et pas uniquement américain ; le BIPM a donc été approché par la Fédération internationale de chimie clinique et de médecine de laboratoire (IFCC), l'Institut des matériaux et mesures de référence (IRMM) et le NIST qui lui ont demandé de l'aide. Deux autres réunions ont eu lieu en 2001 et un atelier sur la traçabilité en médecine de laboratoire a eu lieu au BIPM en 2002, organisée par le BIPM, l'IFCC, l'IRMM et le NIST. C'était une réunion unique entre des communautés qui ne s'étaient jamais réunies auparavant, parmi lesquelles figurent toutes les parties intéressées par les mesures de diagnostic médical. Outre les organisateurs, cette réunion a accueilli des représentants de l'ILAC, de l'industrie du diagnostic *in vitro*, des agences de réglementation, des organisations professionnelles, des laboratoires nationaux de métrologie et des fabricants de matériaux de référence. La liste des participants comprenait des représentants de la Commission européenne ; de l'American Food and Drug Administration ; de la Japanese Healthcare Technology Foundation ; d'organisations d'assurance de qualité : l'European Quality Assurance Ltd, le College of American Pathologists, l'European Committee for External Quality Assurance Programmes in Laboratory Medicine ; des représentants de l'industrie du diagnostic : l'European Diagnostic Manufacturers Association et les organisations correspondantes américaines et japonaises (AdvaMed et JACR) ; un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ; le National Institute for Biological Standards and Control, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et la Commission électrotechnique internationale (CEI) ; et l'American Center for Disease Control.

Lors de cette réunion, il a été décidé d'établir un Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (le JCTLM) composé du BIPM, de l'IFCC, de l'ILAC et de l'OMS et de participants des parties intéressées présents lors de la réunion. Il n'a pas été facile en pratique d'établir le mode de fonctionnement d'un groupe composé d'organisations aussi hétérogènes. L'accord sur les formalités nécessaires à l'établissement du comité commun n'a été conclu qu'en septembre 2003. Les principaux organisateurs et les secrétaires exécutifs en sont le BIPM, l'IFCC et l'ILAC ; pour le moment l'OMS n'y participe qu'au niveau technique, en raison de problèmes d'ordre légal ou autres.

Parallèlement aux discussions sur l'établissement du comité commun, deux groupes de travail, créés lors de l'atelier qui s'est tenu en 2002, ont établi des listes de matériaux et de méthodes de référence pouvant être utilisées pour répondre à la demande de la directive sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*. Ces listes seront publiées sur le site Web du BIPM au début de l'année 2004.

Le JCTLM est une initiative importante qui pourrait avoir des conséquences de grande portée. L'équivalence des mesures reconnues et approuvées au niveau international dans le domaine de la médecine de laboratoire et la traçabilité aux étalons de mesure appropriés pourraient améliorer la qualité des soins médicaux pour les patients, réduire les coûts pour les gouvernements et les compagnies d'assurance, en diminuant la répétition des mesures et réduire les coûts pour l'industrie des instruments médicaux pour le diagnostic *in vitro*.

En parallèle, le BIPM a établi un arrangement de travail avec l'OMS ; le protocole d'accord (MoU) entre le CIPM et l'OMS a été signé en octobre 2002. M. Quinn donne lecture de l'article I de ce protocole, que l'on peut consulter sur le site Web du BIPM.

Outre les discussions sur la création et le mode de fonctionnement du JCTLM, M. Quinn évoque une proposition de consultation internationale des organismes nationaux dans le domaine de la santé, qui serait menée en commun par le BIPM et l'OMS.

M. Quinn conclut en soulignant que les activités communes aux organisations internationales dans le domaine de la santé augmentent énormément et ont une importance considérable. Il est vital que le BIPM et la communauté de la métrologie répondent à ce besoin pressant.

M. Kovalevsky donne ensuite lecture des projets de résolutions A, B et C, liés aux activités de coordination et aux projets communs avec les organisations extérieures.

M. Bordé ouvre ensuite la discussion sur ces trois projets.

En ce qui concerne le projet de résolution A, M. de Leer (Pays-Bas) suggère de remplacer les termes anglais « concept of traceable measurements » (le concept de traçabilité des mesures) dans le premier paragraphe avec puce du « considérant » par « traceable measurement results » (résultats de mesures traçables) ou par « traceable calibration and measurement results » (étalonnages et résultats de mesures traçables), en disant que la traçabilité est la propriété d'un résultat de mesure (ou la valeur d'un étalon). M. Semerjian (États-Unis) suggère d'utiliser un autre terme, plus concis, le « concept of traceability » (concept de traçabilité). M. Carneiro (Danemark) ajoute que pour éviter toute confusion dans d'autres domaines d'activité, il faudrait peut-être préciser que ce projet de résolution concerne la traçabilité des mesures et pas seulement la traçabilité et il recommande de suivre le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM). M. de Leer et M. Valdés (Argentine) pensent tous deux qu'il est important de distinguer la traçabilité d'un produit et la traçabilité des mesures, soulignant que dans le domaine de la sécurité alimentaire, par exemple, la traçabilité est interprétée différemment. M. Quinn confirme que la nouvelle terminologie proposée est conforme à la définition du terme traçabilité discutée par le Groupe de travail sur la révision du VIM du Groupe de travail pour les guides en métrologie (JCGM). M. Kovalevsky dit que la version révisée avec les termes « concept of traceability of measurement results » (concept de traçabilité des résultats de mesure) sera soumise au vote le vendredi 17 octobre. Il est noté que le même changement devra être apporté au dernier paragraphe avec puce.

Quand le texte révisé du projet de résolution A2 est présenté le jeudi 16 octobre, M. Lusztyk suggère de modifier légèrement le troisième paragraphe à puce. Le projet de résolution A3 est finalement adopté à l'unanimité comme Résolution 1 (*voir* page 162).

M. de Leer commente que le même type de remarque s'applique au projet de résolution B : ici « comparable measurements » (mesures comparables) devrait être remplacé par « comparable measurement results » (résultats de mesure comparables). Il attire aussi l'attention sur la différence entre les termes « comparability » et « équivalence » dans les textes français et anglais. M. Semerjian suggère de changer l'ordre des mots en « the increasing role of measurement reliability and comparability in world trade » et M. Wallard suggère de remplacer le terme « role » (rôle) par « need » (nécessité). M. de Leer répète qu'il est important d'insérer le mot « results » (résultats) et il est décidé qu'un petit groupe de personnes composé de MM. Semerjian, de Leer, Kovalevsky et Quinn se réunisse pour discuter des changements suggérés au projet de résolution B afin de présenter une version modifiée à la Conférence. M. Röhling (Allemagne) renouvelle son appel aux délégués à la Conférence générale de contacter leurs délégués chargés du commerce extérieur à l'OMC afin de faire pression pour que la demande faite par le CIPM d'obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles

techniques au commerce de l'OMC soit examinée aussi vite que possible ; cette demande est actuellement bloquée dans l'attente que soient résolues d'autres questions sans aucune relation.

Cette version révisée B2 du projet de résolution est présentée le jeudi 16 octobre et est adoptée à l'unanimité comme Résolution 2 (*voir* page 162).

Le projet de résolution C ne fait l'objet d'aucun commentaire et le texte est adopté à l'unanimité pendant le vote du vendredi 17 octobre comme Résolution 3 (*voir* page 163).

11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures

M. Kaarls résume brièvement le rapport du Comité international intitulé *Évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures* qui a été distribué aux gouvernements des États membres et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en avril 2003. Ce rapport fait suite au rapport du CIPM intitulé *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie* distribué en 1998 et discuté pendant la 21e Conférence générale en 1999.

Il rappelle aux délégués que la 21e Conférence générale a pris plusieurs décisions importantes. Elle a approuvé l'extension de la Convention du Mètre à un certain nombre de domaines de la science et a aussi décidé que les États membres aient la responsabilité de fournir, par l'intermédiaire de la Convention du Mètre, l'infrastructure nécessaire pour étayer la fiabilité des mesures partout où elles sont effectuées. Par conséquent, la Conférence générale a accepté de redéfinir le rôle du BIPM. Elle a aussi été témoin de la signature de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et a approuvé la création d'un statut d'Associé à la Conférence générale. M. Kaarls souligne qu'il a été admis de manière tacite et pris acte du fait que le budget approuvé pour la période 2001-2004 ne serait pas suffisant pour continuer à appliquer le programme adopté après 2004.

Compte tenu des conditions financières imposées par la 21e Conférence générale, des conséquences de l'implantation de l'Arrangement du CIPM, des besoins croissants dans les domaines de la métrologie en chimie et des sciences biologiques, des implications de la directive de l'Union européenne sur les instruments médicaux de diagnostic *in vitro* mentionnée par M. Quinn (*voir* section 10.4) et des autres questions sur la traçabilité et les incertitudes de mesure dans les nouveaux domaines tels que l'analyse nutritionnelle, le Comité international considère qu'il est important d'examiner à nouveau la situation budgétaire. M. Kaarls note que les besoins évoluent aussi dans les domaines classiques de la métrologie (physique et sciences de l'ingénieur) et que les progrès dans le domaine de l'informatique ouvrent de nouvelles méthodes de travail.

Le Comité international a examiné de nombreux points lors de la compilation de ce nouveau rapport, notamment : le programme de travail adopté par la 21e Conférence générale ; les activités découlant de l'Arrangement du CIPM, comme la base de données du BIPM sur les

comparaisons clés et le JCRB ; les nouvelles relations établies avec d'autres organisations internationales ; le rôle de plus en plus important des organisations régionales de métrologie ; les services fournis par le BIPM en raison de ses compétences scientifiques ; et l'extension des activités en métrologie à de nouveaux domaines, en particulier à la chimie. Dans tous ces domaines, les besoins des pays en voie de développement doivent être examinés avec soin. Le Comité international a tenu compte des réponses des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie aux deux questionnaires distribués l'an passé et de leurs interventions lors de la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en avril 2002. Il a aussi examiné avec soin les réponses à une étude réalisée par la société KPMG sur l'impact économique de l'Arrangement du CIPM et les résultats d'autres études nationales indépendantes sur l'impact économique de la métrologie.

Ce rapport montre que les laboratoires nationaux de métrologie génèrent des bénéfices considérables en termes de compétitivité internationale et d'innovation commerciale, et des bénéfices indirects importants, par exemple, en termes de santé, d'environnement et de sécurité alimentaire. Il y a donc une justification économique évidente aux fonds publics investis dans la métrologie en général et à son extension aux technologies émergentes comme la nanotechnologie, la chimie et la biotechnologie.

Passant aux conclusions du rapport et aux recommandations du CIPM, M. Kaarls souligne que la coordination internationale et globale dans le cadre de la Convention du Mètre est indispensable pour réaliser un système de mesure global stable et efficace à long terme, capable de faire face aux besoins dans les domaines du commerce, de l'industrie et de la société en ce qui concerne la traçabilité et la comparabilité des mesures et des résultats d'essais. La suppression des obstacles au commerce d'ordre non tarifaire exige une comparabilité et une traçabilité reconnues au niveau international ; l'Arrangement du CIPM en est un élément clé. De plus, il confère des bénéfices importants aux États signataires et opère de manière très rentable et efficace.

D'après les réponses aux questionnaires distribués dans le cadre de l'étude réalisée par la société KPMG, le Comité international reconnaît que le BIPM joue un rôle de plus en plus important pour représenter et promouvoir la métrologie dans le monde. Il doit avoir un statut et des moyens lui permettant d'agir comme centre mondial de la métrologie scientifique et industrielle, avec une voix crédible, neutre et internationale. Il doit continuer à être responsable du Système international d'unités, du Prototype international du kilogramme, du Temps atomique international et du Temps universel coordonné, et de moyens uniques tels que le Système international de référence dans le domaine des rayonnements ionisants. Il doit avoir aussi une activité restreinte dans le domaine de l'analyse de pureté chimique. Il doit maintenir des activités de laboratoire dans des domaines sélectionnés avec soin, organiser des comparaisons et fournir des services techniques appropriés aux laboratoires nationaux de métrologie. Le programme existant doit, bien sûr, être ré-évalué en tenant compte de la situation financière et de la nécessité d'être le plus efficace possible. De plus, le BIPM doit continuer à jouer un rôle de coordination au niveau international, notamment dans les relations avec les autres organisations, et ses activités doivent aussi inclure la diffusion de l'information et la communication.

Enfin, le rapport contient deux recommandations du Comité international : tout d'abord, il faut que les gouvernements des États membres offrent et maintiennent un soutien financier suffisant à leurs laboratoires nationaux de métrologie, y compris dans le domaine important de la métrologie en chimie, et aussi qu'ils fournissent au BIPM les ressources financières nécessaires, comme le demande le projet de résolution J ; deuxièmement, il faut que les gouvernements approuvent le programme de travail et budget correspondant proposé pour le BIPM.

M. Bordé demande aux délégués s'ils ont des questions à poser.

M. Göbel remarque que le rapport montre clairement le rôle du BIPM, et souligne qu'il est rendu possible par la présence d'experts de haut niveau dans le domaine de la métrologie travaillant au BIPM. Il recommande que son rôle scientifique soit préservé et renforcé.

M. Kaarls donne ensuite lecture du projet de résolution E. Il ne fait l'objet d'aucun commentaire et le texte est adopté à l'unanimité lors du vote du 17 octobre en tant que Résolution 5 (*voir* page 164).

12 Programme de travaux futurs du Bureau international

M. Quinn ouvre la discussion sur ce point de l'ordre du jour par une brève présentation du rôle du BIPM, et en projetant une série d'histogrammes montrant la répartition du budget entre les différentes sections scientifiques, les activités de recherche et de coordination et l'entretien du site.

Les travaux futurs du BIPM sont décrits dans le document « Programme de travail et budget du BIPM » reproduit dans l'annexe B qui comprend une section sur le rôle du BIPM.

M. Quinn souligne l'importance de la brochure sur le SI ; une nouvelle édition est en cours de préparation par le CCU. Cette brochure est largement distribuée et l'édition actuelle est aussi disponible sur le site Web du BIPM. Les pages du site Web sur le SI comptent parmi celles les plus fréquemment consultées.

Il souligne aussi que les mesures de temps et de fréquences sont un des domaines de la métrologie qui progressent le plus rapidement. L'incertitude actuelle sur la réalisation de l'échelle de temps est similaire à celle sur les comparaisons d'horloges et sur l'évaluation des étalons primaires. L'incertitude des meilleurs étalons de fréquence s'améliore rapidement cependant ; elle devrait atteindre mieux que 1×10^{-17} en valeur relative d'ici quelques années. Il faut donc continuer les recherches de haut niveau au BIPM pour améliorer les méthodes de comparaison des horloges et établir les échelles de temps, afin de prendre entièrement en compte ces progrès et de répondre aux besoins internationaux pour améliorer la conservation du temps. Il ne serait pas acceptable d'avoir des horloges meilleures que les échelles de temps.

M. Quinn présente aussi les nouvelles activités du BIPM dans le domaine de l'analyse chimique. L'analyse chimique et la bio-analyse sont de nouveaux domaines et M. Quinn souligne qu'à moins que le BIPM n'ait des activités de laboratoire dans ces domaines, il lui sera impossible d'attirer du personnel de haut niveau ; sans ce personnel de haut niveau il ne sera pas en mesure de remplir son rôle de coopération internationale.

Il souligne que la recherche constitue une part restreinte mais essentielle de l'activité du BIPM qui est une institution scientifique. En général, vingt à trente articles sont publiés chaque année dans des revues scientifiques soumises à referees, par un personnel scientifique constitué d'une trentaine de personnes.

Au sujet des services techniques, il remarque que le BIPM est le laboratoire pilote d'un grand nombre de comparaisons internationales. Cette activité prend beaucoup de temps et coûte cher, mais sa prise en charge par le BIPM fait économiser de l'argent aux laboratoires nationaux de

métrologie parce que le BIPM agit au nom de tous et que les coûts sont donc partagés. Il note aussi qu'il est de plus en plus demandé au BIPM d'assurer des services d'audit liés aux examens par les pairs. Cependant en raison du nombre très restreint de membres du personnel scientifique, il est difficile pour le BIPM de mettre du personnel à la disposition de nombreux laboratoires nationaux de métrologie pour des examens qui durent souvent une semaine.

M. Quinn remarque que le nombre des réunions au BIPM a augmenté rapidement, à cause de son rôle de centre de coordination dans le domaine de la métrologie.

Quant aux activités d'information et de communication, il souligne qu'une nouvelle version du site Web du BIPM a été lancée juste avant la 92e session du CIPM. Le site Web est largement consulté depuis le monde entier et l'élaboration de ce nouveau site a demandé beaucoup de travail. Le nouvel arrangement pour la publication du journal scientifique *Metrologia* par l'Institute of Physics Publishing (IOPP, Royaume-Uni) fonctionne bien et s'avère efficace sur le plan financier ; les numéros publiés en 2003 sont parus en temps voulu. Auparavant, les ressources nécessaires à la production de *Metrologia* au BIPM étaient à la limite de nos possibilités.

M. Bordé a déjà mentionné la première école d'été du BIPM, qui s'est tenue en juillet 2003. Elle a connu un grand succès et plus de quatre-vingts jeunes métrologistes de vingt-deux pays différents y ont participé. L'état actuel de la métrologie a été présenté par les meilleurs spécialistes du domaine ; M. Quinn pense que les liens établis entre les étudiants seront très bénéfiques pour l'avenir de la communauté de la métrologie.

M. Quinn passe ensuite au budget du BIPM et compare, à l'aide d'histogrammes, la situation lors de la précédente Conférence générale en 1999 et la situation anticipée à la fin de 2008. Il démontre que la part du budget consacrée aux salaires diminuera, passant d'environ 57 % en 1999 à 49 % en 2008 ; la part consacrée aux retraites augmentera, passant d'environ 12 % en 1999 à 16 % en 2008 ; les dépenses de laboratoires resteront constantes, de l'ordre de 17 % ; les dépenses d'entretien des bâtiments augmenteront, passant d'environ 3 % en 1999 à environ 6 % en 2008 ; les dépenses liées aux voyages augmenteront légèrement, passant d'environ 2 % en 1999 à 3 % en 2008. Les autres catégories de dépenses sont minimes : énergie, publications, réunions, assurance, bureau du Comité etc.

Il montre ensuite les dépenses de personnel par section en pourcentage du budget total de personnel, illustrant les changements résultant des décisions prises par le CIPM en 2002. Pour la section des longueurs, les dépenses de personnel diminueront, passant de 14 % du budget en 1999 à environ 3,5 % en 2008 ; pour la section des masses, elles augmenteront légèrement ; pour les sections du temps et de l'électricité elles resteront à peu près constantes ; la section de radiométrie disparaît complètement ; les dépenses de la section des rayonnements ionisants augmenteront légèrement ; celles des publications resteront similaires ; les dépenses liées à l'informatique et au Système Qualité augmenteront de façon significative ; les dépenses liées à la section de chimie, à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés et au JCRB sont entièrement nouvelles et n'existaient pas en 1999.

M. Quinn montre ensuite les dépenses de laboratoire de chaque section par rapport aux dépenses globales de laboratoire, mettant en évidence à nouveau un changement important. En 1999, environ 25 % des dépenses de laboratoire étaient consacrées à la section des longueurs, simplement parce que les lasers et les équipements associés coûtaient très cher ; ces dépenses seront réduites à un chiffre très faible en 2008. La part consacrée à la section des masses diminuera légèrement et celle consacrée à la section du temps et des rayonnements ionisants restera à peu près semblable. La part consacrée aux laboratoires de la section d'électricité

augmentera légèrement. La part consacrée à la section de chimie représentera environ 20 % des dépenses de laboratoire ; celle consacrée à la KCDB et aux publications sera à peu près identique, mais la section des publications recentrera ses activités vers la communication et le site Web. Les dépenses consacrées à l'informatique et à la qualité sont de plus en plus élevées, car le site Web et la sécurité informatique coûtent cher. Enfin, une part du capital sera mise en réserve pour démarrer de nouvelles activités, ainsi le directeur aura à sa discrétion en 2008 une somme représentant 12 % à 13 % du budget nominal pour répondre aux besoins du moment.

M. Quinn présente ensuite une analyse de la répartition du temps consacré aux diverses activités du personnel scientifique du BIPM, comparant le personnel scientifique et les chefs de sections. En moyenne, le personnel scientifique consacre environ 40 % de son temps à la conservation ou au développement des étalons, alors que les chefs de section y consacrent moins de 25 % de leur temps. Les chefs de section, toutefois, consacrent une grande partie de leur temps – environ 25 % – à des questions liées aux Comités consultatifs et à la coordination. Il compare ces chiffres à ceux d'une récente étude comparative menée au BNM, au NIST, au NMIJ, au NPL et à la PTB sur la répartition de leurs dépenses budgétaires. Presque sans exception, le personnel scientifique de ces institutions consacre plus de 40 % de son temps à la recherche. Il souligne que le BIPM travaille déjà à la limite du seuil de viabilité en ce qui concerne son programme scientifique et ses activités de coordination toujours croissantes. C'est une petite institution et presque tous les membres du personnel sont polyvalents.

Il montre ensuite le nombre de réunions qui se sont tenues au BIPM chaque année entre 1977 et 2003 et le nombre total de jours correspondant. Ces réunions sont classifiées comme : réunions des Comités consultatifs, session annuelle du CIPM, réunion de la Conférence générale tous les quatre ans, autres groupes de travail réunis en dehors des sessions des Comités consultatifs, et récemment l'école d'été. Il est clair qu'il y a eu une augmentation substantielle de ce domaine d'activité du BIPM. Jusqu'en 1994, le nombre moyen de réunions des Comités consultatifs était de 2,5 par an, alors que depuis 1995 il est de 5,6 par an. Cette augmentation répond à la demande des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de tenir plus de réunions. Le travail de coordination augmente de manière quasi exponentielle par rapport au nombre de réunions.

Il montre ensuite la répartition des coûts de personnel et souligne que les principales dépenses sont liées aux dépenses de laboratoire (y compris le travail des Comités consultatifs et les publications). Quarante pour cent des dépenses de laboratoire sont liées au développement et à la conservation des étalons. Les autres dépenses – atelier du BIPM (6 % à 7 %), publications, administration et secrétariat – sont relativement faibles.

Enfin, M. Quinn passe aux dépenses budgétaires liées à l'entretien des bâtiments. Il projete un graphique montrant les dépenses qui y ont été consacrées entre 1912 et 1990. Cette courbe comporte quelques pics, dus à des travaux majeurs dans le Pavillon de Breteuil ou les laboratoires, ou à la construction de nouveaux bâtiments (le bâtiment des lasers et le Nouveau Pavillon). Cependant, en moyenne, pendant cette période la part consacrée à l'entretien courant reste de l'ordre de 8 % du budget total, ce qui représente le coût de l'entretien de bâtiments historiques. Entre 1989 et les années 1990, cette part a été très réduite pour réaliser des économies pour la construction du Pavillon du Mail, qui comprend une salle de réunion de 120 personnes, sans laquelle nous ne pourrions pas accueillir les réunions des Comités consultatifs et les réunions des directeurs. Pour les quatre prochaines années, bien que nous prévoyions quasiment de doubler le niveau des dépenses consacrées aux travaux d'entretien, qui passent de 4 % à 7 %, nous revenons en fait au niveau de dépenses des cent dernières années.

Ce rapport ne fait l'objet d'aucune question.

M. Wallard, directeur désigné du BIPM, commente qu'il sera difficile de prendre la succession de M. Quinn et le remercie pour la manière dont il a dirigé le BIPM ; il dit qu'il a grandement contribué au succès de l'Arrangement du CIPM.

Il présente ensuite le programme de travail scientifique et les orientations pour la période 2005 à 2008, exposant tout d'abord la mission du BIPM et comment ses priorités sont établies, et ensuite les mécanismes utilisés pour mettre en œuvre ce programme. Il conclut par quelques remarques sur la manière de gérer les changements.

M. Wallard rappelle aux délégués la mission du BIPM, présentée dans l'annexe B (*voir* pages 206-208), qui a déjà été discutée à de nombreuses occasions, y compris lors de la 21e Conférence générale et lors de plusieurs réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Le but global est l'uniformité mondiale des mesures. Le BIPM fournit les fondements scientifiques et techniques de cette uniformité et collabore intensivement avec d'autres organisations ayant des intérêts communs.

Les Comités consultatifs conseillent le Comité international sur les priorités du programme de travail du BIPM et lui allouent un certain nombre de tâches lors de leurs réunions. Le nombre de leurs réunions augmente, ainsi que le nombre des tâches qu'ils confient au BIPM. Il est demandé aux États membres de donner leur point de vue sur les priorités et le BIPM adapte ses activités en conséquence. Les réponses au questionnaire distribué en 2002 nous donnent une très bonne idée sur ce qui paraît important pour les États membres et disent dans quelle direction nous devons faire évoluer le BIPM au cours des prochaines années. Nous avons aussi effectué des études extérieures sur l'efficacité de nos activités et nous présentons régulièrement un rapport aux Comités consultatifs, au Comité international et à la Conférence générale, et au jour le jour par les interactions entre le personnel du BIPM et le personnel des autres laboratoires.

Les principaux domaines du programme futur proposé reposent sur les actifs passés du BIPM. Sa principale fonction est la conservation et l'amélioration des étalons que nous avons pour obligation de conserver : le kilogramme et les échelles de temps. D'après la Convention du Mètre nous devons aussi fournir des services de comparaison et d'étalonnage, au moyen d'étalons fixes ou voyageurs. Cependant, nous ne le faisons que lorsqu'il est plus rentable que ce soit fait par le BIPM plutôt que par les laboratoires nationaux de métrologie. M. Wallard mentionne différents exemples d'étalons voyageurs – comme les peignes à impulsions femtosecondes, les systèmes à effet Josephson et à effet Hall quantique et les spectro-photomètres mesureurs d'ozone – qui peuvent être déplacés et utilisés pour valider les réalisations des unités et grandeurs du SI dans les laboratoires nationaux de métrologie.

Pour une organisation telle que le BIPM, il est vital et rentable de maintenir son aptitude, grâce à des équipements uniques, à être le laboratoire pilote et à effectuer l'examen des résultats de comparaisons clés, en vertu de sa compétence technique, à coordonner des projets et être le laboratoire pivot d'un réseau. Le BIPM remplit ce rôle de multiples façons : par exemple, il est déjà le laboratoire pilote de comparaisons clés de lasers et d'étalons de capacité, de rayonnements ionisants et de gravimétrie. Il coordonne le projet sur le condensateur calculable. Il est le laboratoire pilote des réseaux d'analyse de pureté en chimie organique et en médecine de laboratoire.

Les Comités consultatifs bien sûr coordonnent aussi des projets. Il y a eu une énorme augmentation en matière de transfert de technologie et d'informations du BIPM vers les

laboratoires nationaux de métrologie, et entre les laboratoires nationaux de métrologie. Ce transfert d'informations s'effectue dans le cadre d'ateliers, au moyen de *Metrologia* (dont les fonctions de routine ont été transférées à l'Institute of Physics Publishing, IOPP, laissant le contrôle éditorial de haut niveau au BIPM). Le BIPM produit aussi des publications officielles, souvent en commun avec d'autres organisations, comme le « Rapport Kaarls » sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie, pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM (un document faisant autorité dans la communauté de la métrologie), la brochure sur le SI, et les guides sur le vocabulaire de la métrologie (le VIM) et les incertitudes de mesure (le GUM).

Pour illustrer le rôle du BIPM dans le transfert de connaissances, M. Wallard mentionne qu'au cours des quatre dernières années plus de 300 personnes sont venues visiter les sections scientifiques, que le personnel scientifique a publié plus de 230 articles et rapports, a fait plus de 170 exposés à l'occasion de diverses conférences et qu'il y a eu plus d'une centaine de chercheurs invités et de stagiaires au BIPM. Il fait ensuite référence au site Web du BIPM, qui est une ressource unique, présentant non seulement les activités du BIPM, mais aussi celles des organes de la Convention du Mètre en général. Nous avons récemment consacré beaucoup d'efforts à la mise en place d'une nouvelle version du site Web. M. Wallard souligne l'importance de l'informatique pour faciliter l'organisation de réunions, la distribution des documents de travail et la publication des comptes rendus de ces réunions aussi vite que possible.

La base de données du BIPM sur les comparaisons clés (la KCDB) est l'outil de diffusion externe de l'Arrangement du CIPM ; elle représente un effort intellectuel considérable de la part du BIPM, des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie pour l'analyse des résultats des comparaisons clés, la production des rapports de ces comparaisons et la validation des CMCs. Il est important de trouver le moyen d'accroître l'utilisation de la KCDB afin de remplir nos objectifs. Nous envisageons, notamment, d'étendre l'Arrangement du CIPM afin de répondre aux besoins dans le domaine du commerce et des agences de réglementation, d'accréditation et des autres utilisateurs du MRA.

M. Wallard prédit qu'il y aura une augmentation des activités de collaboration internationale pendant la période couverte par le programme de travail. Comme nous l'avons vu précédemment (au point 10 de l'ordre du jour), des protocoles d'accord ont déjà été signés entre le BIPM et un certain nombre d'organisations. Ces protocoles d'accord sont importants et bien sûr ils conduiront à de nouvelles activités, au fur et à mesure que des projets communs avec ces organisations extérieures seront identifiés et mis en œuvre. Nous avons aussi établi un certain nombre de comités communs, qui étendent l'influence et l'impact de la Convention du Mètre dans le monde et qui regroupent les efforts et ressources des organisations internationales et intergouvernementales de manière unique. En grande partie, l'établissement de ces liens aux niveaux international et intergouvernemental, ce que le BIPM est en position de faire dans le cadre de la Convention du Mètre, est important du fait qu'un grand nombre d'entre eux pourront être repris au niveau national ; ceci est extrêmement bénéfique pour les laboratoires nationaux, en particulier lorsqu'ils mettent en place des coopérations dans de nouveaux domaines.

M. Wallard passe ensuite aux principes servant à établir le programme scientifique et technique du BIPM, soulignant que ce type de travail au BIPM n'est pas une fin en soi mais fournit le fondement intellectuel de toutes les autres activités, par exemple le travail considérable et croissant lié aux Comités consultatifs, la gestion, l'analyse et le rôle de laboratoire pilote de comparaisons et d'autres projets communs auxquels le BIPM participe. Notre compétence sur le plan scientifique et technique nous donne la crédibilité et l'indépendance nécessaires pour établir

des liens et des protocoles d'accord avec d'autres organisations internationales et gouvernementales. Toutefois le BIPM est une petite structure et nous devons être sélectif. Il est important de trouver le créneau dans lequel le BIPM sera le plus efficace pour la métrologie mondiale et de ne pas dupliquer des travaux qui peuvent être effectués de manière plus efficace dans d'autres laboratoires. Le BIPM effectue toutes ces activités de la manière la plus efficace et la plus rentable possible, espérons que les États membres sauront reconnaître sa rentabilité.

Il passe ensuite aux programmes individuels, soulignant un certain nombre de points.

Il informe les délégués à la Conférence générale que le BIPM a mis fin à une grande partie des activités de la section des longueurs pour se concentrer sur les étalonnages et les comparaisons au moyen de systèmes à peigne à impulsions femtosecondes fixes et transportables. Le BIPM est actuellement le seul laboratoire de métrologie à posséder un système à peigne transportable, qui a déjà fait preuve de son utilité dans un certain nombre de comparaisons effectuées au BIPM et au NIST, Boulder. Le BIPM a été le laboratoire pilote de comparaisons clés et a contrôlé le laser de référence asservi sur l'iode qui a été le laser de référence international dans ce domaine pendant une vingtaine d'années. Le CCL a demandé lors de sa dernière réunion que le BIPM mette au point un guide de bonne pratique pour les mesures réalisées à l'aide de peignes à impulsions femtosecondes. Ce guide serait fondé sur les discussions qui ont eu lieu lors de l'atelier très réussi sur les peignes, qui s'est tenu au BIPM en 2003. De plus, le BIPM exerce une petite activité commerciale, vendant des cuves à iode à prix coûtant aux laboratoires nationaux de métrologie et avec un faible bénéfice aux autres organisations. Ce travail a été approuvé et demandé par le CCL lors de sa dernière session. Cette demande est en conflit avec la décision prise lors de la session du CIPM de l'an passé, qui a recommandé la fermeture de la section en 2006. Le vaste domaine de l'interférométrie est maintenu comme compétence de base ; il est largement appliqué aux projets existants et nouveaux. Le BIPM envisage d'héberger la nouvelle comparaison internationale de gravimètres au BIPM en 2005.

En ce qui concerne le programme des masses, nous continuons à fournir et fabriquer des étalons de masse. Nous devons poursuivre nos recherches pour mieux comprendre le comportement et les limites de la stabilité de surface du platine iridié, dans le cadre d'un programme international commun au BIPM et à un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie. En ce qui concerne les projets communs et en réseau, le projet international sur la constante d'Avogadro est un domaine auquel le BIPM peut apporter une compétence unique. Le BIPM est aussi responsable, en vue de l'éventuelle redéfinition du kilogramme, de contrôler le Prototype international au moyen de la balance du watt. Il est aussi envisagé de prendre des licences commerciales pour certains travaux du BIPM sur la technologie des balances.

Le programme de la section du temps est centré sur les moyens d'améliorer l'exactitude du TAI, d'accélérer sa mise à la disposition des utilisateurs et d'améliorer la manière dont il est disséminé. Nous avons l'intention de terminer un programme d'étalonnage de récepteurs du GPS pour les comparaisons d'horloges et nous avons un besoin pressant de mettre au point de nouvelles méthodes de comparaison d'horloges qui puissent être utilisées pour les nouveaux étalons optiques de fréquence en cours de mise au point. Il est fondamental que nous travaillions tous en commun sur ce projet. C'est une époque stimulante dans les domaines des longueurs et des fréquences optiques : les résultats obtenus au moyen d'étalons de fréquence optique font concurrence aux performances les meilleures des étalons à césium. Un groupe de travail commun au Comité consultatif des longueurs (CCL) et au Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) a été établi pour examiner si, et quand, les étalons de fréquence optique peuvent être utilisés comme représentations secondaires de la seconde.

Dans le domaine de l'électricité, le programme de comparaisons et de validation des étalons nationaux se poursuivra, en général au moyen d'étalons transportables. Ces étalons sont fiables, ils fournissent la stabilité nécessaire et ont été mis au point au BIPM, la seule organisation à conserver des étalons de haut niveau que l'on peut déplacer dans le monde entier. Le service actuel d'étalonnage de cellules étalons sera fermé. Des étalons voyageurs et fixes seront conservés dans le domaine des résistances. Enfin, à la demande du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), le BIPM continuera à être le laboratoire pilote des comparaisons clés d'étalons de capacité.

La photométrie et la radiométrie ont une belle et glorieuse histoire au BIPM, mais M. Wallard confirme que cette section fermera à la fin de 2003. Les étalons et les équipements seront rangés ou mis à la disposition des laboratoires intéressés, selon les convenances, et les trois scientifiques de la section seront affectés à d'autres domaines d'activités du BIPM. Les deux Comités consultatifs concernés – le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) et le Comité consultatif de thermométrie (CCT) – devront bien sûr toujours être pris en charge par le BIPM.

Le BIPM continuera à améliorer ses étalons de référence dans le domaine des rayonnements ionisants, afin d'aider et d'étayer les activités liées à la santé humaine, au bien-être et à la société. Ces étalons sont utilisés dans les comparaisons et les étalonnages des étalons des laboratoires nationaux, en particulier pour le nombre toujours croissant de laboratoires nationaux qui ne possèdent pas leurs propres étalons primaires. La valeur de notre collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) n'est en rien surestimée : le BIPM étalonne les étalons de référence de l'AIEA, ce qui a des implications évidentes sur le contrôle global des matériaux radioactifs. Le Comité consultatif pour les rayonnements ionisants (CCRI) a demandé une nouvelle comparaison aux niveaux d'énergie utilisés pour la mammographie et un nouveau système de référence dans ce domaine. C'est un service extrêmement important, aussi établi dans un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM continuera aussi à étendre le Système international de référence pour les radionucléides.

La nouvelle section de chimie est appelée à représenter un part croissante des activités scientifiques du BIPM. Il est prévu d'effectuer 10 à 15 comparaisons de spectro-photomètres mesureurs d'ozone par an, en utilisant les équipements de référence mis au point en commun avec le NIST. Une comparaison clé de gaz réactifs sera entreprise, pour étayer la réglementation sur la qualité de l'air. Nous envisageons de lancer et de gérer un réseau international de matériaux organiques purs et nous avons pour cela besoin d'au moins deux chimistes qualifiés et expérimentés, membres de notre personnel ou mis à notre disposition pour un certain temps par d'autres laboratoires. Comme cela a été discuté par le CCQM et avec les laboratoires nationaux de métrologie, il y a un besoin d'équipements de référence pour les matériaux purs et le BIPM peut y répondre. Enfin, comme nous l'avons mentionné précédemment, nous avons besoin de gérer l'insfrastructure internationale des mesures dans les domaines de la médecine de laboratoire, des médicaments et peut-être aussi de l'alimentation – au moyen de liaisons avec l'industrie, avec les laboratoires nationaux de métrologie et avec les agences de réglementation et de législation.

Nous devrons adapter la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, la KCDB, la partie visible de l'Arrangement du CIPM, en abordant de nouveaux domaines de la métrologie. Nombreux sont ceux qui, comme nous, ont confiance dans la KCDB et sont enthousiastes pour en partager le contenu avec les agences de réglementation et autres. Il est important que cela conduise à un accès réciproque et ouvert au marché ; la KCDB est un produit neutre, qui peut être utilisé par les agences de réglementation et de législation dans les différents pays.

En ce qui concerne les activités annexes, M. Wallard commente que le Système Qualité du BIPM, conforme à la norme ISO/CEI 17025 concernant les services de mesure, sera étendu à d'autres activités comme le TAI, la KCDB et divers services administratifs. Il remarque que la section d'informatique du BIPM est extrêmement bien appréciée et reçoit toujours des remarques élogieuses dans les réponses aux questionnaires distribués aux délégués pendant les réunions. Ce service continuera à se développer. Il dit qu'il est important pour le BIPM de continuer à accroître ses efforts en direction de la communication avec l'extérieur et confirme que le BIPM envisage de revenir à un programme d'entretien des bâtiments représentant entre 5 % et 7 % du budget.

M. Wallard souligne ensuite l'importance des programmes de formation du personnel, y compris de formation technique, de formation au management et en langues. Faisant référence au projet de résolution J, il dit qu'il espère que le personnel du BIPM et celui des laboratoires nationaux de métrologie bénéficieront d'échanges dans le cadre de postes de chercheurs invités et que la réunion des directeurs approuvera des domaines spécifiques pour lesquels il serait possible d'organiser ces échanges.

Au cours des prochaines années, le BIPM recherchera de plus en plus d'opportunités pour collaborer étroitement avec les laboratoires nationaux de métrologie aux activités de plus en plus nombreuses des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail. Le BIPM doit gérer la réduction prévue de son personnel, tout en équilibrant les besoins entre les activités scientifiques et les activités de coordination et de liaison internationale. Le programme de travail des quatre prochaines années répond entièrement aux préoccupations liées aux changements et à la rentabilité.

M. Wallard souligne qu'une comparaison clé demande en moyenne une année et demi de travail d'une personne pour l'organiser du début à la fin, et coûte environ 150 000 euros. Si le BIPM est le laboratoire pilote, ce coût est partagé. Il rappelle aux délégués le rapport réalisé par la société KPMG, déjà mentionné par M. Kaarls : l'impact économique de l'Arrangement du CIPM est clair. Le BIPM ne peut pas organiser toutes les comparaisons clés dans le monde, mais les Comités consultatifs l'encouragent à en faire encore plus.

Enfin, il mentionne les activités nouvelles comme celles du JCTLM ; la participation du BIPM, organe de la Convention du Mètre, est vitale en termes d'efficacité et d'impact.

En tant que futur directeur, il remarque qu'il a travaillé pour la première fois au BIPM dans les années 1970 avec M. Chartier et qu'il n'a pas besoin qu'on lui démontre la valeur de cette institution pour en être convaincu. Le BIPM a énormément changé et il évolue de plus en plus vite, prenant en charge toute une variété de projets nouveaux malgré des ressources qui diminuent. Ces dernières années, le BIPM a réduit ses activités de laboratoire de 10 % pour augmenter celles de coordination. Il estime que cette dernière activité a doublé ou triplé ces dernières années et occupe maintenant environ 40 % du temps des responsables. Le BIPM a aussi fait des économies et a réalisé le programme de travail dont la Conférence générale l'a chargé sans aucune augmentation du budget. Il est convaincu qu'il existe peu de marge pour des réductions de coût d'une quelconque importance : il faudra davantage d'argent pour réaliser le programme de travail pour la période 2005-2008.

Il souligne que le Comité international a déjà pris des décisions difficiles pour vivre avec les moyens qui lui sont attribués et ne demandera pas davantage d'argent, sauf s'il ne peut faire autrement. En relation avec les restrictions budgétaires et les fermetures prévues, il dit qu'il a reçu des protestations du CCL, qui a fortement recommandé au CIPM de maintenir les activités dans le domaine de la technologie des peignes et des comparaisons internationales.

En conclusion, il commente qu'il a travaillé dans un laboratoire national de métrologie et au gouvernement. Il est bien conscient qu'un changement ou programme de restructuration réussi a un prix et il souligne que si la communauté internationale veut que le BIPM réussisse, elle doit en partager les coûts. Il a l'intention de prendre le meilleur du passé et de s'en servir pour répondre aux défis du futur ; il recommande le programme de travail proposé et le projet de résolution J à la Conférence générale.

M. Bordé remercie M. Wallard et demande aux délégués s'ils ont des questions.

M. Ono (Japon) complimente le BIPM pour son travail et M. Quinn, notant que, depuis sa création, le BIPM a beaucoup contribué à la science de la métrologie. Il sait bien toutefois que le rôle du BIPM change et il est préoccupé par le programme de travail proposé. Il suggère que le programme de travail en chimie est peut-être trop onéreux, trop lourd pour le BIPM, et qu'il arrive peut-être aussi trop tard. Il souligne que le BIPM doit choisir ses priorités avec soin dans ce domaine et demande au BIPM d'entreprendre plus d'activités de coordination en ce domaine.

M. Quinn le remercie de ses compliments sur les activités passées du BIPM et commente qu'il est important d'examiner le passé pour comprendre le présent. Le succès du BIPM dans tous ces domaines, y compris le rôle croissant de coordination, est fondé sur sa compétence technique. De toute évidence le BIPM ne peut pas s'accroître dans tous les domaines, mais il a besoin de maintenir un petit noyau de personnel lui permettant d'établir des liens avec les visiteurs. Il ne serait pas possible d'attirer du personnel de qualité pour travailler au BIPM sans activité de laboratoire.

M. Wallard dit qu'il prend très au sérieux l'avis de M. Ono, mais il rappelle à la Conférence que le programme de travail proposé en chimie est largement fondé sur les conseils du CCQM qui considère que, avec le niveau d'investissement proposé, le BIPM pourrait apporter une contribution significative à ce domaine. Il souligne que le niveau d'investissement est modeste dans l'absolu. De plus le BIPM fera partie d'un réseau, assurant la coordination avec dix à quinze autres laboratoires. Il promet de continuer à collecter des avis dans ce domaine, en particulier du CCQM.

M. McGuiness (Royaume-Uni) reprend les commentaires de M. Ono sur les réalisations du BIPM et sur le travail de M. Quinn et examine ensuite le rôle futur du BIPM. Il part du principe que la plupart des gens seront d'avis qu'il n'est pas réaliste d'avoir une position extrême – en se consacrant soit à des activités purement techniques soit à la coordination. Il soutient de tout cœur la poursuite du travail technique jusqu'à un certain point, disant qu'il est important d'être capable d'attirer les meilleurs collaborateurs au BIPM. Il apporte son soutien au programme proposé, qu'il considère être un compromis raisonnable entre les activités techniques et de coordination, mais il suggère qu'il faut introduire des règles pour établir les priorités et dit qu'il est favorable à un débat sur les critères sur lesquels un programme de travail futur devrait être fondé.

M. Shehata (Égypte) dit que le BIPM joue un rôle utile en aidant les pays en voie de développement à établir leurs infrastructures métrologiques. Bien que l'Égypte ne soit pas encore en mesure de bénéficier pleinement du programme de travail proposé en chimie, parce que son infrastructure n'est pas encore assez développée, elle est favorable aux nouvelles activités en chimie et d'accord pour aider à les financer. M. Shehata regrette toutefois la fermeture de la section de photométrie et radiométrie du BIPM, disant que cela occasionne une charge financière supplémentaire pour les laboratoires nationaux de métrologie tels que le

National Institute of Standards (NIS), qui devra payer pour établir la traçabilité par l'intermédiaire d'autres laboratoires nationaux de métrologie. Il demande à la Conférence générale de trouver une alternative.

M. Lusztyk (Canada) apporte son soutien appuyé au principe d'établir des critères et demande à la Conférence générale, à la lumière du nombre de laboratoires nationaux de métrologie qui développent des programmes en chimie, de coordonner et d'établir la collaboration internationale dans ces domaines. Si ce n'est pas le BIPM, d'autres organisations devront remplir ce vide. M. Lusztyk souligne que le BIPM bénéficie déjà d'une grande confiance et dit qu'il est certain que le BIPM pourra conduire la collaboration internationale dans ce domaine. Si la Conférence générale partage son avis, le programme de travail en chimie doit être examiné pour être raisonnable en termes de prix et de coordination.

M. Vaucher (Suisse) présente des arguments en faveur du maintien de la section des longueurs du BIPM, disant que très peu de laboratoires nationaux de métrologie possèdent actuellement des peignes de fréquence. Bien qu'il ne remette pas en question la nécessité pour le BIPM d'être actif dans de nouveaux domaines, il considère qu'il est prématuré de fermer la section des longueurs du BIPM au moment où l'on envisage une éventuelle nouvelle représentation secondaire de la seconde. M. Bordé ajoute son soutien au travail du BIPM sur les lasers asservis.

M. Quinn dit qu'il est tout à fait d'accord avec la suggestion d'établir des critères, mais des décisions difficiles ont dû être prises par le Comité international en octobre 2002 quand il est devenu clair que l'augmentation du budget susceptible d'être votée par cette Conférence générale ne serait pas suffisante pour maintenir toutes les activités proposées dans le programme de travail 2005-2008. Les décisions du Comité international étaient fondées sur l'offre de services uniques et le programme sur les lasers a évolué depuis l'apparition des peignes de fréquence. À long terme, le rôle le plus approprié du BIPM aurait été d'effectuer des comparaisons entre ses propres horloges optiques et des horloges optiques en fonctionnement sur d'autres sites, au moyen d'étalons à peigne fixes ou transportables. Ce projet est toutefois impossible à réaliser si l'on considère les restrictions budgétaires et, de manière réaliste, le travail doit être maintenant restreint aux comparaisons de peignes et aux étalonnages de lasers au moyen de peignes. Le Comité international a dû faire un choix et le choix global a été en faveur du programme de chimie. M. Quinn dit qu'il comprend complètement la déception de la communauté des longueurs, mais il affirme que le choix du Comité international a été fait de manière objective.

M. Semerjian (États-Unis) commente que tous ne sont pas convaincus que le BIPM ait trouvé un créneau approprié dans le domaine de la métrologie en chimie. Il demande de continuer à débattre du choix des domaines d'activités avant de discuter des investissements ultérieurs.

M. Kaarls répond, en qualité de président du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), qu'il présentera un rapport plus détaillé par la suite sur les activités du CCQM, mais il affirme que le CCQM et son Groupe de travail sur l'analyse organique ont longuement discuté, et à de nombreuses occasions, du type de travail que le BIPM devrait entreprendre. Le programme de travail proposé en chimie est le résultat de ces discussions ; il a le soutien unanime des laboratoires travaillant dans des domaines similaires. Il promet que ce programme sera étroitement harmonisé par le CCQM.

M. Carneiro exprime sa préoccupation quant au nombre de comparaisons clés demandées par les Comités consultatifs, disant qu'il aimerait avoir une analyse du nombre de comparaisons clés nécessaires et de leur fréquence, d'après les résultats obtenus à ce jour. Une telle analyse devrait permettre de les organiser plus efficacement et de réaliser des économies. Les statistiques

effectuées par l'EUROMET montrent que le nombre des comparaisons clés a tendance à se stabiliser et il dit qu'il espère que cette tendance se reflètera au niveau global.

M. Quinn dit qu'au départ un très grand nombre de comparaisons clés ont débuté, mais il commente que la situation évolue : les Comités consultatifs attendent maintenant en général d'avoir terminé les comparaisons en cours avant d'en débuter de nouvelles. En général, l'activité se stabilise, car la communauté se rend compte qu'il n'est pas nécessaire d'organiser une comparaison clé dans tous les domaines. La périodicité est aussi allongée.

M. Wallard ajoute que ce sujet a été discuté lors de la dernière session du CCL et de la réunion de son Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle. Lors de sa 11e session (en septembre 2003), le CCL a décidé de changer l'organisation des comparaisons clés, en particulier celles de calibres. Il est d'accord sur le fait que les comparaisons clés doivent être choisies avec soin, et pas seulement pour effectuer une comparaison : elles doivent être choisies comme moyen de valider les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires. Il note que certaines comparaisons clés se sont déjà avérées extrêmement efficaces pour identifier et diagnostiquer des problèmes passés inaperçus dans certains laboratoires et commente que le niveau d'équivalence est souvent moins élevé qu'on l'aurait pensé initialement.

M. Kovalevsky revient ensuite sur les commentaires de M. McGuiness, disant qu'en 2002 le Comité international a dû prendre sa décision très rapidement parce qu'il était fondamental de réduire les dépenses du BIPM en 2003. Le Comité a demandé et pris en compte l'avis du plus grand nombre d'interlocuteurs possible, mais il soutient la suggestion de M. McGuiness d'établir une série de critères et note que ceci devra être fait d'ici l'an prochain. Il ajoute que ces critères devront être modifiés au cours du temps, pour continuer à apporter le maximum de bénéfices aux États membres de la Convention du Mètre, et dit que le Comité international discutera de cette question lors de sa réunion le vendredi 17 octobre, juste après la clôture de la Conférence. Il suggère de créer un groupe de travail, formé des membres du Comité international et peut-être aussi de délégués à la Conférence générale, dont la mission serait d'établir ces critères.

M. Érard accueille aussi chaleureusement la suggestion de M. McGuiness, proposant que la liste des critères soit examinée lors de la prochaine réunion des directeurs. Il dit qu'il est fondamental que le BIPM ne reproduise pas les travaux effectués dans les autres laboratoires nationaux de métrologie et demande s'il est nécessaire que le BIPM construise un condensateur calculable.

M. Kumar (Inde) dit que, en tant que directeur du NPLI, il apprécie combien il est difficile de mettre fin à une activité et félicite MM. Quinn et Wallard au sujet du programme de travail proposé. Il pense que le BIPM doit maintenir son activité technique pour faire entendre sa voix, mais il souligne que les activités de coordination représentent actuellement environ 30 % du budget et augmenteront probablement. Il est donc important de discuter de la manière de contrôler cette augmentation et peut-être de trouver une aide extérieure pour ce travail de coordination.

M. Bement (États-Unis) dit qu'il ne remet pas en question la compétence du BIPM dans le domaine de la recherche, nécessaire pour accomplir de nombreuses activités techniques, mais il souligne qu'une grande partie du travail de coordination, par exemple la participation du personnel aux réunions des autres organisations internationales et la diffusion générale d'informations liées à la métrologie, pourrait aussi être effectuée par les laboratoires nationaux de métrologie. Il recommande d'examiner avec soin les ressources intellectuelles pour optimiser les activités de coordination.

M. Quinn est aussi de cet avis, ajoutant que des mises à disposition seraient très utiles dans un vaste domaine d'activités.

M. Lusztyk note que les Comités consultatifs du CIPM sont des groupes jouant un rôle de conseil très important pour les États membres et les laboratoires nationaux de métrologie et il demande aux laboratoires nationaux de métrologie d'assumer la responsabilité des avis donnés par leurs représentants aux Comités consultatifs. Il recommande que les systèmes de management des laboratoires nationaux de métrologie assurent que les représentants à ces comités reçoivent des instructions claires et il conseille vivement aux délégués de s'assurer qu'ils représentent le point de vue de leur laboratoire.

M. Bordé résume la discussion, disant que pour que le BIPM puisse continuer à vivre et fonctionner, même dans un rôle de coordination, il doit avoir une crédibilité scientifique dans les domaines de la physique et de la chimie et y maintenir une activité dans certains domaines très précis au plus haut niveau.

Ce point ne faisant pas l'objet d'autre discussion, M. Quinn donne ensuite lecture du projet de résolution J.

13 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle

M. Quinn dit qu'il y a maintenant presque 500 comparaisons clés enregistrées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Ceci représente une énorme quantité de travail, mais semble le seul moyen de démontrer un accord quantitatif entre tous les étalons nationaux. Les résultats jusqu'à présent ont montré en général un très bon accord entre les étalons de mesure des principaux pays industrialisés. Les comparaisons ont été effectuées de manière claire et transparente et trois ou quatre séries de résultats sont soumis chaque semaine.

Une grande quantité de travail a été consacrée à la mise en œuvre de l'annexe C, qui contient actuellement plus de 15 000 CMCs. M. Quinn rend hommage à tous les membres du personnel des laboratoires nationaux de métrologie qui ont contribué aux comparaisons clés et il remercie en particulier ceux qui ont participé aux examens régionaux.

Deux problèmes ont été constatés : *i*) une analyse statistique trop détaillée a parfois conduit à des retards injustifiés ; et *ii*) il y a parfois eu un manque de communication entre les régions qui ont entraîné des retards dans le traitement des CMCs. Il attire l'attention sur la récente décision du Comité international d'établir des groupes de travail afin de discuter des CMCs, mais il dit que dans l'ensemble le système fonctionne bien.

À plus long terme, les comparaisons clés devront être renouvelées et cela demande une vigilance permanente pour que les CMCs publiées dans l'annexe C restent à jour et qu'elles soient étayées par des comparaisons clés.

Le prochain défi est de faire la publicité de l'Arrangement du CIPM et de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés aux agences de réglementation, d'accréditation et aux milieux de l'industrie. Il demande aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de vendre ce produit car c'est un outil remarquable pour ceux qui veulent l'utiliser. Il mentionne brièvement

la suggestion de M. Schwitz de la recommander aux gouvernements ; il est proposé de modifier en ce sens le projet de résolution F.

Cette présentation ne faisant l'objet d'aucune question, M. Quinn donne ensuite lecture du projet de résolution F.

M. Ono suggère d'insérer une phrase supplémentaire après le point « notant » pour souligner la crédibilité du MRA étayée par les comparaisons clés et l'examen par les pairs des laboratoires nationaux de métrologie de manière transparente. M. Valdés attire l'attention sur la rédaction et sur le point 7.3 de l'Arrangement. M. Kovalevsky suggère d'utiliser à la place une phrase générale sur les Systèmes Qualité.

M. Bement remarque qu'il est particulièrement important de promouvoir l'Arrangement du CIPM auprès des organismes de réglementation, d'accréditation et de normalisation. Il suggère d'ajouter une autre phrase sous le point « invite » pour demander de concerter les efforts afin de rendre le MRA aussi inclusif que possible. M. Šafarik suggère de supprimer les mots « organismes législatifs », soulignant qu'ils sont déjà inclus dans la description « organismes de réglementation ».

M. Hengstberger demande de mettre en évidence la notion de réciprocité, suggérant d'ajouter le mot « mutuelle » après « acceptation » dans le texte.

M. Sacconi se demande si le terme laboratoires « nommés » pourrait être utilisé à la place de laboratoires « désignés ». M. Quinn dit qu'il comprend le problème mais souligne que le terme « laboratoires désignés » est défini dans le texte de l'Arrangement ; il hésite à utiliser un langage différent. M. Sacconi note que le terme de laboratoires « nommés » est aussi utilisé dans le MRA, en liaison avec la participation aux comparaisons clés, et il encourage à renforcer cette interprétation.

M. Issaev suggère que la Résolution devrait mentionner l'importance de l'Arrangement du CIPM pour le commerce et en particulier pour l'Organisation mondiale du commerce.

M. de Leer note qu'un projet de loi est en cours d'introduction aux Pays-Bas, qui mentionne explicitement l'Arrangement du CIPM. Mais, comme l'Arrangement est signé par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie il n'est peut-être pas suffisant pour les besoins légaux nationaux. Il suggère d'ajouter « notant que le MRA a le soutien total de tous nos gouvernements ». M. Quinn répond que cette proposition est similaire à celle faite par M. Schwitz, et il souligne que dans les « Points essentiels » et dans le « Préambule » à l'Arrangement du CIPM il est écrit que le directeur signe le MRA avec l'approbation des autorités officielles (gouvernementales et autres) de son propre pays.

M. Schwitz est ensuite invité à présenter sa proposition, mentionnée précédemment par M. Quinn. Il présente ses félicitations pour le MRA du CIPM, le qualifiant de plus important point de référence dans le domaine de la métrologie internationale depuis la signature de la Convention du Mètre en 1875. Il souligne qu'il permet le passage de la reconnaissance d'un système à la reconnaissance des étalons et des aptitudes des laboratoires. C'est un projet éminent, mondial et permanent, qui demande énormément d'efforts, de moyens et d'engagement à tous les niveaux. L'Arrangement du CIPM a déjà eu un impact important dans la communauté de la métrologie, en permettant la vérification des aptitudes des laboratoires, avec des bénéfices immédiats pour nos systèmes de mesure. Il souligne toutefois qu'il n'a reçu à ce jour qu'une modeste reconnaissance au niveau politique et législatif ; nous avons maintenant atteint le stade où il est important de le promouvoir.

M. Schwitz suggère qu'il serait utile de modifier le projet de résolution F en demandant au Comité international de préparer une déclaration officielle sur l'approbation du MRA et de l'infrastructure globale pour la reconnaissance mutuelle des CMCs, qui devrait être envoyée, au nom de la Conférence générale, pour signature aux gouvernements des États membres. Cela devrait les encourager à utiliser le MRA du CIPM et à s'y référer dans la législation nationale, quand cela est approprié, et dans les accords commerciaux bi- ou multilatéraux.

M. Quinn rappelle à la Conférence que le nom d' « Accord » de reconnaissance mutuelle avait été changé en « Arrangement » de reconnaissance mutuelle (MRA), parce que le Comité international avait été prévenu qu'il serait difficile de faire signer un « accord ». Il est bien sûr favorable à recommander l'Arrangement du CIPM à tous les gouvernements, mais il est moins sûr qu'il faudrait leur demander de signer quoi que ce soit. Il demande aux délégués à la Conférence générale et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de réfléchir à la meilleure manière de promouvoir le MRA auprès des utilisateurs.

M. Bennett et M. Schwitz pensent qu'il serait logique que la Conférence générale demande au Comité international de discuter de cette question et de présenter un rapport sur la manière d'encourager les gouvernements à utiliser l'Arrangement du CIPM, disant qu'il est important de conserver le dynamisme de l'Arrangement.

M. Bement pose une question générale sur la signification du mot « clé ». Il rappelle aux délégués que l'intention initiale de l'Arrangement était de démontrer la traçabilité au SI. On peut se demander si nous ne sommes pas allés bien au-delà, vers un système de plus grande envergure. Ce système a peut-être généré des effets plus importants que prévu à l'origine.

M. Göbel remarque que bien que M. Quinn ait demandé aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de promouvoir l'Arrangement du CIPM, la Conférence générale est un lieu approprié pour y préparer le monde politique.

M. Carneiro demande aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de coordonner leurs efforts pour promouvoir le MRA, suggérant que le Comité international pourrait y apporter son soutien. Il souligne qu'il est important de faire connaître clairement les avantages du MRA au monde extérieur et suggère que le CIPM produise des matériaux promotionnels à distribuer dans chaque pays.

M. Lusztyk considère qu'une Résolution de la Conférence générale aurait plus de poids politique qu'une Recommandation ou tout autre document du Comité international. M. Schwitz est d'accord mais dit qu'il est trop long d'attendre encore quatre ans.

Enfin, il est décidé qu'un petit groupe, composé de délégués du Japon, des Pays-Bas, de la République tchèque et de Suisse révisera le projet de texte et présentera une nouvelle version du projet de résolution F le jeudi 16 octobre au matin.

M. Schwitz remercie la Conférence générale pour les améliorations qui ont été apportées à la version révisée, en particulier à la version F2. M. Érard attire l'attention sur un problème de traduction à la 5e puce du « notant ». M. Quinn dit qu'il faudra revoir le texte et demande de faire toujours référence au MRA comme au MRA du CIPM, pour le distinguer des autres arrangements de reconnaissance mutuelle.

Pendant le vote le 17 octobre, le projet de résolution révisé F2 est adopté à l'unanimité comme Résolution 6 (*voir* page 165).

M. Quinn donne ensuite lecture du projet de résolution G. Après une brève discussion, il est décidé de changer le terme « gouvernements » dans le premier paragraphe à puce du « recommande » en « autorités appropriées ».

Quand le projet de résolution G2 est présenté le jeudi 16 octobre, il est signalé que l'équivalent français de « facilities » est « moyens » plutôt qu' « équipements » et que dans le texte anglais les termes « calibration results » devraient remplacer celui de « calibrations » à la dernière puce. Le texte révisé G3 est adopté à l'unanimité le vendredi 17 octobre comme Résolution 7 (*voir* page 166).

M. Quinn donne ensuite lecture du projet de résolution N.

Relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation

Projet de résolution N

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- le rôle pivot joué par les laboratoires nationaux de métrologie afin de promouvoir l'accréditation des services d'étalonnage et, dans certains pays, des laboratoires d'essais pour satisfaire les demandes croissantes d'étalonnages des étalons de mesure et des instruments assurant la traçabilité au Système international d'unités (SI), demandes auxquelles les laboratoires nationaux de métrologie n'ont plus les moyens de répondre directement,
- le caractère fondamental d'une coopération technique étroite entre le personnel des laboratoires nationaux de métrologie et celui des organismes nationaux d'accréditation,
- l'importance primordiale pour le client d'être assuré que la procédure d'accréditation des laboratoires d'étalonnage et d'essais est effectuée avec les compétences techniques requises,
- la tendance récente à une stricte séparation entre les activités des laboratoires nationaux de métrologie et celles des organismes nationaux d'accréditation, au nom de l'impartialité, de l'indépendance et de l'intégrité de ces derniers,
- le danger évident qu'une telle séparation pourrait avoir pour les compétences techniques des organismes nationaux d'accréditation, et par conséquent, pour l'accréditation des laboratoires d'étalonnage et d'essais,
- que la détermination et la mise en œuvre des politiques nationales concernant la métrologie et les systèmes d'accréditation nationaux sont en dernière instance de la responsabilité des Gouvernements nationaux,
- que dans certains pays le laboratoire national de métrologie est responsable de l'organisme national d'accréditation, et que dans d'autres ces deux organismes sont regroupés dans une seule institution,

soulignant l'importance d'une politique équitable et uniforme à l'égard des systèmes métrologiques et d'accréditation, petits ou grands, dans toutes les régions du monde,

reconnaissant l'importance de l'harmonisation mondiale de ces politiques,

accueille favorablement le protocole d'accord entre le Comité international des poids et mesures (CIPM) et l'International Laboratory Accreditation Conference (ILAC) conclu récemment,

demande à toutes les organisations chargées de l'accréditation de reconnaître que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires d'étalonnage accrédités assurent ensemble la traçabilité au SI et donc la fiabilité des mesures pour l'économie et la société toutes entières et travaillent ensemble étroitement,

recommande que

- les Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre s'assurent qu'une relation appropriée existe entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation,
- cette relation stimule la collaboration en matière de traçabilité des mesures et assure que des actions efficaces et complémentaires soient entreprises dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et de celui de l'ILAC.

M. Squirell (ILAC) dit qu'il est très favorable à une Résolution à ce sujet pour garantir les compétences techniques. Il est conscient que certains laboratoires nationaux de métrologie sont préoccupés d'une restructuration éventuelle à la lumière de la norme ISO/CEI 17001 (sur l'impartialité). Il rappelle aux délégués que cette norme est toujours à l'état de projet, car elle n'a pas encore fait l'objet d'un consensus. On fera circuler le projet final après la prochaine réunion de l'ISO CASCO, fin octobre 2004 ; il pousse donc tous les membres à faire des commentaires sur cet important document. Il rassure les délégués : l'ILAC n'appliquera pas la nouvelle norme avant janvier 2006 et dit qu'il y aura une période de mise en place. Le point clé est qu'il faut être impartial dans la procédure de prise de décision. Revenant au projet de résolution N, il note que certains pays ont plusieurs organismes d'accréditation et souligne qu'un laboratoire national de métrologie entièrement responsable d'un organisme d'accréditation national est peu susceptible de répondre aux nouvelles demandes. Il rappelle que l'ILAC ne pousse pas à séparer davantage les laboratoires nationaux de métrologie des organismes d'accréditation au niveau national et reconnaît l'importance de renforcer les liens entre les laboratoires nationaux de métrologie, mais en conformité avec les normes de l'ISO.

Il est décidé que la communauté de la métrologie doit préciser clairement qu'un étalonnage n'est pas considéré comme une évaluation de la conformité.

M. Göbel apporte tout son soutien au projet de résolution N et souligne que le projet de norme ISO/CEI 17001 interdit les contacts entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national. Cela va trop loin, dit-il !

M. Schwitz suggère que la Résolution indique comment interpréter les propositions de l'ISO et de la CEI. Il souligne que les laboratoires nationaux de métrologie sont responsables de leur système de mesure national, qui comprend aussi les activités des organismes d'accréditation. Il est bien évidemment important que métrologistes et accréditeurs collaborent étroitement.

M. Issaev (Féd. de Russie) rappelle à la Conférence que les documents de l'ISO n'ont pas force de loi. En Russie, on constate une forte résistance à la notion selon laquelle l'étalonnage fait partie de l'évaluation de la conformité. Il donne l'argument que le MRA du CIPM a plus de poids car il prescrit que les certificats d'étalonnage doivent être reconnus.

M. de Leer se demande si la discussion n'a pas été menée à l'initiative des organismes d'accréditation et souligne que le texte ne s'applique pas à la situation aux Pays-Bas et dans de nombreux autres pays, dans lesquels le laboratoire national de métrologie et l'organisme d'accréditation au niveau national sont totalement séparés. Il recommande aussi que la phrase « laboratoires d'étalonnage compétents » soit utilisée sous « demande » en accord avec la norme ISO/CEI 17025. En réponse au premier point, M. Göbel note que dans d'autres pays, comme l'Allemagne, il n'y a aucune séparation entre les deux, mais des mesures appropriées ont été prises pour éviter les conflits d'intérêt internes.

M. Inglis (Australie) signale que cette question peut créer de sérieux dommages aux infrastructures métrologiques. Il suppose que le BIPM a eu son mot à dire sur la norme ISO/CEI et pousse le Comité international à intervenir au nom des États membres avant la réunion de l'ISO CASCO qui doit se tenir à la fin du mois d'octobre 2003. M. Quinn répond qu'en fait le BIPM n'a pas été entièrement informé. Bien que le BIPM ait le statut d'organisme de liaison de catégorie A à l'ISO CASCO et qu'il reçoive tous les documents de l'ISO CASCO, il n'a pas eu de contact officiel avec ses groupes de travail. Ce sont les laboratoires nationaux de métrologie qui ont alerté le BIPM sur ce problème et M. Quinn a écrit au secrétaire général de l'ISO pour éclaircir la situation. En réponse, le BIPM a été invité à assister à la réunion de l'ISO CASCO fin octobre et M. Kaarls y représentera le BIPM. M. Quinn conclut qu'il n'est pas possible pour le BIPM de suivre toutes les activités de l'ISO et il est décidé que les laboratoires nationaux de métrologie doivent rester en contact étroit avec leur représentant à l'ISO CASCO.

La présentation du projet de résolution N2 suscite une discussion animée. M. Bement exprime le soutien du gouvernement des États-Unis à la Résolution, mais soumet une liste de cinq demandes de changement. En ce qui concerne la première puce du « considérant », il suggère que la phrase « auxquelles les laboratoires nationaux de métrologie n'ont plus les moyens de répondre directement » devrait être supprimée, parce qu'elle suppose une prise de décision commune qui n'a pas été établie ; ce n'est pas vrai pour tous les laboratoires nationaux de métrologie. Là où le texte fait référence aux organismes d'accréditation au niveau national il suggère qu'ils devraient être appelés « organismes d'accréditation reconnus au niveau national ». Il suggère de changer au quatrième paragraphe à puce « la tendance récente à une stricte séparation » en « la tendance récente à demander une stricte séparation », disant que c'est une question de politique plutôt qu'une tendance naturelle. Au sixième paragraphe à puce, il souligne qu'une fois que l'on a décidé que ces systèmes sont en dernière instance de la responsabilité des gouvernements nationaux, les phrases du « soulignant » et « reconnaissant » sont sans objet. Il suggère soit d'éliminer ces deux phrases, soit de changer le mot « politique » en « pratique » ; ce dernier terme rendra ainsi la Résolution cohérente avec les documents de l'ILAC. Enfin, au septième paragraphe à puce, il recommande de changer la phrase en « la relation entre le laboratoire national de métrologie et l'organisme d'accréditation au niveau national varie d'un pays à l'autre ; l'organisme d'accréditation reconnu au niveau national peut faire partie du laboratoire national de métrologie, il peut être sous la responsabilité du laboratoire national de métrologie, ou en être complètement séparé ».

M. Jacobescu (Roumanie) soutient les suggestions de M. Bement et demande d'insérer un autre commentaire disant que la Conférence générale ne considère pas l'étalonnage comme une activité d'évaluation de la conformité.

M. Schwitz et M. de Leer expriment aussi leur soutien aux suggestions de M. Bement. M. de Leer oriente ensuite la discussion sur la phrase « demande », soulignant qu'elle stipule ici que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires d'étalonnage accrédités « fournissent ensemble l'accès indispensable à la traçabilité au SI », alors qu'en fait la norme

ISO/CEI 17025 ne demande pas que les laboratoires d'étalonnage soient accrédités ; il est suffisant que le laboratoire d'étalonnage soit compétent. Il propose donc de changer le terme d' « étalonnage » en « compétent ».

M. Kaarls et M. Schwitz pensent que la Résolution doit conserver le terme « accrédité » sans exclure les autres laboratoires. M. Göbel souligne que l'usage des mots « accrédités et compétents » serait cohérent avec la norme ISO/CEI 17025. M. Inglis pose la question « Que signifie le terme 'compétent' » ?

M. Bennett fait ensuite trois commentaires. Concernant la discussion précédente, il suggère de modifier la phrase en « … fournissent ensemble **un** accès indispensable » afin de conserver la référence aux laboratoires d'accréditation tout en reconnaissant qu'il peut y en avoir d'autres. Il ajoute sa voix au soutien exprimé aux changements proposés par M. Bement. Enfin, après le « soulignant » il suggère d'utiliser le mot « harmonisé » plutôt qu' « uniforme ».

Il est décidé de réviser le projet de texte à la lumière de ces discussions ; le projet de résolution N3 est adopté à l'unanimité comme Résolution 11 (*voir* page 170).

14 Rapport sur l'admission d'Associés à la Conférence générale

M. Quinn donne lecture du projet de résolution D.

Il remarque que cette Résolution reflète un certain nombre de commentaires qui ont déjà été faits pendant la Conférence. Une des initiatives déjà prise a été d'adresser une lettre à 51 États qui ne sont encore ni membres ni Associés. Cette lettre a été envoyée en 2003 ; elle figure aussi sur le site Web du BIPM. Elle contient une compilation utile des avantages du statut de membre de la Convention du Mètre et d'Associé à la Conférence générale.

M. Quinn informe la Conférence qu'il a été contacté par un représentant de CARIMET au sujet de la possibilité que CARICOM devienne une entité associée à la Conférence générale. Le Comité international a discuté lors de sa 92e session en octobre 2003 de cette demande et le Comité est d'accord pour interpréter le terme « entité économique » de manière à englober la notion de coopération économique régionale officielle. M. Quinn propose de calculer pour CARICOM une cotisation globale pondérée, ce qui permettrait à une quinzaine de petits États de participer au MRA du CIPM, alors que cela leur serait impossible individuellement. Il demande à la Conférence générale d'approuver cette procédure.

M. Bement exprime son soutien total à cette proposition et accueille favorablement cet esprit global.

M. Tse note que Hong Kong (Chine) est devenu en 2000 le premier Associé à la Conférence générale. Mais l'augmentation significative de sa souscription en 2002 représente une lourde charge et Hong Kong (Chine) considère que le niveau d'origine était déjà trop élevé. M. Quinn explique comment les souscriptions sont calculées. La Conférence générale vote la dotation globale du BIPM pour la prochaine période de quatre ans. Cette somme est répartie entre les États membres à partir du barème des quotes-parts de l'organisation des Nations unies. La contribution minimale d'un État membre est d'environ 0,5 % de la dotation. Pour les Associés à la Conférence générale, le calcul est aussi basé sur le barème des Nations unies mais la souscription minimale est 0,05 % de la dotation. Comme il n'y a pas de quote-part fixée par les

Nations unies pour Hong Kong (Chine), le pourcentage de répartition applicable à Hong Kong (Chine) pour calculer sa souscription est calculé par référence au pourcentage de répartition de la Chine au prorata de leur produit national brut respectif. En cas de changement de la quote-part de la Chine établie par les Nations unies ou de modification des produits nationaux bruts respectifs de la Chine et de Hong Kong (Chine), sur lesquels le BIPM n'a aucun contrôle, il en résulte une modification de la souscription de Hong Kong (Chine).

M. Zahwi (Égypte) demande au BIPM de maintenir ses activités traditionnelles comme la photométrie et la radiométrie ou les longueurs, ou de subventionner des services de remplacement si les services d'étalonnage du BIPM sont supprimés. Il signale qu'autrement le statut de membre ou d'Associé ne procurera aucun avantage aux pays en voie de développement.

M. Quinn assure à M. Zahwi que le CIPM est bien conscient que ces activités bénéficient aux États les plus petits et aux pays en voie de développement, mais il répète qu'il n'y a pas d'autre alternative que de cesser ces services pour équilibrer le budget du BIPM. Il ajoute qu'il a essayé de négocier des tarifs spéciaux avec certains laboratoires nationaux de métrologie, sans succès. Il rappelle aux délégués que le BIPM offrira bientôt de nouveaux services d'étalonnage en chimie et les pays en voie de développement, ou développés, bénéficieront de manière substantielle de cette activité.

15 Rapports des présidents des Comités consultatifs

15.1 Comité consultatif des longueurs

M. Myung Sai Chung, président du Comité consultatif des longueurs (CCL), présente le rapport suivant :

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCL.

La 10e session du CCL s'est tenue au BIPM les 19 et 20 septembre 2001. Les progrès récents dans la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et les activités des deux groupes de travail du CCL, sur la métrologie dimensionnelle et sur la mise en pratique, ont été présentés.

Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle (WGDM) s'est réuni tous les ans depuis 1996 :

Réunion du WGDM	Date	Lieu	Liste des documents	Ordre du jour	Liste des participants	Rapport du président	Rapport
1re	21-10-1996	TUD (Danemark)	[/96-22b]	[/96-10a]	[/96-10b]	[/96-10e]	[/96-22b]
2e	15-09-1997	BIPM (Sèvres)	[/97-18a]	[/97-18]	[/97-19]	[/97-20]	[/97-30]
3e	19-07-1998	SPIE (San Diego)	[/98-10]	[/98-11]	[/98-12]	[/98-13]	[/98-43]
4e	21/22-09-1999	BIPM (Sèvres)	[/99-20]	[/99-21]	[/99-22]	[/99-23]	[/99-60]
5e	19/20-09-2000	BIPM (Sèvres)	[/00-20]	[/00-21]	[/00-22]	[/00-23]	[/00-54]
6e	17/18-09-2001	BIPM (Sèvres)	[/01-20]	[/01-21]	[/01-22]	[/01-23]	[/01-50]
7e	17/18-09-2002	BIPM (Sèvres)	[/02-]	[/02-21]	[/02-]	[/02-23]	[/01-55]

Les codes figurant dans ce tableau se réfèrent aux documents du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle, c'est-à-dire à la liste des documents soumis à la réunion, au rapport du président et au rapport de la réunion publié *a posteriori*. Les rapports d'activité des représentants des groupes de travail régionaux, les rapports des présidents de chaque groupe de discussion et les rapports des laboratoires pilotes des comparaisons clés du CCL sont présentés lors de chaque réunion. Tous ces rapports sont répertoriés dans la liste des documents de chaque session ; ceux qui sont disponibles en format électronique sont archivés sur le site Web du BIPM et accessibles à partir du lien proposé dans la page des documents du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle.

En 1997, le CCL a approuvé six comparaisons clés dans le domaine de la métrologie dimensionnelle :

N°	Type	Laboratoire pilote	Date de début	Durée/ années
CCL-K1	Cales étalons	METAS (Suisse)	03-1998	1,5
CCL-K2	Règles	NPL (Royaume-Uni)	10-1999	1,5
CCL-K3	Étalons d'angle	CSIR (Afrique du Sud)	07-1998	1,5
CCL-K4	Étalons de diamètre	NIST (États-Unis)	09-1998	2
CCL-K5	Artefacts unidimensionnels pour CMM	PTB (Allemagne)	03-1998	2
CCL-K6	Artefacts bi-dimensionnels pour CMM	CENAM (Mexique)	01-2000	2

Chaque laboratoire pilote, parfois en collaboration avec un ou deux experts d'autres laboratoires nationaux de métrologie, prépare un protocole technique qui est approuvé par les participants et par le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle ; les protocoles peuvent être consultés sur le site Web du BIPM. Sauf pour la comparaison clé CCL-K1, la date de début et/ou la durée des comparaisons ont été retardées ou prolongées. Il est en général très difficile de respecter les délais prévus, car certains participants ont des problèmes d'équipements pendant leurs mesures, et parfois il y a des retards très importants pendant le transport, notamment pendant les procédures douanières. Voici l'état d'avancement des comparaisons clés :

	CCL-K1	CCL-K2	CCL-K3	CCL-K4	CCL-K5	CCL-K6
Date de début prévisionnelle	09-1997	10-1997	01-1999	01-1999	01-1998	04-2000
Début de la circulation des étalons	03-1998	09-1999	07-2002	11-2000	04-1999	12-2002
Fin de la circulation	09-1999	08-2001	-2003	12-2002	11-2001	12-2002
Projet A de rapport	09-1999	09-2001	-2003	-2003	04-2003	09-2003
Projet B de rapport	01-2001	02-2003	-2003	-2003	06-2003	-2003
Publication dans l'annexe B	08-2001	09-2003	-2004	-2004	11-2003	-2004

Les dates en grisé sont des estimations. On peut voir que la première série de comparaisons est presque terminée. Les comparaisons clés CCL-K1 et -K2 sont terminées. L'annexe B donne des informations plus détaillées sur chaque comparaison ainsi que la liste des participants.

Des problèmes ont été constatés dans plusieurs comparaisons lors de la procédure d'entrée-sortie des artefacts de la Fédération de Russie, les procédures douanières n'étant pas claires. Lors de la 6e réunion du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle, les délégués de l'Institut de métrologie D.I. Mendéléev (VNIIM, Féd. de Russie) ont proposé de faire circuler les étalons dans la région de la Cooperation in Metrology among the Central European Countries (COOMET) à la fin de toutes les comparaisons clés en cours, et que les mesures soient précédées d'une étude pilote, au cas où les étalons seraient bloqués indéfiniment ou endommagés. De plus le VNIIM et le Russian Research Institute for Metrological Service (VNIIMS, Féd. de Russie) collaboreront étroitement avec les laboratoires pilotes pour s'assurer que les documents douaniers sont correctement remplis à l'entrée et à la sortie du territoire. Le VNIIM et le VNIIMS envisagent d'informer les autorités douanières afin que cette situation s'améliore et qu'il ne soit plus nécessaire de prendre des précautions spéciales pour les comparaisons futures.

Plusieurs décisions ont été prises lors de la dernière session du CCL concernant la comparaison clé en cours BIPM.L-K10 de lasers à He-Ne asservis sur l'iode à 633 nm :

- Le CCL approuve les résultats de la comparaison clé BIPM.L-K10.
- La valeur de référence de la comparaison clé est la valeur du laser BIPM4.
- Le CCL approuve le degré d'équivalence de chaque laboratoire par rapport à la valeur de référence, mais pas les degrés d'équivalences entre deux laboratoires.

Aucune nouvelle comparaison clé n'a été proposée au CCL pour approbation.

Le CCL, lors de sa 10e session, a approuvé les recommandations suivantes du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle :

1) Formalités douanières pour les artefacts des comparaisons clés du CCL : le CCL recommande que chaque membre du CCL, répondant à l'invitation de participer à une comparaison clé, fournisse toutes les informations relatives aux formalités nécessaires au passage en douane au président du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et aux laboratoires pilotes, ainsi que les coordonnées détaillées de la personne à contacter dans chaque laboratoire national de métrologie au sujet des formalités douanières.

2) Étude NANO4 (pas de réseau), approbation à titre provisoire pour l'annexe B : compte tenu que le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle a examiné et approuvé les résultats préliminaires de l'étude NANO4 sur les pas de réseaux, le CCL recommande que, lorsque le rapport final sera prêt, les résultats de l'étude NANO4 soient approuvés officiellement et publiés à titre provisoire dans l'annexe B de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, à condition que tous les participants soient d'accord.

Pour relier numériquement les résultats des comparaisons du CIPM et des comparaisons régionales, le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle doit déterminer la différence des résultats de chaque participant commun aux deux comparaisons. Le problème est que nous pensons que ces différences n'ont pas de signification scientifique. Nous sommes d'accord que les résultats récents montrent que certains laboratoires se sont comportés d'une manière similaire et ont mesuré des valeurs cohérentes plus longues ou plus courtes dans les deux comparaisons. Ces constatations peuvent être prises en compte par le comité d'experts lors de l'examen des deux comparaisons. Il est quelquefois possible d'identifier les raisons de tels écarts. Par exemple, un écart de longueur indique souvent une erreur dans les mesures de température. Il serait normal de rectifier immédiatement cette erreur. L'intégrer dans les comparaisons futures en tant qu'écart par rapport à la valeur de référence ajouterait une incertitude inutile (*voir*

l'annexe C sur les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés pour toute discussion ultérieure sur ce point).

Le Supplément technique du MRA mentionne la vérification des principales techniques et méthodes utilisées pour réaliser l'unité de longueur du SI, comme les différents lasers asservis sur l'iode, dont les écarts peuvent être dus à la conception de la cavité laser ou à la méthode spécifique employée. Dans ce cas, les différences par rapport à la valeur de référence de la comparaison clé sont durables et peuvent être mesurées et prises en compte. Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle a identifié des techniques clés qui sont bien trop éloignées de la réalisation de l'unité du SI pour être influencées de manière significative par elle. Peut-être des comparaisons supplémentaires seraient-elles mieux adaptées dans ce domaine, la notion de valeur de référence de la comparaison clé étant bien sûr inappropriée dans ce cas. Cette question a été discutée lors de la réunion du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et lors de la 11e session du CCL.

Bien que la classification des services pour l'annexe C ne relève pas de la compétence directe du CCL, il n'en reste pas moins que les membres du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle sont membres de comités régionaux dans le domaine des longueurs ; les réunions du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle sont une opportunité commode pour en discuter. Les réunions de ces trois dernières années ont duré deux jours, le premier jour étant consacré aux questions relatives à l'annexe C. Une des grandes difficultés au début était la nécessité d'exprimer à l'aide d'une même terminologie les services de mesures et d'étalonnages de tous les pays, de manière à pouvoir comparer les services similaires offerts par différents pays. De même que le VIM, un document d'harmonisation était nécessaire pour cataloguer les différents types de mesures dimensionnelles offerts en tant que services – une sorte de VIM pour la métrologie dimensionnelle – connu sous le nom de DimVIM. Le DimVIM organise les services dimensionnels en classes principales (comme les étalons à bouts, les règles, les étalons d'angles) et en sous-classes, puis en types spécifiques d'instruments ou de jauges, et il nomme les mesurandes qui se rapportent à chacun. La liste a été discutée et peaufinée par le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle afin d'élaborer un vocabulaire, admis par tous, de termes anglais servant à décrire les services offerts par un pays. Un autre défi consistait à harmoniser les entrées de chaque service dans le fichier Excel de format pré-établi, pour l'annexe C. Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle a rédigé un guide avec des instructions détaillées, que chaque pays doit utiliser pour établir sa liste de CMCs. Des consignes brèves et un exemple complètent les documents du DimVIM. Un collègue du Centro Español de Metrología (CEM, Espagne) a entrepris de traduire le DimVIM en espagnol, pour aider les pays du Sistema Interamericano de Metrología (SIM) à préparer les documents en anglais, car les déclarations doivent être faites uniquement en anglais. Ces efforts ont pour résultat un degré d'harmonisation très élevé des CMCs soumises dans le domaine des longueurs par tous les pays de toutes les régions, ce qui accélère beaucoup la procédure d'examen au niveau régional et inter-régional.

Le DimVIM, qui est consultable sur le site Web du BIPM, ne cesse d'évoluer et s'est révélé être un document de base utile pour les organisations qui ne sont pas membres du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et qui souhaitent établir leur propre liste de services. D'autres groupes de travail des Comités consultatifs ont suivi notre démarche et ont établi leur propre vocabulaire, trouvant cette approche très efficace pour l'examen des CMCs.

Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle continue à s'intéresser à la nanotechnologie et aux programmes que les laboratoires nationaux de métrologie ont démarré

récemment dans ce domaine. Une des questions futures pour le groupe de travail, et pour le CCL, est d'examiner les besoins pour des activités dans le domaine de la nanométrologie au niveau international.

Depuis la session du CCL de 1997 le Groupe de travail sur la mise en pratique s'est réuni trois fois : lors de la CPEM 98 à Washington (États-Unis) et au BIPM, en décembre 2000 et le 18 septembre 2001, juste avant la session du CCL. La réunion de décembre 2000 était particulièrement importante, car elle avait principalement pour but d'initier la procédure d'examen des implications de la nouvelle technologie émergente des peignes, qui a un impact majeur sur les mesures absolues de fréquence des étalons optiques de fréquence. Cette technologie semble maintenant capable de relier les mesures dans les domaines micro-onde et optique avec une exactitude élevée, et de manière plus efficace qu'avec les chaînes de fréquence utilisées ces dernières années. Elle a des implications majeures dans trois domaines :

1) Elle facilite les mesures des étalons de fréquence et de longueur d'onde dans le domaine optique et dans le proche infrarouge.

2) Il devient sérieusement possible que les étalons de fréquence optique de hautes performances servent de référence pour les signaux de fréquence micro-ondes, la liaison étant assurée par la technologie des peignes à couverture large. Les implications pour la suite sont l'utilisation potentielle d'étalons optiques comme représentations secondaires de la définition de la seconde du SI.

3) La méthodologie utilisée pour les comparaisons internationales d'étalons de lasers et de fréquences optiques pouvant évoluer, la mise au point de petits systèmes expérimentaux à peigne à impulsions femtosecondes pour mesurer des lasers asservis et des références de fréquences optiques à atomes refroidis et à ions conduit à penser que le BIPM devrait adapter son système à peigne pour le rendre transportable. Un tel système pourrait être utilisé pour mesurer des références optiques dans divers laboratoires de métrologie, et/ou le comparer directement avec le système à impulsions femtosecondes du laboratoire en question. Cette approche permettrait d'obtenir de meilleurs résultats qu'avec les comparaisons de lasers asservis effectuées dans le cadre de la comparaison clé de laser, mais elle ne permet pas de faire des comparaisons avec des lasers classiques hétérodynes.

Après la réunion du Groupe de travail sur la mise en pratique en 2000, le groupe s'est réuni juste avant la 10e session du CCL en 2001, afin de préparer des propositions à soumettre au CCL pour prendre en compte les nouvelles mesures des radiations recommandées actuelles ou potentielles effectuées avec la technologie des peignes. À la suite de cette réunion, six propositions ont été faites au CCL. Elles sont résumées aux quatre points suivants :

- Il est suggéré de changer le nom du groupe sur la « mise en pratique », pour tenir compte des applications dans les domaines de la spectroscopie, des télécommunications et du temps, en plus de celles liées à la métrologie dimensionnelle.
- Les recherches dans le domaine de la technologie des peignes à impulsions femtosecondes doivent être encouragées afin de bien comprendre et d'étendre cette technique au niveau d'exactitude le plus élevé et pour des applications simples.
- Il est proposé d'ajouter à la liste des radiations recommandées de nouvelles valeurs de radiations d'atomes refroidis et d'ions dont la fréquence est mesurée avec une exactitude élevée, de mettre à jour les valeurs actuelles des radiations d'atomes refroidis et d'ions ou de cuves à gaz, et d'ajouter de nouvelles radiations de cuves à gaz pour le domaine des télécommunications optiques.

- Le transfert de certaines radiations asservies sur l'iode sur la liste secondaire est aussi proposé, lorsqu'une amélioration future des valeurs mesurées est peu probable.

Le CCL a approuvé ces propositions. De plus, la création d'un futur groupe de travail commun au CCL et au Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) a été examinée ; il serait chargé d'étudier la relation entre certaines radiations recommandées dans la « Mise en pratique de la définition du mètre » et leur utilisation potentielle comme représentations secondaires de la seconde. M. Quinn a posé cette question aux délégués du CCTF et du CCL, pour connaître leur point de vue avant la session du CIPM. Ce groupe s'est réuni juste avant la 11e session du CCL.

En ce qui concerne les activités futures du BIPM, le CCL soutient les expériences sur la nouvelle technique des peignes à impulsions femtosecondes dans le but d'utiliser ces nouveaux étalons de fréquence pour les comparaisons internationales. Des comparaisons futures fondées sur ces étalons devront être organisées pour succéder aux comparaisons classiques de lasers à He-Ne à 633 nm. L'organisation d'une comparaison de lasers à Nd:YAG à 532 nm sera aussi examinée par le BIPM.

Les deux groupes de travail auront de nouveaux membres : l'Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME, Turquie) participera au Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle ; le Český Metrologický Institut (CMI, Rép. tchèque), l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti (IMGC, Italie), le Centre for Metrology and Accreditation (MIKES, Finlande), le NMi (Pays-Bas) et l'UME participeront au Groupe de travail sur la mise en pratique.

La 11e session du CCL a eu lieu en septembre 2003 au BIPM. »

Il donne ensuite lecture du projet de résolution H.

M. Bordé remercie M. Chung et demande s'il y a des commentaires.

En réponse à une question de M. Lusztyk, M. Chung dit qu'il a été décidé de renouveler les comparaisons clés du CCL tous les sept ans.

M. Sacconi (Italie) exprime ses regrets en ce qui concerne la fermeture prévue de la section des longueurs du BIPM. Il mentionne que les travaux sur les peignes de fréquence à impulsions femtosecondes sont d'actualité et attire l'attention sur le fait que dix laboratoires seulement seront capables d'offrir de tels services. Il demande de maintenir des activités dans des domaines choisis, s'appuyant sur la Recommandation 1 de la 11e session du CCL (2003) qui demande au Comité international de réexaminer le projet de fermeture, en recommandant de prendre au sérieux le point de vue du CCL, qui regroupe les experts du domaine.

M. Bement exprime le soutien des États-Unis au projet de résolution H et aux activités du CCL. Il propose d'ajouter les mots « et micro-ondes » au « recommande ».

M. Bordé commente que les diverses fréquences optiques et micro-ondes n'offrent pas toutes le même niveau d'exactitude pour la mise en pratique de la définition du mètre ; il exprime des réserves sur le fait de les mettre au même niveau. M. Quinn ne partage pas son inquiétude, notant que la seconde est définie au moyen de l'atome de césium, alors que la fréquence choisie pour une réalisation particulière du mètre dépend des applications. La « Mise en pratique » inclut délibérément une variété de méthodes différentes adaptées à différents domaines.

M. Bordé accepte cet argument, mais dit que, pour rester à la pointe dans le domaine du temps, il faut choisir les fréquences réalisées avec les meilleures exactitudes afin d'obtenir les meilleures horloges. Il attire l'attention sur l'étalon au calcium mis au point par le NIST qui l'exploite à la

fois comme horloge et pour la mise en pratique du mètre. Il pense comme M. Quinn que le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF qui vient d'être établi a beaucoup à faire !

M. Göbel commente qu'il préfère le terme « étalon de fréquence optique » à celui d' « horloge ». Le projet de résolution ne fait l'objet d'aucun autre commentaire.

Un changement mineur est apporté au texte français de la première puce lors de la présentation du projet de résolution H2 le jeudi 16 octobre. Le texte révisé est dûment adopté le vendredi 17 octobre comme Résolution 8 (*voir* page 167)

15.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées

M. Tanaka, président du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), présente le rapport suivant :

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCM.

Le CCM a tenu sa 8e session en mai 2002. Ses activités principales comprennent l'aide à la coopération technique entre les laboratoires nationaux de métrologie membres, en vue de l'amélioration des étalons de mesure dans le monde et la mise en œuvre des comparaisons clés dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM dans les domaines des masses et des grandeurs apparentées. Actuellement, dix groupes de travail sont engagés dans ces activités, en fonction de leur expertise technique. Ils organisent, par exemple, des réunions à leur convenance et invitent des spécialistes à en devenir membres ou observateurs. Ce sont les groupes de travail sur les étalons de masse, la masse volumique, la force, les hautes pressions, les moyennes pressions et les basses pressions, la constante d'Avogadro, la dureté, les mesures de débit de fluide et la gravimétrie. Le CCM a organisé deux réunions des présidents des groupes de travail, en octobre 2000 et en juin 2003, pour renforcer les liens entre les activités des groupes de travail, en particulier pour les comparaisons clés. Les délégués des principales organisations régionales de métrologie invités aux réunions du CCM l'aident à résoudre les problèmes techniques communs aux différentes régions. Le secrétariat, le président et le secrétaire exécutif du CCM coordonnent ces activités au nom des membres du CCM, en aidant les présidents des groupes de travail d'un point de vue administratif et en effectuant la liaison avec le BIPM et le CIPM.

Les améliorations récentes apportées au mode opératoire du CCM depuis la précédente Conférence générale concernent :

- l'établissement du Groupe de travail sur la dureté (établi en 2000 par le CIPM à la place de l'ancien groupe de travail *ad hoc*) et du Groupe de travail sur la gravimétrie (établi en 2002 par le CIPM) ;
- les réunions des présidents des groupes de travail : une première réunion s'est tenue en octobre 2000 au NPL (Royaume-Uni) et une deuxième en juin 2003 à Cavtat (Croatie) ;
- l'établissement d'un comité de coordination au sein du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro par le CIPM en 2002 ;
- des changements de personnes : président du CCM, présidents des Groupes de travail sur les étalons de masse, la masse volumique, les hautes pressions, les moyennes pressions et les basses pressions.

Étalons de masse

Le Groupe de travail sur les étalons de masse s'est réuni en 2001 à Istanbul et en 2002 au BIPM.

Une des questions scientifiques relatives au comportement des kilogrammes prototypes est de déterminer si les changements de masse après nettoyage sont prévisibles. L'étalonnage au BIPM de prototypes en platine iridié appartenant aux laboratoires nationaux de métrologie après la troisième vérification périodique a permis d'effectuer une étude systématique des changements de masse. Cette étude, effectuée sur quatorze prototypes à des dates différentes après la troisième vérification, a mené à la conclusion que les changements de masse après nettoyage ne sont pas identiques pour tous les étalons et que l'augmentation de masse à court et à long terme après nettoyage n'est pas universelle. Il semble évident que le BIPM doit conserver un nombre suffisant d'étalons en platine iridié pour maintenir la stabilité de l'unité de masse entre les vérifications périodiques (ou jusqu'à ce qu'il existe une alternative satisfaisante à la définition actuelle du kilogramme).

Les études suivantes ont été effectuées par les laboratoires nationaux de métrologie, par le BIPM, et en collaboration entre différentes organisations :

- contamination superficielle et stabilité des étalons de masse (artefacts) : contrôle des changements moléculaires superficiels et de masse, au moyen de techniques moléculaires aussi sensibles que l'ellipsométrie, la spectrométrie de masse par désorption thermique, la spectroscopie photoélectronique aux rayons x, et la spectroscopie de masse d'ions secondaires par mesure de temps de vol, avec contrôle de la manipulation de surface au moyen de divers procédés de nettoyage ;
- techniques d'évaluation de l'état de rugosité de la surface des étalons de masse (artefacts), par diffusion de lumière et au moyen d'un profilomètre mécanique ;
- propriétés magnétiques des étalons de masse (artefacts) et interactions avec les balances, et comparaison spéciale des diverses techniques d'évaluation des propriétés magnétiques ;
- effets de la température et de la convection sur l'environnement d'étalonnage des masses, avec distribution initiale de la température et différence de masse volumique des artefacts ;
- détermination volumique des étalons de masse (artefacts) pour la correction de la poussée de l'air.

Le groupe de travail a entrepris cinq comparaisons clés du CIPM, dont l'état d'avancement est le suivant :

- Les comparaisons CCM.M-K1 (1 kg), CCM.M-K2 (multiples et sous-multiples) et CCM.M-K3 (50 kg) sont terminées, les projets B de rapport ont été approuvés et les rapports finaux devraient l'être prochainement.
- Le travail préparatoire de la comparaison CCM.M-K4 (1 kg) est en cours. Les vérifications de la stabilité des étalons voyageurs se sont achevées en 2002. Les étalons voyageurs devraient circuler en 2003.
- Les mesures de la comparaison CCM.M-K5 (multiples et sous-multiples) sont terminées.

Le groupe de travail confirme le programme futur de comparaisons clés du CIPM et leur périodicité. L'état d'avancement des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie a été présenté par leurs délégués et discuté par le groupe de travail.

Masse volumique

Le Groupe de travail sur la masse volumique s'est réuni en 2002 au BIPM. Les laboratoires nationaux de métrologie ont présenté leurs travaux de recherche.

La table recommandée sur la masse volumique de l'eau de mer de référence (Standard Mean Ocean Water, SMOW) est dérivée de quatre résultats expérimentaux de laboratoires nationaux de métrologie publiés au cours de la dernière décennie. L'analyse des résultats a été réalisée par le Groupe de travail sur la table de la masse volumique de l'eau ; elle a été approuvée par le Groupe de travail sur la masse volumique et par le CIPM et publiée dans *Metrologia* en 2001 (**38**(4), 301-309). La table donne les corrections pour la pression, la teneur isotopique et la dissociation de l'air avec une incertitude d'environ $0{,}8 \times 10^{-6}$ en valeur relative pour le domaine de température couvert. La table sera largement utilisée pour les mesures de volume, pour les sciences des matériaux et la métrologie de précision, par exemple pour déterminer le volume des étalons de masse (artefacts) et pour la métrologie des rayonnements ionisants.

Les activités de recherche du BIPM et de la PTB (Allemagne), sur la masse volumique précise de l'air ont donné une incertitude relative plus faible, de 7×10^{-6}, en utilisant la méthode des artefacts plutôt que par celle déterminant les corrections liées aux conditions d'environnement selon la formule recommandée par le CIPM, avec un écart relatif de l'ordre de 1×10^{-4} entre les deux. Cet écart peut être en partie attribué à la différence entre les deux valeurs attribuées à la concentration d'argon dans l'air, c'est-à-dire $9{,}17 \times 10^{-4}$ et $9{,}34 \times 10^{-4}$.

Des progrès considérables dans les mesures absolue et relative de la masse volumique du mercure à 20 °C ont été présentés par la PTB, avec une incertitude courante de 3×10^{-6} en valeur relative pour les valeurs absolues. Ceci aura de nombreuses applications en manométrie de précision et pour la détermination des constantes fondamentales. Pour les mesures de masse volumique, la technologie employée utilise des corps en tantale pour les pesées hydrostatiques dans le mercure. La PTB a annoncé un programme d'aide éventuel aux autres laboratoires nationaux de métrologie.

Les autres activités de recherche présentées par les laboratoires nationaux de métrologie concernent la technologie des capteurs pour la masse volumique de l'air et la mesure de la masse volumique de l'air humide, et des recherches sur l'indice de réfraction de l'air.

Le groupe de travail a aussi mis en œuvre une comparaison clé du CIPM sur la masse volumique du silicium (CCM.D-K1) ; les étalonnages sont terminés et le projet A de rapport sera bientôt disponible. L'artefact en cristal de silicium est celui qui convient le mieux pour servir d'étalon primaire de masse volumique. Actuellement neuf laboratoires nationaux de métrologie possèdent un étalon national de masse volumique sphérique en silicium, mais quatre d'entre eux seulement sont capables d'effectuer des mesures absolues. Il a donc été décidé d'utiliser comme étalon de transfert pour la comparaison une sphère parfaite constituée d'un monocristal de silicium et ayant une masse proche de 1 kg et de comparer les techniques de pesée hydrostatique employées par les différents participants.

Le groupe de travail a préparé un programme futur de comparaisons clés du CIPM, sur la masse volumique de liquides (CCM.D-K2), d'étalons de masse (CCM.D-K3) et d'hydromètres (CCM.D-K4).

Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie ont été présentées et discutées, ainsi que leur liaison aux comparaisons clés du CIPM ; elles ont été approuvées pour l'équivalence provisoire.

Force

Le Groupe de travail sur la force s'est réuni en 2001 au NIST (États-Unis). Les domaines de recherche actuels du groupe sont l'amélioration de la stabilité des capteurs de force, les étalons de mesure de couple, la métrologie dynamique des forces etc. ; ils sont réalisés par des laboratoires nationaux de métrologie seuls, ou en collaboration avec d'autres.

L'état d'avancement des comparaisons clés du CIPM mises en œuvre par le groupe de travail est le suivant : chaque comparaison clé consiste en un étalonnage d'une série de capteurs de force que l'on fait circuler avec des dispositifs électriques de lecture et de contrôle de l'humidité et de la température.

L'instabilité de l'étalon de transfert impose un programme de circulation en étoile, dans lequel le laboratoire pilote l'étalonne après que chaque participant ait réalisé les mesures.

- Les participants ont terminé les différentes étapes des étalonnages de la comparaison CCM.F-K1.a (à 5 kN et 10 kN) et CCM.F-K1.b (à 5 kN) ; les projets A de rapport ont été envoyés. Les discussions durant la réunion ont montré que les problèmes principaux rencontrés lors de ces comparaisons sont notamment la stabilité des étalons de transfert de force et l'évaluation des résultats pour le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés. Les projets B seront envoyés en octobre 2003. Les caractéristiques du capteur telles que sa dépendance en fonction de la température, les valeurs de ses diverses composantes d'incertitude et sa dérive à court terme, doivent être fournies aux participants pour l'analyse, ainsi que la liste complète des composantes de l'incertitude.
- Les comparaisons clés CCM.F-K2.a (à 50 kN et 100 kN) et CCM.F-K2.b (à 50 kN), en préparation, débuteront en 2004.
- Les comparaisons clés CCM.F-K3.a (à 0,5 MN et 1 MN) et CCM.F-K3.b (à 0,5 MN) débuteront en 2004. Les étalons de transfert ont été choisis et le laboratoire pilote étudie leur stabilité.
- Les comparaisons clés CCM.F-K4.a (à 2 MN et 4 MN) et CCM.F-K4.b (à 2 MN) ont débuté ; la procédure de chargement et de déchargement est cruciale et doit être réglée après discussion.
- Les anciennes comparaisons clés CCM.F-K5 à -K22, toutes terminées, ont été approuvées pour l'équivalence provisoire.

Hautes pressions

Depuis la réunion du Groupe de travail sur les hautes pressions en mai 2002 au BIPM, les laboratoires nationaux de métrologie ont poursuivi leurs activités de recherche avec les objectifs suivants :

- amélioration des échelles de pression nationales ;
- étude et réalisation de nouveaux capteurs de pression, afin de les utiliser comme étalons de transfert pour des comparaisons ou pour des applications industrielles spécifiques ;
- acquisition de systèmes de mesure plus automatiques avec des capteurs dédiés pour l'acquisition des données et traitement informatisé en temps réel ;
- calculs théoriques utilisant des méthodes mathématiques plus sophistiquées (méthode des éléments finis, méthodes numérique et statistique), par exemple, pour des procédures de simulation ou pour des domaines importants tels que les distorsions élastiques des balances de pression faisant actuellement l'objet de recherches, qui donnent des résultats importants

et intéressants (permettant aussi d'effectuer des recherches sur de nouveaux problèmes qui n'ont pas été suffisamment étudiés par le passé, comme par exemple la détermination des constantes élastiques des matériaux utilisés pour chaque pièce de l'assemblage piston-cylindre).

Le groupe de travail a décidé des critères de choix des comparaisons clés du CIPM en fonction du milieu utilisé et du domaine de pression.

Les comparaisons clés d'étalonnage de gaz, en mode relatif, à des pressions pouvant atteindre 7 MPa, dans le cadre des comparaisons clés CCM.P-K1.a (entre 50 kPa et 1 MPa), CCM.P-K1.b (entre 50 kPa et 1 MPa) et CCM.P-K1.c (entre 80 kPa et 7 MPa), ont été terminées avec succès et approuvées pour l'équivalence ; leurs résultats sont publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. L'étalon de transfert constitué d'un assemblage piston-cylindre a été étalonné par les participants pour l'aire du piston, c'est-à-dire pour le rapport entre la masse multipliée par la pesanteur et divisée par la pression.

L'étalonnage de liquides, en mode relatif, à une pression pouvant atteindre 100 MPa, fera l'objet de la comparaison clé CCM.P-K7, entre 2003 et 2005. Cette comparaison particulière est destinée à répondre au besoin d'effectuer la liaison avec les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et les comparaisons clés bilatérales en cours.

La comparaison clé CCM.P-K8 (milieu liquide, en mode relatif, entre 100 MPa et 500 MPa), dont les mesures sont terminées, a été choisie afin d'y intégrer les résultats obtenus lors de la comparaison de l'EUROMET de 1999.

Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie ont été présentées et leurs liaisons aux comparaisons du CIPM ont été discutées. Le groupe de travail en a approuvé les résultats.

Moyennes pressions

Le Groupe de travail sur les moyennes pressions s'est réuni en mai 2002 au BIPM.

Les recherches effectuées par les laboratoires nationaux de métrologie portent notamment sur un nouveau manomètre et sur une balance de pression spécialement conçue pour les basses pressions.

Les comparaisons clés CCM.P-K2 et CCM.P-K6 (entre 10 kPa et 120 kPa en modes absolu et relatif) utilisent un assemblage piston-cylindre du BIPM. La phase d'étalonnage est terminée et les résultats ont été évalués pour la préparation des projets A de rapports. Les comparaisons ont rencontré divers problèmes, en particulier relatifs à la répétabilité de l'étalon de transfert et des différences dans le domaine de pression le plus bas entre les modes relatif et absolu. Les performances de l'assemblage piston-cylindre ont été vérifiées avant et pendant la comparaison ; elles ont mis en évidence une instabilité anormale, acceptable en pratique pour la poursuite de la comparaison clé. Un retard dans la circulation de l'étalon a été occasionné par la perte d'un carnet ; le projet A de rapport a cependant été discuté par les participants.

La comparaison clé CCM.P-K10 (entre 10 kPa et 140 kPa, en mode relatif), terminée en 1995, a été approuvée pour l'équivalence provisoire. Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie ont été présentées et évaluées.

Basses pressions

Le Groupe de travail sur les basses pressions s'est réuni en mai 2002 au BIPM. Il a discuté des activités de recherche communes, telles que l'amélioration de la stabilité des étalons de transfert pour les basses pressions résultant de l'emploi de jauges à résonance en silicium, et la mise au point de jauges à rotor pour l'ultra-vide.

Le groupe de travail a entrepris les comparaisons clés suivantes du CIPM en utilisant des manomètres à basses pressions et à vide comme étalons de transfert :

- Les comparaisons clés CCM.P-K4 (entre 1 Pa et 1000 Pa, en mode absolu) et CCM.P-K5 (entre 1 Pa to 1000 Pa, en mode relatif) se sont achevées avec succès ; leurs résultats sont publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.
- La phase d'étalonnage de la comparaison clé CCM.P-K3 (entre 3 μPa et 9 mPa) est terminée et l'analyse des résultats est en cours. Pendant la circulation des trois jauges de transfert à ionisation, deux d'entre elles ont été endommagées mais celle qui subsiste et deux jauges à rotor ont été utilisées pour terminer la comparaison.
- La comparaison clé CCM.P-K9 (entre 0,1 mPa et 1000 mPa) a été approuvée pour l'équivalence provisoire et l'état d'avancement des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie a été présenté et discuté.

Le choix des futures comparaisons clés du CIPM est discuté pour offrir une couverture exhaustive de tout le domaine de pression. Le groupe a conclu qu'elles devraient être partagées entre les différents groupes de travail sur les pressions. Enfin, il a été décidé que la prochaine comparaison clé consisterait à répéter la comparaison clé CCM.P-K9, puis de répéter chaque comparaison clé tous les dix ans dans le domaine des basses pressions.

Activités communes aux groupes de travail sur les pressions

Lors de cette réunion, qui s'est tenue en mai 2002 au BIPM, il a été discuté de la coordination du programme des comparaisons clés. Il a été conclu qu'une comparaison clé du CIPM dans le domaine des pressions tous les trois ans serait suffisante pour assurer l'équivalence étayant les CMCs une fois que les Systèmes Qualité pour les techniques similaires d'étalonnage seront établis dans tous les laboratoires nationaux de métrologie participants. La priorité pour les trois prochaines années sera donnée à la comparaison clé de hautes pressions CCM.P-K7.

Le programme futur de comparaisons clés comprend la répétition de CCM.P-K9, et les comparaisons clés CCM.P-K10, -K2 et -K6, et CCM.P-K11, -K7 et -K8, organisées, respectivement, par les groupes de travail sur les basses, moyennes et hautes pressions.*

Les groupes de travail sur les pressions organisent périodiquement dans le cadre du CCM des conférences sur la métrologie des pressions. La troisième d'entre elles a eu lieu en 1999 à l'IMGC (Italie), afin de faciliter la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie dans la recherche et les activités techniques. La quatrième conférence, organisée par le NPL (Royaume-Uni), devrait avoir lieu en 2005.

* Depuis la réunion, la comparaison clé CCM.P-K10 est terminée. Les mesures de la comparaison clé CCM.P-K8 sont terminées ; celles des comparaisons clés CCM.P-K2 et -K6 sont en cours.

La constante d'Avogadro et la redéfinition éventuelle du kilogramme

Le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro s'est réuni en 2000 à Sydney (Australie), en 2001 au NMIJ (Japon), en 2002 à Ottawa (Canada), et en 2003 au BIPM. La détermination de la constante d'Avogadro est un des moyens prometteurs pour redéfinir l'étalon de masse. L'hypothèse sous-jacente est que la masse d'une sphère en cristal de silicium de 1 kg peut fournir la masse d'un atome de silicium en comptant le nombre d'atomes de la sphère par la mesure du volume de la maille du réseau et du volume de la sphère au moyen d'un étalon de longueur cohérent. En fait, le rapport entre la masse molaire du silicium et la masse de l'atome de silicium, ainsi mesuré, définit la constante d'Avogadro, ce qui en pratique implique des mesures de précision de la masse volumique macroscopique d'une sphère de silicium, de l'espacement du réseau du cristal et de la masse molaire moyenne de la sphère.

Par dessus tout, l'incertitude de mesure de la masse molaire dans les déterminations de la constante d'Avogadro au moyen de silicium naturel est à la limite des possibilités techniques et constitue la contribution la plus élevée à l'incertitude totale. Les nouveaux résultats de N_A, obtenus grâce à la collaboration des membres, donnent une incertitude de mesure située entre 2×10^{-7} et 3×10^{-7} en valeur relative. Les résultats présentent des différences pouvant atteindre $\pm 5 \times 10^{-7}$ par rapport à la valeur moyenne, mais tous les résultats sont inférieurs de 1×10^{-6} à la valeur recommandée par CODATA, qui est dérivée des constantes fondamentales par ajustement.

Les détails des techniques de mesure de la masse volumique et de l'espacement du réseau du silicium, l'évaluation quantitative de la composition chimique et des imperfections du cristal et de la surface de la sphère ont donné lieu à des discussions fondées sur les résultats des comparaisons pour identifier les limites pratiques de chaque technique.

Outre le silicium naturel, le ^{28}Si enrichi d'une pureté de 99,99 % aurait le potentiel de faire reculer la limite critique de l'incertitude-type des mesures de la masse molaire à une valeur relative prometteuse inférieure à 5×10^{-8}. Il faudrait un laboratoire national de métrologie capable d'enrichir une quantité de silicium suffisante en pratique ; les recherches actuelles montrent qu'il est possible de faire pousser et de déterminer les caractéristiques d'un petit cristal de ^{28}Si enrichi à 99,93 %.

Les discussions tenues lors de la dernière session du CCM et de la session de 2001 du CIPM, qui ont apporté leur soutien à ce concept, ont montré que les problèmes de ressources rencontrés par les membres du groupe de travail doivent être pris en compte dans l'organisation du projet ; la transparence dans sa mise en pratique restera importante pour les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Compte tenu de ces considérations, le CIPM a décidé d'établir un comité de coordination sur l'expérience de la constante d'Avogadro composé des délégués des laboratoires nationaux de métrologie spécialement intéressés. La première réunion de ce comité a eu lieu juste après celle du groupe de travail.

Coordination internationale sur la constante d'Avogadro

Lors de la première réunion, un programme de travail et une structure organisationnelle ont été établis, ainsi que le rôle de laboratoires pilotes joué par les laboratoires participants. Cette coopération présuppose la disponibilité de matériau enrichi (^{28}Si enrichi à 99,985 % au minimum). Certains laboratoires russes ont dit disposer d'une technique leur permettant d'enrichir le ^{28}Si à 99,99 %, mais la traçabilité aux étalons des mesures chimiques et isotopiques effectuées à ce jour sur les échantillons n'est pas établie. La contamination isotopique due au

silicium naturel est un problème sérieux à tous les stades, en particulier quand cette contamination n'est pas uniforme. Les problèmes financiers associés à la production du matériau ont été discutés.

Une autre méthode pour déterminer la constante d'Avogadro est en cours d'expérimentation à la PTB.

L'expérience sur « l'accumulation d'ions » a été utilisée pour la première fois pour mesurer la masse d'un atome d'or de manière traçable au kilogramme. L'incertitude relative est de 1,5 % et l'écart par rapport à la valeur publiée dans les publications scientifiques est de 0,6 %. Compte tenu du faible courant d'ions d'environ 10 μA disponible lors des mesures, et de l'utilisation d'un cristal de quartz oscillant comme balance, ce résultat est le meilleur que l'on puisse espérer obtenir. Avec une nouvelle source d'ions au bismuth (achetée en 2002), on peut espérer obtenir un courant d'ions de 10 mA ou plus et une réduction considérable de l'incertitude.

Dureté

Le Groupe de travail sur la dureté s'est réuni en septembre 2001 à l'IMGC et en mai 2002 à Rio de Janeiro (Brésil).

Le travail technique auquel le groupe de travail a collaboré comprend une étude pilote sur les pénétrateurs de Rockwell à tête de diamant, des études sur la possibilité d'une définition commune des échelles de dureté de Rockwell pour les laboratoires nationaux de métrologie, et des études sur la détermination de l'incertitude des mesures de dureté.

Compte tenu de l'état actuel des connaissances, il ne semble pas possible de prédire les performances d'un pénétrateur à tête de diamant par mesure directe de la géométrie. L'étude mentionnée ci-dessus a pour but de résoudre ce problème.

La définition actuelle de l'échelle de dureté de Rockwell donnée par l'ISO limite l'amélioration de l'incertitude des étalonnages dans les laboratoires nationaux de métrologie. Par exemple, les paramètres ayant une influence sur les essais de dureté ne sont pas bien identifiés et un certain nombre d'entre eux n'ont pas de fondement métrologique. Un nouveau document, intitulé *Guidelines on the estimation of uncertainty in hardness measurements*, a été publié par l'European co-operation for Accreditation (EA 10/16) en octobre 2001.

Les comparaisons clés et supplémentaires suivantes du CIPM ont été mises en œuvre par le groupe de travail :

- Les comparaisons supplémentaires CCM.H-S1.a (échelle de dureté C de Rockwell), -S1.b (échelle de dureté A de Rockwell), -S1.c (échelle de dureté D de Rockwell), -S1.d (échelle de dureté 15N de Rockwell), -S1.e (échelle de dureté 30N de Rockwell) et -S1.f (échelle de dureté 45N de Rockwell) en sont au stade du projet A de rapport et visent à unifier les échelles de dureté de Rockwell. Soixante-quatorze blocs d'essai de dureté fabriqués pour les besoins spécifiques des comparaisons ont circulé et ont été étalonnés par les participants. Les pénétrateurs coniques à tête de diamant utilisés pour effectuer des mesures de dureté ont un effet significatif sur les résultats de mesure. L'unification demande des laboratoires une bonne répétabilité, exprimée par l'écart-type des mesures. Pour l'échelle de dureté de Rockwell la plus importante, HRC, six laboratoires ont obtenu une répétabilité adéquate. Pour cette échelle, les mesures effectuées par sept laboratoires sont en accord à ± 0,3 HRC en utilisant un pénétrateur commun, mais seulement quatre laboratoires sont en accord en utilisant leur propre pénétrateur.

- Les comparaisons clés CCM.H-K1.a (0,2 HV), -K1.b (1 HV) et -K1.c (30 HV) de l'échelle de dureté de Vickers utilisent trois séries de blocs de référence pour les trois échelles de dureté, à 240 HV, 540 HV et 840 HV. La préparation des projets B de rapports est en cours.
- La comparaison clé CCM.H-K2 sur l'échelle de dureté de Brinell est en cours.
- Une étude pilote est envisagée pour l'échelle de dureté de Martens.

Mesures de débit de fluides

Le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides s'est réuni en juin 2000 à Salvador (Brésil), en avril 2001 à Istanbul (Turquie), en avril 2002 à Arlington (États-Unis), et en mai 2003 à Groningen (Pays-Bas).

En dépit de leur brève expérience en ce qui concerne les activités du CIPM, la longue histoire et les compétences des laboratoires nationaux de métrologie membres, étayées par leurs communications aux organismes académiques ou de l'industrie sur les mesures de débit de fluides, et les discussions très intensives lors des récentes réunions, les ont conduits au consensus nécessaire à la mise à œuvre de comparaisons clés dans le cadre du MRA du CIPM.

Les comparaisons clés du CIPM ont été choisies de manière à couvrir six domaines différents de la métrologie des mesures de débit de fluides : débit de l'eau, débit d'hydrocarbures liquides, vitesse d'écoulement de l'air, volume de liquides, débit de gaz à haute pression et à basse pression. Les comparaisons clés CCM.FF-K1, -K2, -K3, -K4, -K5.a, -K5.b et -K6 en sont à l'étape préparatoire ; les protocoles de certaines d'entre elles seront bientôt prêts.

Comme tous les laboratoires nationaux de métrologie intéressés par la reconnaissance de leur service d'étalonnage national dans le cadre du MRA sont invités à en être membres, le groupe de travail peut discuter de questions diverses d'un point de vue international et régional, ce qui conduit automatiquement à l'élaboration du concept de comparaisons clés combinées. Les comparaisons clés présentent des avantages reconnus pour relier les services régionaux aux services internationaux et permettent de partager des étalons de transfert très onéreux.

Il a cependant été décidé ultérieurement que le schéma de liaison idéal serait fondé sur un accord entre le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides et le comité technique du CCM sur les mesures de débit de fluides dans chaque domaine, à leur convenance, en particulier en ce qui concerne leur emploi du temps.

Les étalonnages dans le domaine des mesures de fluides demandent beaucoup de temps, font appel à un grand nombre de personnes et à des équipements nombreux, et il faut prendre grand soin en transportant l'étalon de transfert de grande taille et très coûteux. La distribution globale de l'infrastructure, ainsi que les demandes de l'industrie, rendent difficile la mise au point d'une comparaison clé du CIPM de type classique.

Les discussions lors des réunions ont porté sur l'évaluation statistique de la valeur de référence des comparaisons clés et leur incertitude, sur le calcul des degrés d'équivalence, la liste des composantes du bilan d'incertitude, le choix du domaine de débit de fluides, et l'évaluation de la stabilité de l'étalon de transfert.

Gravimétrie

La gravimétrie joue un rôle très important pour le domaine de métrologie couvert par le CCM ; elle s'applique à la dérivation des étalons de force et de pression. La reconnaissance mutuelle

des étalons nationaux de gravimétrie est acceptée pour les mesures industrielles et réglementaires. Le Groupe de travail sur la gravimétrie a été créé sur décision du CIPM en 2002 ; il comprenait à l'origine quinze membres spécialisés en gravimétrie. Le groupe de travail s'est d'abord réuni à l'European Center for Geodynamics and Seismology (Luxembourg) en 2002 ; il a discuté des résultats de la dernière comparaison internationale de gravimètres absolus (International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG-2001) effectuée sur le réseau gravimétrique du BIPM.

Cette comparaison, à laquelle ont participé dix-sept gravimètres relatifs et dix-sept gravimètres absolus, a permis de mesurer les liaisons entre cinq points du réseau gravimétrique du BIPM et d'étudier différentes méthodes de traitement des données, y compris en combinant des valeurs absolues et relatives. Les résultats finaux, publiés dans *Metrologia* [2002, **39**(5)], ont montré que d'autres comparaisons devront être effectuées pour donner une valeur de référence bien définie, comme c'est le cas pour les autres comparaisons clés. L'accélération de la pesanteur a été déterminée sur un site du BIPM avec une incertitude de 5,5 μGal.

Le groupe de travail a aussi discuté de la méthode de traitement des données pour les comparaisons futures, de la mise au point des protocoles techniques, de l'organisation des comparaisons régionales, et d'un projet d'observation gravimétrique en continu au BIPM au moyen d'un gravimètre supraconducteur.

Réunion des présidents des groupes de travail

Les « Directives pour les comparaisons clés du CIPM » donnent aux groupes de travail techniques du CCM un rôle analogue à celui du groupe de travail sur les comparaisons clés des autres Comités consultatifs. La première réunion, qui s'est tenue en octobre 2000, avait pour but de coordonner les activités des différents groupes et a discuté des points suivants : le format proposé pour la publication des résultats des comparaisons clés et supplémentaires dans l'annexe B de la KCDB ; l'état d'avancement des comparaisons clés du CCM et des études pilotes ; les problèmes spécifiques à la rédaction des projets B de rapports ; le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés et l'approbation des comparaisons clés pour l'annexe B ; les procédures administratives pour les futures comparaisons clés ; l'approbation des nouvelles comparaisons clés par le CCM ; l'approbation des résultats par le CCM pour l'annexe B ; les procédures pour les comparaisons clés bilatérales ; l'examen des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et l'état d'avancement des CMCs (annexe C de la KCDB). Lors de la deuxième réunion en juin 2003, ces sujets ont été discutés ainsi que les relations entre les comparaisons clés du CIPM et celles des organisations régionales de métrologie, comment elles peuvent étayer les CMCs, et le rôle nouveau du CCM pour faciliter cette coordination. »

M. Mills demande à M. Tanaka quelle incertitude on espère obtenir dans la détermination du kilogramme au moyen de la constante d'Avogadro. M. Tanaka pense que l'incertitude relative sera de l'ordre de 10^{-8}.

M. Bordé demande comment on obtiendra les cristaux de silicium. M. Tanaka dit qu'un certain nombre de laboratoires, pas uniquement des laboratoires nationaux de métrologie, collaborent à la production d'échantillons. C'est un domaine de haute technologie et de nombreuses techniques différentes sont utilisées pour déceler les imperfections. Les Russes produisent une sphère de ^{28}Si pure à 99,99 % qui sera prête dans les prochaines années. M. Göbel ajoute que

certains échantillons sont déjà disponibles avec un niveau de pureté de 99,985 %. Des monocristaux de ce niveau de pureté sont disponibles depuis un certain temps, mais la prochaine question est de savoir si la même technique peut être utilisée pour produire un cristal de 5 kg.

M. Bordé demande quelle stratégie a été utilisée pour mesurer la masse atomique du ^{28}Si, qui est intéressante pour la détermination de la constante de Planck, *h*. M. Göbel répond que seule la masse macroscopique est nécessaire pour l'expérience sur la constante d'Avogadro. M. Tanaka ajoute que les valeurs actuelles de la masse atomique sont fiables au niveau de 10^{-8} et M. Mills note que la masse atomique relative est connue au niveau de 10^{-9}.

M. Göbel demande ensuite si toutes les comparaisons clés dans le domaine de la force (CCM.F-K1 à CCM.F-K4) sont nécessaires. M. Tanaka explique que ces quatre comparaisons ont été choisies afin de couvrir un vaste domaine de forces, mesurées au moyen de différents dispositifs. Il rassure M. Göbel en disant que des efforts ont été faits pour réduire le nombre des comparaisons clés entreprises.

En réponse à une question de M. Šafarik, M. Tanaka dit que cinq comparaisons clés (CCM.FF-K1 à CCM.FF-K5) sont prévues dans le domaine du débit de fluides. Aucune n'a encore débuté.

15.3 Comité consultatif du temps et des fréquences

M. Leschiutta, président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), présente le rapport suivant.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCTF sur la situation et l'état d'avancement des activités dans le domaine du temps et des fréquences depuis la précédente Conférence générale en 1999.

La Conférence générale accomplissant une mission internationale, je présenterai non seulement les activités organisées directement par le Bureau international, mais aussi les événements majeurs intervenus pendant cette période, ayant un impact direct ou indirect sur les activités du BIPM.

Ce rapport recouvre les domaines suivants : les activités du CCTF et les événements extérieurs organisés par le CCTF ; les progrès relatifs à la définition de la seconde ; les activités de recherche concernant l'établissement du Temps atomique international (TAI) ; les modifications éventuelles concernant le Temps universel coordonné (UTC) ; les comparaisons entre des horloges proches et distantes et les applications.

Les activités du CCTF et les événements extérieurs organisés par le CCTF

Pendant la période 1999-2003 le CCTF, avec l'aide de la section du temps du BIPM, a organisé deux réunions au BIPM en 1999 et en 2001. Leurs comptes rendus ont été publiés. La 15e session du CCTF s'est tenue en juin 2001. Vingt-sept laboratoires nationaux étaient représentés à la 14e session, en avril 1999, ainsi qu'un certain nombre d'organisations internationales. Ce nombre s'est accru à trente lors de la 15e session. Ont participé à la 15e session les membres du CCTF, trois observateurs et quatre organisations internationales, à savoir l'Union astronomique internationale (UAI), l'Union internationale des télécommunications (UIT), l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) et l'Union radioscientifique internationale (URSI).

En juin 2001, Mme Patrizia Tavella, de l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN, Italie) a remplacé M. Paul Pâquet de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB, Belgique) à la présidence du Groupe de travail du CCTF sur le TAI. Le groupe de travail a organisé une réunion des laboratoires participant au TAI en juin 2001. Un sous-groupe de travail sur les algorithmes a été créé, Mme Tavella en est aussi responsable.

Lors de sa 15e session, le CCTF a aussi créé le Groupe de travail sur les représentations secondaires de la seconde, commun au CCTF et au Comité consultatif des longueurs (CCL) ; il est composé de laboratoires actifs dans la mise en oeuvre d'étalons de fréquence.

La participation de plus en plus nombreuse aux réunions du CCTF est une preuve de la pertinence des activités et des initiatives prises par le BIPM, et en dernière instance par la Conférence générale, dans les domaines du temps et des fréquences.

Les progrès relatifs à la définition de la seconde

La définition actuelle de la seconde, adoptée par la Conférence générale dans les années 1960, est toujours valable et fait preuve de sa vitalité, en ce sens qu'elle a permis en moins d'un demi-siècle de passer d'une exactitude de 10^{-9} à 10^{-15}.

Les progrès les plus récents concernent les fontaines à césium. La recherche est très active en ce moment, comme le montre le tableau ci-dessous, qui présente les fontaines opérationnelles dont les résultats sont transmis au BIPM, ainsi que celles dont la mise en œuvre est très avancée et celles en cours de mise au point.

Les fontaines atomiques dans le monde

Fontaines opérationnelles

1. SYRTE FO1 (France) $u_B = 1{,}0 \times 10^{-15}$
2. SYRTE FO2 (France) $u_B = 0{,}8 \times 10^{-15}$
3. SYRTE FM (France) $u_B = 0{,}8 \times 10^{-15}$
4. NIST F1 (États-Unis) $u_B = 0{,}7 \times 10^{-15}$
5. PTB CSF1 (Allemagne) $u_B = 0{,}9 \times 10^{-15}$
6. IEN CSF1 (Italie) $u_B = 1{,}8 \times 10^{-15}$
7. USNO (États-Unis) : utilisée uniquement comme référence très stable

Fontaines dont la mise en œuvre est avancée

8. METAS (Suisse), fontaine fonctionnant en continu
9. NPL (Royaume-Uni)
10. NMIJ/AIST (Japon)

Fontaines en cours de mise au point

11. Italie (Politecnico di Torino)
12. Fédération de Russie
13. Brésil
14. Chine
15. République de Corée
16. Canada

Activités de recherche concernant l'établissement du Temps atomique international, TAI

Des activités de recherche sur l'amélioration des algorithmes actuellement utilisés pour le calcul des échelles de temps sont en cours au Bureau international et dans certains laboratoires, principalement pour améliorer la stabilité du TAI. Ainsi, une nouvelle méthode pour fixer la limite supérieure du poids relatif des horloges a été appliquée à l'algorithme de calcul du TAI par la section du temps du BIPM.

Des discussions fructueuses ont eu lieu lors du symposium international sur les échelles de temps, le quatrième de la série, qui s'est tenu au BIPM en mars 2002, et qui a été organisé par le BIPM, l'IEN et l'U.S. Naval Observatory (USNO, États-Unis). Un numéro spécial de *Metrologia* [2003, **40**(3)] lui a été consacré.

L'établissement des systèmes de référence est lié au TAI. Le CCTF collabore à cette activité avec le Service international de la rotation terrestre (IERS) de l'UAI. Les effets des corrections relativistes sont aussi à l'étude.

Modifications éventuelles concernant le Temps universel coordonné, UTC

Pendant la session du CCTF de 2001, la question du maintien de l'échelle de temps UTC a été évoquée.

L'UTC a été créé dans les années 1960-1970 par l'UIT, après une consultation approfondie auprès de nombreuses organisations internationales. Il répondait à un problème réél : comment concilier la stabilité de la seconde définie à partir de l'atome et la lente décroissance observée de la période de rotation de la Terre. La situation est maintenant totalement différente et la question se pose de la conservation d'une échelle de temps, qui n'est plus nécessaire, mais qui est enracinée dans la culture.

L'UIT a établi un groupe de travail spécial sur l'UTC, le « Special Rapporteur Group on UTC », auquel le BIPM participe. Ce groupe a organisé un colloque international à l'IEN en mai 2003. Aucune décision définitive n'a été prise, mais une proposition a été rédigée qui sera soumise à l'UIT.

L'UAI a aussi établi un groupe de travail sur l'UTC, avec la participation du BIPM. Ses membres ont participé au colloque sur l'UTC à l'IEN et ont approuvé la proposition à soumettre à l'UIT.

Les comparaisons entre des horloges proches et distantes

La recherche sur l'exactitude et la stabilité des fontaines à césium, en tant que sources de fréquence, et sur leurs applications aux échelles de temps, ne peut se faire sans des comparaisons fiables et exactes entre des laboratoires à distance ou à l'intérieur d'un laboratoire.

Des travaux importants dans ce domaine ont été réalisés à la section du temps du BIPM, à la fois directement, ou en organisant des séries de mesures, dans au moins quatre domaines d'activité :

- Les étalonnages de récepteurs du GPS, organisés par la section du temps du BIPM ; 50 % des récepteurs du GPS utilisés pour le TAI environ sont actuellement étalonnés.
- L'utilisation de récepteurs « géodésiques » pour les comparaisons de temps du TAI ; une campagne est menée avec succès depuis avril 2002 pour valider l'inclusion d'observations du GPS réalisées à deux fréquences dans le TAI.
- L'utilisation de routine de la « technique de comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite » au moyen de satellites géostationnaires pour l'établissement du TAI.
- L'utilisation du code « précis » du GLONASS pour les comparaisons de temps.

Le BIPM et le Service international du GPS (International GPS Service, IGS) ont conclu un accord, dans le cadre initial d'un projet pilote commun sur les comparaisons de temps et de fréquences au moyen du GPS, qui est devenu un groupe de travail de l'IGS.

Applications

Un certain nombre d'applications techniques, comme la navigation par satellite et les communications numériques, utilisent couramment les technologies du temps et des fréquences avec des exigences en matière d'exactitude qui se situent à la limite des possibilités des laboratoires nationaux de métrologie.

Il est donc du devoir du CCTF de se tenir au courant de ces évolutions techniques, qui exigent des étalons de fréquence ou des échelles de temps exacts, de suivre les nouveaux besoins, et enfin d'élaborer des directives pour les activités futures. En voici quelques-unes : nouvelles horloges dans l'espace, échelles de temps et synchronisation dans l'espace, le projet Galileo, ou encore deux programmes utilisant des horloges atomiques dans l'espace menés en Europe et aux États-Unis.

Par exemple, l'Agence spatiale européenne a créé un groupe de travail pour étudier l'aspect temporel du projet Galileo, avec la participation du BIPM et de laboratoires nationaux de métrologie européens.

Activités connexes

Depuis janvier 2001, le BIPM est co-responsable avec l'USNO de l'IERS Conventions Product Centre, qui est chargé d'établir les normes et conventions dans les domaines de l'astrométrie et de la géodésie.

La métrologie du temps et des fréquences joue un rôle important dans le développement des sciences et des techniques. Ce rôle est avéré par les activités qui se déroulent dans la plupart des laboratoires nationaux de métrologie liés au BIPM et par l'augmentation du nombre de participants aux réunions du CCTF.

Les spécialistes de ce domaine de la métrologie et le BIPM doivent donc rester à l'écoute et suivre de près les progrès des sciences fondamentales et leurs applications les plus avancées. Pour citer un exemple, une réunion commune au CCL et au CCTF s'est tenue au BIPM en septembre 2003 afin d'étudier les éventuelles représentations secondaires de la seconde. »

Il finit en rappelant les remarques préliminaires de M. Bordé et prévoit qu'un jour le système d'unités tout entier pourra être fondé sur la seconde et sur quelques constantes fondamentales !

M. Bordé demande ensuite aux délégués s'ils ont des questions à poser.

M. Bement demande si le CCTF a étudié quelle sera l'exactitude limite dans les comparaisons de temps, en raison des effets de dispersion atmosphérique et autres. M. Leschiutta répond que l'exactitude et la stabilité des meilleures des nouvelles horloges sont déjà meilleures que la précision des méthodes actuelles de comparaison de temps. Une des activités majeures du BIPM et des autres laboratoires de temps est donc d'améliorer les méthodes de comparaison d'horloges et de transfert de temps. La mise au point d'horloges optiques portables constitue un domaine de travail très important ; placer de nouvelles horloges à bord de satellites en est un autre.

M. Bordé note qu'il y a en réalité deux manières d'améliorer les comparaisons d'horloges. Il attire l'attention sur la présence d'horloges à atomes refroidis à bord de la station spatiale internationale ; l'un des buts est de comparer les horloges sur Terre, au moyen de radiations micro-ondes. Il signale, en particulier, les projets ACES et PARKS. L'autre technique consiste à transporter un générateur de peigne portable associé à une bonne horloge. Il mentionne, en particulier, l'horloge PHARAO, qui a déjà été utilisée pour comparer des horloges à césium et à hydrogène à une transition optique à Munich.

Il attire ensuite l'attention sur l'importance de ce travail pour les études sur les constantes fondamentales, notant qu'en comparant différentes horloges (par exemple des horloges à césium et au rubidium, ou à césium et à hydrogène) à différents moments, il est possible de déterminer une limite de l'invariance temporelle de la constante de structure fine α.

M. Schwitz demande combien de fontaines à césium participent à l'élaboration du TAI. M. Leschiutta répond qu'en septembre 2003 quatre fontaines y contribuent de manière régulière ; les détails figurent dans la *Circulaire T* distribuée par la section du temps du BIPM. Il dit qu'il est très intéressé de voir la nouvelle approche en cours de mise au point et de vérification au METAS, fondée sur deux fontaines fonctionnant en continu. M. Schwitz confirme que les fontaines du METAS sont déjà opérationnelles et que l'on détermine leurs caractéristiques.

Enfin, M. Leschiutta revient sur l'exactitude ultime des fontaines et dit que, selon lui, leurs incertitudes seront de l'ordre de quelques 10^{-16} en valeur relative quand les problèmes tels que les effets du corps noir auront été résolus.

15.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme

M. Göbel, président du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), présente le rapport suivant :

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCEM.

Le CCEM s'est réuni deux fois depuis la vingt et unième Conférence générale en 1999. Il a discuté des questions relatives aux constantes fondamentales et au Système international d'unités, et notamment des travaux sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du Prototype international du kilogramme et l'état d'avancement de l'ajustement des valeurs des constantes fondamentales par la méthode des moindres carrés. Le CCEM s'est intéressé en particulier à l'amélioration de la connaissance de K_J et R_K, les constantes de Josephson et de von Klitzing. L'utilisation en métrologie de dispositifs à effet tunnel monoélectronique a aussi fait l'objet de discussions. Les méthodes utilisées dans les mesures exactes de la résistance de Hall quantifiée à des fréquences de l'ordre du kilohertz suscitent beaucoup d'intérêt actuellement. Les progrès dans ce domaine sont encouragés et suivis de près par le Groupe de travail du CCEM sur les mesures en courant alternatif de la résistance de Hall quantifiée. Le CCEM est aussi très intéressé par la mise au point et l'utilisation de réseaux de jonctions de Josephson programmables (biaisés en courant) à plateaux de tension constants de bien plus grande amplitude, et présentant donc une stabilité bien meilleure que celle des anciens réseaux de jonctions non biaisés. Le CCEM a étudié la disponibilité de ces deux types de réseaux et celle des dispositifs pour la mise en œuvre de l'effet Hall quantique. Les comparaisons clés en électricité et magnétisme sont d'une importance majeure pour le CCEM et elles font l'objet d'un examen détaillé, dans leur domaine respectif, par le Groupe de travail du CCEM pour les grandeurs aux basses fréquences et le Groupe de travail du CCEM pour les grandeurs aux radiofréquences. Ces groupes s'efforcent d'alléger au maximum la charge de travail que les comparaisons clés imposent aux laboratoires nationaux de métrologie en accélérant, d'une part, le déroulement des comparaisons clés et en maintenant leur nombre à un niveau raisonnable, d'autre part. Enfin, le CCEM a examiné les activités de la section d'électricité du BIPM.

Activités du CCEM dans le domaine de la métrologie scientifique

Le Groupe de travail du CCEM sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du Prototype international du kilogramme se réunit tous les ans. Même si, comme son nom semble l'indiquer, il s'intéresse principalement à l'utilisation de mesures électriques, il poursuit l'examen des activités de recherche utilisant d'autres méthodes. Il faut garder à l'esprit que, pour pouvoir contrôler la stabilité du Prototype international du kilogramme, l'incertitude relative sur une détermination indépendante de la masse du prototype doit être d'environ 1×10^{-8} au maximum.

L'incertitude relative sur l'expérience de lévitation de masses est actuellement d'environ 1×10^{-6} et on espère la réduire davantage à l'avenir. L'incertitude relative sur les mesures de la constante d'Avogadro à l'aide d'un objet en silicium a été réduite de 4×10^{-7} à moins de la moitié de cette valeur. Bien que la valeur de l'un des vingt-trois cristaux de silicium montre un décalage relatif de 3×10^{-6} par rapport aux autres, le Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro a noté que les valeurs des autres cristaux étaient cohérentes et a décidé d'exclure le résultat aberrant. La raison de cette anomalie n'est pas claire.

En utilisant du silicium enrichi isotopiquement, les experts espèrent obtenir une incertitude relative de 5×10^{-8} sur les mesures de la masse molaire en 2005. La PTB (Allemagne) effectue une étude utilisant un spectromètre de masse afin d'accumuler une masse d'or par séparation ionique, qui puisse être connue en mesurant avec exactitude un courant de 0,1 mA. La PTB s'efforce actuellement d'augmenter le niveau du courant pour le porter à 30 mA ; en utilisant des atomes de bismuth, il serait possible d'accumuler une masse de 30 g en six jours. L'incertitude

relative serait alors inférieure à 1×10^{-6}. Des expériences sur la balance du watt sont en cours au NPL (Royaume-Uni), au NIST (États-Unis) et au METAS (Suisse). Un décalage des résultats de mesures de 3×10^{-7} en valeur relative est survenu au NPL en avril 2000 ; l'on pense qu'il est dû à une variation de l'angle du support de la balance. La balance a été réalignée et de nouvelles mesures sont en cours ; l'on espère obtenir une incertitude relative de 5×10^{-8} en 2003. Des modifications ont été apportées afin d'améliorer l'expérience de la balance du watt à l'aide d'une bobine mobile au NIST, puis d'essayer de répéter les résultats présentés en 1998, avec une incertitude relative de 9×10^{-8}. L'expérience de balance du watt du METAS, fondée sur une masse de 100 g et un appareil expérimental compact, offre une répétabilité de 6×10^{-7} en valeur relative. Les efforts sont actuellement concentrés sur la réduction de l'hystérésis de l'assemblage aimant-bobine. Une nouvelle expérience de balance du watt en est à l'étape ultime de conception au Laboratoire national d'essais du Bureau national de métrologie (BNM-LNE/LAMA, France). Enfin, le BIPM étudie différents projets de construction de balance du watt, dont un fondé sur un aimant permanent à température cryogénique.

Le CCEM suit régulièrement les progrès de la détermination des constantes de Josephson et de von Klitzing dans le cadre du SI, et leur cohérence avec les valeurs conventionnelles de ces constantes fondamentales, dénommées $K_{J\text{-}90}$ et $R_{K\text{-}90}$, utilisées pour réaliser des étalons de référence de tension et de résistance stables et très reproductibles. Lors de sa vingt-deuxième session en septembre 2000, le CCEM avait noté que le dernier ajustement par CODATA des valeurs des constantes fondamentales par la méthode des moindres carrés indiquait que les valeurs assignées à $K_{J\text{-}90}$ et $R_{K\text{-}90}$ étaient encore largement cohérentes avec celles du SI. Il avait déclaré que l'incertitude relative d'un écart-type assignée à R_K en 1988 pouvait être réduite d'un facteur deux, à 1×10^{-7}. Lors de sa 89e session en octobre 2000, le Comité international a approuvé la déclaration du CCEM. Lors de sa 23e session en 2002, le CCEM a examiné à nouveau les valeurs et les incertitudes assignées à $K_{J\text{-}90}$ et $R_{K\text{-}90}$, et a considéré qu'il était inutile de recommander d'autres changements. De manière analogue, le CCEM examine périodiquement la nécessité de réviser les *Technical Guidelines for Reliable Measurements of the Quantized Hall Resistance*, les *Directives* du CCEM pour la mesure de la résistance de Hall quantifiée, publiées en 1988. Après examen des résultats les plus récents publiés, concernant la quantification et les contacts imparfaits dans les dispositifs, les discussions se sont poursuivies avec des experts appartenant à la communauté métrologique ou autres. Ces études ont abouti à la révision des *Directives*. Les changements ont été approuvés et la version révisée a été publiée dans *Metrologia*.

Le CCEM continue à suivre les progrès de l'utilisation en métrologie des dispositifs à effet tunnel monoélectronique. Dans le cadre du projet COUNT de l'Union européenne, une pompe à électrons a généré des courants de 3,2 pA mesurés avec une incertitude relative de type A de 4×10^{-6}. La PTB a obtenu une incertitude relative de 1×10^{-4} sur la mesure du plateau actuel de son dispositif à onde acoustique de surface. Le NIST effectue des progrès constants dans la mise au point de pompes de paires de Cooper à sept jonctions et d'étalons de capacité dont on connaît la charge par comptage d'électrons.

Les activités du Groupe de travail du CCEM sur les mesures en courant alternatif de la résistance de Hall quantifiée témoignent du grand intérêt accordé dans le domaine de la métrologie en électricité à la mesure directe de la résistance de Hall quantifiée à une fréquence de l'ordre du kilohertz. En 2000, des experts du BIPM et du NPL ont déclaré des incertitudes relatives inférieures à 1×10^{-7} dans la définition et la mesure de la résistance de Hall à des fréquences de l'ordre du kilohertz en utilisant des électrodes à porte, et maintenant plusieurs laboratoires ont atteint ce niveau d'exactitude. Un des projets en cours du groupe est d'offrir la possibilité aux

experts des laboratoires participants (le METAS, le NRC et la PTB) de travailler en commun pendant plusieurs semaines dans un des laboratoires en vue de perfectionner les techniques de mesure et d'améliorer les dispositifs expérimentaux. La difficulté d'obtenir des incertitudes proches de celles déclarées pour les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant continu se reflète dans l'opinion exprimée par le groupe de travail, lequel considère qu'il est prématuré de proposer des directives pour les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif.

Les meilleurs étalons de référence primaires de tension sont actuellement réalisés avec des réseaux en série de dizaines de milliers de jonctions de Josephson quasiment identiques. La technologie courante utilise des jonctions faites d'une couche isolante mince séparant deux électrodes supraconductrices. En les irradiant à l'aide d'ondes aux fréquences millimétriques, chaque jonction peut générer une tension quantique continue dont la valeur dépend de la fréquence de l'irradiation et d'un nombre quantique représentant le nombre total de sauts de tension. Les caractéristiques courant-tension de ces jonctions montrent que dans un domaine de courant restreint, de l'ordre de $\pm 20\ \mu A$, appliqué à la jonction, la tension de sortie reste constante ; si le courant dépasse cette valeur, la tension de sortie varie par une ou plusieurs valeurs de saut quantique. Même si cette caractéristique est très utile, parce qu'elle élimine la nécessité de biaiser les jonctions une par une, elle rend la tension de sortie du réseau instable en présence de faibles perturbations. Une autre technique a été mise au point au NIST et à la PTB pour produire des réseaux de jonctions capables de maintenir une tension constante dans un domaine de courant de plusieurs milliampères. Pour utiliser ces jonctions dans un étalon de tension, il faut appliquer un courant de polarisation, mais la tension de sortie résultante est très stable face à de faibles perturbations. En disposant ces jonctions en cellules contenant un certain nombre de jonctions croissant, par exemple, en séquence binaire, il est possible de synthétiser un vaste domaine de tensions, d'où le nom de « réseau programmable ». Cette technologie est déjà appliquée : des réseaux programmables servent de potentiomètres pour mesurer, par exemple, des rapports de résistance. Les progrès rapides dans ce domaine sont suivis par le CCEM.

Le CCEM s'efforce en particulier d'étudier la disponibilité d'échantillons de résistance de Hall quantifiée de qualité métrologique et de réseaux de jonctions de Josephson. Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie réussissent à fabriquer de petites quantités de dispositifs à résistance de Hall quantifiée. Certains d'entre eux, produits en 1990 par une société commerciale française, sont encore disponibles auprès du BIPM. Le NRC a annoncé qu'il recherche des partenaires pour participer financièrement à un projet de fabrication de dispositifs de résistance de Hall quantifiée à des fins métrologiques.

Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie produisent aussi des réseaux de jonctions de Josephson en petites quantités. Le NIST et la PTB ont transféré avec succès la technologie de fabrication des réseaux non biaisés avec des tensions de sortie pouvant atteindre 10 V et 1 V, respectivement, à des sociétés commerciales. Actuellement, le NIST, la PTB et le Centre for Metrology and Accreditation, Technical Research Centre of Finland (VTT, Finlande) ne produisent qu'un nombre très limité de réseaux programmables ; les deux derniers laboratoires peuvent mettre à disposition un nombre très restreint de réseaux programmables pour des projets de recherches en commun.

Comparaisons clés du CCEM

L'Arrangement du CIPM assigne un rôle majeur aux Comités consultatifs et le CCEM a effectué un effort considérable pour mettre en œuvre les activités liées au MRA. La préparation des listes

de CMCs des laboratoires nationaux de métrologie a bien progressé dans le domaine de l'électricité et du magnétisme. Une part importante de ce travail est consacrée à la préparation et à l'acceptation de la classification des services pour les CMCs du CCEM dans le domaine de l'électricité et du magnétisme. Le CCEM aide à coordonner le travail des organisations régionales de métrologie en invitant les présidents des comités techniques dans le domaine de l'électricité et du magnétisme à participer aux réunions du CCEM liées au MRA. Une réunion annuelle des présidents des comités techniques dans le domaine de l'électricité et du magnétisme précède les réunions du CCEM.

Le CCEM a toujours exprimé un grand intérêt pour les comparaisons internationales et met en œuvre un programme dynamique de comparaisons clés. Il a maintenant approuvé pour l'équivalence provisoire huit comparaisons clés du CCEM et des organisations régionales de métrologie pour les grandeurs en courant continu et aux basses fréquences, et dix-sept comparaisons de grandeurs aux hautes fréquences. Il a approuvé pour l'équivalence à part entière, avec publication des valeurs numériques dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, six comparaisons du CCEM et deux comparaisons des organisations régionales de métrologie pour des grandeurs en courant continu et aux basses fréquences. Il approuve aussi régulièrement les résultats des neuf comparaisons clés du BIPM en continu. Il faut mentionner qu'à deux occasions le CCEM a approuvé la liaison des résultats de comparaisons clés internationales du CCEM à ceux de comparaisons clés des organisations régionales de métrologie, une comparaison de mesures de capacité à 10 pF et une autre d'étalons en courant continu à 10 V. De telles liaisons apportent la preuve de la faisabilité de la procédure de liaison, jugée critique, prévue dans le MRA. Ces progrès sont le résultat d'efforts considérables. Les laboratoires pilotes responsables de préparer, de mettre en œuvre, de rédiger le rapport et de veiller à l'approbation des résultats par le CCEM doivent consacrer beaucoup de temps à cette tâche. Certains laboratoires de métrologie ont donc fait part de leur préoccupation quant à la charge de travail consacrée aux comparaisons clés. Le Groupe de travail du CCEM sur les comparaisons clés a examiné cette question avec soin et a noté que : 1) dans certains cas plusieurs comparaisons clés concernant les mêmes grandeurs sont menées en parallèle ; 2) les comparaisons qui ont commencé avant la préparation des « Directives pour les comparaisons clés du CIPM » ont des protocoles et des méthodes d'analyse inadaptés ; et 3) la procédure d'examen des rapports des comparaisons clés est trop compliquée. Le CCEM a accepté les propositions suivantes pour augmenter l'efficacité et réduire la charge de travail liée aux comparaisons clés : 1) insister pour bien préparer le protocole afin de définir clairement les buts et les attentes de chaque comparaison ; 2) réduire le nombre de participants ; 3) aider les auteurs à préparer leur rapport ; 4) simplifier la procédure d'examen ; 5) réviser le programme des comparaisons clés pour le limiter à huit domaines seulement pour les comparaisons clés en courant continu et aux basses fréquences et à sept dans le domaine des radiofréquences et 6) organiser une seule comparaison clé à la fois dans chacun de ces domaines. Des progrès ont déjà été effectués pour mettre en œuvre ces améliorations.

Au début d'une comparaison, un comité restreint est créé pour aider le responsable de la comparaison dans le laboratoire pilote. La première tâche de chaque comité est d'approuver le protocole de la comparaison. Le nombre des laboratoires nationaux de métrologie demandant à participer aux comparaisons clés du CCEM devrait diminuer maintenant que l'on a réussi à relier deux comparaisons clés internationales du CCEM à des comparaisons des organisations régionales de métrologie, démontrant ainsi qu'il n'est pas nécessaire qu'un laboratoire national de métrologie participe à une comparaison clé du CCEM pour que ses degrés d'équivalence soient publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Le CCEM prépare maintenant des documents de directives pour élaborer, mettre en œuvre, préparer le rapport et

approuver les comparaisons clés. La procédure d'acceptation des rapports a été accélérée par la création d'un site Web au BIPM, en accès restreint, servant à héberger les rapports des comparaisons afin qu'ils puissent être discutés sur Internet et approuvés en dehors des réunions annuelles des groupes de travail responsables.

Enfin, le Groupe de travail sur les comparaisons clés a été dissous et le CCEM a établi le Groupe de travail pour les grandeurs aux basses fréquences, et l'a rendu directement responsable auprès du CCEM, ainsi que le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences, supprimant ainsi une étape intermédiaire dans la procédure d'approbation des résultats des comparaisons clés par le CCEM. Ces mesures ont reçu le soutien enthousiaste de tous les délégués du CCEM. Le directeur du BIPM s'est exprimé sur le fait que le traitement des rapports des comparaisons clés est souvent trop rigoureux et que l'on pourrait économiser beaucoup de temps en simplifiant l'analyse des résultats. Ce point de vue est partagé par un certain nombre de délégués du CCEM. »

Étant élu président désigné du Comité international, M. Göbel saisit cette dernière occasion qui lui est offerte, en qualité de président du CCEM, de remercier M. T.J. Witt (BIPM) pour son importante contribution aux activités du BIPM et comme secrétaire exécutif du CCEM. Enfin, il attire l'attention sur la version révisée des *Technical guidelines for reliable dc measurements of the quantized Hall resistance* publiés par MM. Delahaye et Jeckelmann dans *Metrologia*, 2003, **40**(5), 217-223.

M. Bordé demande quelles mesures sont nécessaires pour avoir pleinement confiance dans les expressions décrivant K_J et R_K en termes de e et h. M. Göbel répond que, pour la constante de Josephson, la théorie BCS et le dispositif de Josephson apportent la preuve de la relation $K_J = h/2e$. Pour l'effet Hall quantique, la situation est différente ; il n'y a pas de théorie concluante prouvant la relation $R_K = h/e^2$ et il reste nécessaire d'améliorer la réalisation de l'ohm du SI. Celle-ci est effectuée au moyen du condensateur calculable et il est donc important de réduire son incertitude. Troisièmement, bien sûr, la fermeture du triangle métrologique quantique pourrait être effectuée à un niveau proche de 1×10^{-8} en valeur relative.

M. Bordé remarque qu'il considère la constante de structure fine α comme la clé reliant les grandeurs électriques et magnétiques et encourage la poursuite des études sur cette constante et sur le condensateur calculable. M. Göbel est du même avis et ajoute que la PTB étudie aussi activement cette constante et sa stabilité.

15.5 Comité consultatif de thermométrie

M. Quinn exprime les regrets de M. Ugur, président du Comité consultatif de thermométrie (CCT) qui, pour des raisons indépendantes de sa volonté, ne peut assister à la Conférence et présenter son rapport.

Au nom de M. Ugur, M. Quinn attire l'attention sur le rapport imprimé du CCT et présente un historique du Comité. Il commence par souligner que la thermométrie est une des toutes premières activités que la Convention du Mètre ait confiées au BIPM, parce que la longueur de la règle métrique variait en fonction de la température. Il note aussi que la toute première échelle internationale de température, l'Échelle normale de l'hydrogène, a été élaborée au BIPM.

Dans la première décennie du 20e siècle, les « grands laboratoires » (la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, PTR, le National Physical Laboratory, NPL, et le National Bureau of Standards,

NBS) avaient discuté de la manière de donner à la thermométrie un fondement physique et international solide. Lors de la 5e Conférence générale en 1913, il avait déjà été envisagé d'établir une échelle de température internationale.

Le problème en thermométrie est que la grandeur que nous devons mesurer, la température thermodynamique, demande une procédure de mesure longue, compliquée et fastidieuse – et même aujourd'hui il n'est pas possible de mesurer la température thermodynamique directement avec la précision nécessaire dans de nombreux domaines de l'industrie. Ainsi, on a besoin de moyens pratiques pour indiquer la température. Ceci peut être illustré plus simplement en disant que les températures thermodynamiques peuvent être obtenues au moyen d'un thermomètre à gaz, alors que les températures pratiques sont obtenues au moyen d'un thermomètre à résistance.

Puis vint la Première Guerre mondiale et aucun progrès ne fut réalisé avant 1927, date à laquelle la 7e Conférence générale adopta l'Échelle internationale de température de 1927 provisoire. Il était prévu d'organiser une conférence internationale de thermométrie sous peu, mais cette conférence n'eut pas lieu. À la place, le Comité international créa le Comité consultatif de thermométrie et calorimétrie, qui se réunit pour la première fois en 1933 ; il était chargé d'établir et d'améliorer l'Échelle internationale de température.

L'Échelle fut révisée en 1948 (EIPT-48), puis en 1968 (EIT-68), devenant chaque fois plus complexe, tout en n'étant pas nécessairement plus proche de la température thermodynamique. Entre 1948 et 1968 les laboratoires nationaux de métrologie ont investi une énorme quantité de travail afin de mesurer les températures thermodynamiques et de développer les algorithmes et procédures pour une échelle pratique de température ; l'échelle de température de 1968 était très différente de celle de 1948. Nous savons maintenant que beaucoup de ces changements ont en fait éloigné encore plus l'échelle de la température thermodynamique.

Un an ou deux après la promulgation de l'EIPT-68, le CCT s'occupait déjà de sa révision. C'est en 1990 que celle-ci eut lieu : il s'agit de l'EIT-90, à laquelle M. Quinn et d'autres dans cette salle ont étroitement participé. Cette échelle est encore plus complexe, mais le CCT pense qu'elle est plus proche de la température thermodynamique que l'EIPT-68.

Pendant tout ce temps, de nombreuses comparaisons internationales de mesures de points fixes sur lesquels l'échelle est fondée ont été effectuées. Dans les années 1980 et 1990, l'on pensait que le sujet était bien compris. Cependant, quand le CCT a commencé les comparaisons clés, dans le cadre du MRA du CIPM, d'autres points de détail ont commencé à émerger.

Le CCT n'a pu se mettre d'accord sur de nombreux aspects liés à ces comparaisons. Des points de désaccord sévère apparurent au sein du CCT, en particulier en ce qui concerne la manière d'évaluer les incertitudes de mesure des points fixes et l'interprétation de la valeur de référence de la comparaison clé. Il a fallu de nombreuses années pour résoudre ces problèmes et il a été très difficile de conclure quant à l'interprétation des résultats de nombreuses comparaisons clés en thermométrie. Il n'y a toujours pas d'aptitudes en matière de mesure et d'étalonnages en thermométrie publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

Une partie du problème vient de ce que beaucoup des personnes impliquées, en particulier en thermométrie, étaient obsédées des menus détails concernant l'analyse statistique des résultats des comparaisons clés. M. Quinn commente que ceci pourrait faire l'objet d'une étude académique intéressante, mais il pousse les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie à examiner de près ce qui se passe dans leur section de thermométrie afin de s'assurer que les délégués qu'ils envoient aux Comités consultatifs aient une idée objective du rôle qui leur est imparti et afin d'introduire un sens des réalités dans le domaine de la thermométrie.

Après avoir dit cela, il note que certains signes montrent que les choses vont mieux et il exprime le souhait que les CMCs en thermométrie seront publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés au cours de l'année prochaine. M. Quinn le demande de toute urgence, soulignant que la thermométrie est un domaine majeur de la physique et des sciences de l'ingénieur et que la mesure des températures est une part importante de l'activité industrielle ; il est donc fondamental que ce sujet soit correctement représenté dans la base de données.

Enfin, il attire l'attention sur un nouveau groupe de travail du CCT, le neuvième, qui a été créé afin d'étudier les besoins dans le domaine des mesures thermophysiques. Il accueille favorablement cette ouverture à un domaine de grande importance pour de nombreux utilisateurs.

M. Quinn présente le rapport du président du CCT.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCT. Il s'est réuni trois fois depuis la précédente Conférence générale.

La 20e session du CCT, convoquée du 12 au 14 avril 2000, s'est terminée brutalement après la crise cardiaque de M. John Nicholas. Son décès a ému toutes les personnes présentes. La réunion a repris pour célébrer la mémoire de ce collègue et ami, et pour discuter des questions demandant une attention immédiate. La 21e session du CCT s'est tenue du 12 au 14 septembre 2001 et la 22e session du 14 au 16 mai 2003.

Groupe de travail 1 : points fixes de définition et instruments d'interpolation

Nos efforts dans ce domaine concernent principalement les techniques pour la réalisation des points fixes de l'EIT-90 et l'emploi des instruments d'interpolation. Lors de la 20e session, il a été décidé d'élargir le domaine concerné pour inclure des travaux sur les impuretés des points fixes. L'objectif principal est la révision du document *Supplementary Information for the International Temperature Scale of 1990*.

Le CCT considère qu'il est utile de mettre à jour la bibliographie dans le domaine de la thermométrie sur le site Web du BIPM. Le BIPM pourrait alors établir un lien aux pages Web bibliographiques des laboratoires nationaux de métrologie et proposer des recherches sur ces pages à l'aide de son moteur de recherche. Il a été demandé aux laboratoires nationaux de métrologie de communiquer leur adresse URL au secrétaire exécutif.

La réunion de 2003 a poursuivi les discussions sur *Supplementary Information* et a pris les décisions suivantes :

- Il faut préciser que les températures de référence correspondent à des substances chimiquement pures.
- Les concentrations isotopiques correspondant à la température définie doivent en général être précisées.

En l'absence d'autre information, la concentration isotopique sera la composition naturelle. Lorsque l'on aura une connaissance suffisante des effets isotopiques, les procédures de correction pour les compositions isotopiques précisées dans *Supplementary Information* seront rédigées. Une procédure est en cours pour incorporer une correction pour les réalisations du point triple de l'eau et pour l'hydrogène en équilibre.

Les projets de recommandations suivants sont en préparation :

- Révision du document sur l'estimation de l'incertitude de la cellule à points fixes provenant des impuretés. Les méthodes fondées sur des essais chimiques sont principalement recommandées, confortées par l'analyse thermique (comme la pente d'une courbe de fusion) et les comparaisons entre cellules. Les estimations des incertitudes fondées sur des comparaisons représentatives sont principalement utiles comme moyen de validation pour vérifier la contamination pendant la préparation. Il faut éviter de se fier uniquement à l'analyse thermique pour déterminer l'incertitude de la cellule.
- Méthodes proposées pour corriger le point de liquidus déterminé de manière expérimentale pour les concentrations en impuretés. Le Groupe de travail 1 pense qu'une correction de ce type est en principe souhaitable, mais seulement si l'incertitude relative sur l'analyse chimique se situe au niveau de 100 % ($k = 2$) ou mieux. Il semble à présent que les résultats des essais chimiques ont une utilité variable, avec des incertitudes relatives situées entre 20 % et 300 %. Le groupe de travail demande des informations sur les autres techniques d'analyse chimique disponibles ou utilisées par les laboratoires nationaux de métrologie. Il pourrait demander l'avis du Comité consultatif pour la quantité de matière, qui a récemment discuté de l'analyse des traces d'impuretés et a conclu qu'il n'était pas suffisant en général de se fier à une seule méthode.
- Méthodes proposées pour déterminer de manière expérimentale le point de liquidus.

Groupe de travail 2 : points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90

L'objectif principal de cette activité est la révision de la monographie *Techniques for Approximating the International Temperature Scale of 1990*, qui préciserait les incertitudes que l'on peut obtenir avec les techniques d'approximation.

Il a été décidé que les révisions de ce document doivent aller au-delà d'une simple mise à jour des références.

Une version électronique (au format PDF) des *Techniques* a été préparée. Ce document et la liste la plus à jour des points de référence secondaires (*Metrologia*, 1996, **33**, 133-154) seront placés sur le site Web du BIPM. Il est envisagé que les additifs publiés par les groupes de travail du CCT soient publiés sous forme électronique sur le site Web du BIPM dès qu'ils seront disponibles, ainsi que le texte final des nouveaux documents, afin de permettre une mise à jour rapide et un accès aisé.

Le CCT a aussi examiné les fonctions de référence des thermocouples or/platine (NIST, États-Unis) et platine/palladium (NIST et IMGC, Italie) et les a approuvées pour un usage général, afin d'aider la Commission électrotechnique internationale à préparer des normes internationales pour ces types importants de thermocouples.

Groupe de travail 3 : incertitudes

Le CCT a décidé de préparer un projet de directives pour l'analyse des incertitudes des thermomètres à résistance de platine étalons étalonnés aux points fixes de définition de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90). Il a été décidé de nommer ce document de directives *CCT Guidance Document on Uncertainties of SPRT Calibrations.*

Il a aussi été décidé que cette activité et celle sur les points fixes de définition et les instruments d'interpolation soient étroitement corrélées, et de donner des renvois croisés aux documents préparés pour ces deux études.

Le CCT a organisé divers ateliers sur les incertitudes en thermométrie, indépendants ou liés aux ateliers sur la thermométrie.

Un autre atelier se tiendra dans le cadre de TempMeko 2004 sur les incertitudes en thermométrie, avec une attention particulière aux points fixes.

Groupe de travail 4 : détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures

Lors de la Conférence générale en 1999, la Conférence avait invité le Comité international à préparer une équation de pression de fusion de l'^{3}He en fonction de la température thermodynamique pour servir de fondement à une extension de l'EIT-90 au-dessous de sa limite inférieure actuelle de 0,65 K.

L'extension de l'EIT-90 au-dessous de 0,65 K, connue sous le nom d'Échelle provisoire pour les basses températures de 2000 (EPBT 2000), a été discutée par le CCT. L'échelle est dite provisoire parce que son incertitude au-dessous de 10 mK est supérieure à celle souhaitée, et aussi parce que tout le travail étayant cette échelle n'a pas été publié dans des journaux à comité de lecture. L'échelle est un compromis entre les diverses échelles plutôt que le résultat d'un consensus. Le CCT propose toutefois d'adopter la version provisoire parce que nous ne disposons pas de nouvelles mesures et parce que nous avons vraiment besoin de cette échelle. L'EPBT 2000 recouvre l'EIT-90 entre 0,65 K et 1 K pour corriger les écarts des mesures thermodynamiques par rapport à l'EIT-90. Un tel recouvrement existait déjà entre l'Échelle internationale provisoire de température de 1968 (EIPT-68) et l'Échelle provisoire de température de 1976 (EPT-76) dans la partie inférieure de l'EIPT-68. Dans le domaine de recouvrement, on peut distinguer les températures par l'indice : T_{2000} fait référence à l'EPBT 2000 et T_{90} à l'EIT-90. Le CCT a approuvé à l'unanimité l'EPBT 2000 ; le CIPM l'a adoptée en octobre 2000.

Le CCT a suivi les progrès dans les domaines de la thermométrie thermodynamique et aux très basses températures et a noté avec intérêt les récents progrès du thermomètre à bruit à jonction tunnel de Spietz *et al.* de l'université de Yale, qui pourrait servir de sonde thermodynamique dans un domaine de températures très large. Il pourrait d'abord trouver des applications à de très basses températures pour lesquelles son incertitude relative, actuellement de 0,1 % de T, serait intéressante.

Groupe de travail 5 : thermométrie à rayonnement

Le CCT a décidé de dissoudre le Groupe de travail commun au CCT et au CCPR sur la détermination des températures thermodynamiques des corps noirs à haute température, car il n'est plus nécessaire. Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie a approuvé la recommandation du CCT, pourvu que le Groupe de travail 5 du CCT continue à travailler en commun avec le CCPR.

Les participants à un atelier sur les incertitudes en thermométrie à rayonnement, qui s'est tenu en 2001, ont produit un document présentant des conclusions et recommandations sur l'évaluation

de l'incertitude en thermométrie à rayonnement. Dans ce document, l'analyse à ce jour examine les réalisations au-dessus du point de l'argent et comprend les points clés suivants :

- inclure des coefficients de sensibilité dans un modèle d'incertitude ;
- estimer les valeurs des incertitudes « normales » et correspondant aux « meilleures réalisations » caractérisées pour trois différents types de réalisation (deux fondées sur des lampes et une sur un thermomètre) ;
- examiner le lien aux critères d'évaluation des données de l'annexe C de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, qui donne la liste des services normalement offerts par les laboratoires nationaux de métrologie ;
- déterminer certaines limites techniques à la mise en pratique (comme la détermination de la longueur d'onde, la stabilité du filtre et la non-linéarité du thermomètre).

Le programme de travail actuel comprend l'examen des bilans d'incertitude pour la thermométrie à rayonnement au-dessous du point de l'argent, ainsi que l'identification des valeurs préliminaires des eutectiques métal-carbone comme points de référence secondaires éventuels.

Études sur l'EIT-90 et discussions sur l'EIT-20XX

Pour évaluer les besoins futurs concernant l'Échelle internationale de température, un atelier intitulé « Towards ITS-20XX » a eu lieu en liaison avec le 8e symposium sur la température à Chicago, en octobre 2002.

Le CCT a décidé d'être actif dans ce domaine et d'étudier la situation et les besoins futurs par diverses activités, y compris des ateliers et des études.

La communauté des thermométristes est d'accord pour considérer que le rôle du CCT est d'identifer et d'anticiper les changements nécessaires, y compris de faire la promotion officielle d'une approximation de l'EIT-90, utile en termes de coût et par ses applications. Des applications aux plus basses températures pour la thermométrie à rayonnement et de nouvelles équations pour les thermocouples à utiliser au-dessus et au-dessous de 0 °C ont été citées comme des améliorations potentielles pratiques.

Groupe de travail 6 : mesures d'humidité

Le travail dans ce domaine est principalement centré sur l'organisation d'une comparaison clé.

Le nombre d'études sur les mesures d'humidité augmente, comme nous pouvons le voir d'après l'atelier sur l'humidité qui s'est tenu avec succès au Taipei chinois sous l'égide de TempMeko en 2001. De nombreuses activités liées au CCT ont lieu à cette occasion, notamment les réunions du Groupe de travail 6.

Groupe de travail 7 : comparaisons clés

CCT-K1 : réalisations de l'EIT-90 entre 0,65 K et 24,5561 K au moyen de thermomètres à résistance rhodium-fer. Cette comparaison clé a débuté en 1996 et les premières mesures ont été réalisées en 1998. Toutes les mesures sont terminées et le traitement des données est en cours. Il est envisagé de compiler une matrice des températures mesurées par les laboratoires à l'aide de douze thermomètres comparés pour une cinquantaine ou une soixantaine de températures. Ceci

permettra d'identifier les valeurs en désaccord, qui pourraient nécessiter une discussion avec les participants, puis de faire circuler le projet A de rapport en 2003. Nous espérons que la procédure sera terminée, et que le projet B de rapport sera approuvé, ainsi que les données à entrer dans l'annexe B, pour la conférence TempMeko en 2004.

CCT-K2 : réalisations de l'EIT-90 entre 13,8 K et 273,16 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons de type capsule. Cette comparaison clé est terminée et le rapport final ainsi que les données pour l'annexe B ont été publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

CCT-K3 : réalisations de l'EIT-90 entre 83,8 K et 933,5 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons à longue tige. Cette comparaison clé est terminée et le rapport final ainsi que les données pour l'annexe B ont été publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

CCT-K4 : points fixes de l'aluminium et de l'argent. Cette comparaison clé est terminée et le rapport final ainsi que les données pour l'annexe B ont été publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

CCT-K5 : réalisations de l'EIT-90 entre le point de l'argent et 1700 °C au moyen de lampes à ruban dans le vide comme étalons de transfert. Les mesures sont terminées et le projet A de rapport a été distribué aux laboratoires participants pour discussion.

CCT-K6 : étalons d'humidité. Le protocole de la comparaison a été préparé et les mesures débuteront prochainement.

CCT-K7 : cellules à point triple de l'eau. Les mesures ont débuté. Le projet A de rapport devrait être prêt au début de 2004.

Équivalence internationale des mesures de température et comparaisons internationales correspondantes

Une composante majeure de ce travail est de discuter de l'état d'avancement des comparaisons clés. Plusieurs réunions ont eu lieu depuis janvier 2000 entre les coordonnateurs des comparaisons clés et le groupe de travail concerné, pour identifier les cas où il n'y a pas de consensus sur les incertitudes. Des protocoles seront nécessaires pour toutes les comparaisons clés, y compris celles en cours, de manière à ce que les comparaisons clés effectuées par les organisations régionales de métrologie puissent être liées aux comparaisons clés du CCT. Les protocoles doivent garantir que les résultats d'une comparaison clé d'une organisation régionale de métrologie sont compatibles et comparables à ceux d'une comparaison clé du CCT.

Le CCT a discuté de l'interprétation des expressions « écarts significatifs qui ne peuvent pas être expliqués », donnée dans les annexes B et C de l'Arrangement dans le contexte de l'équivalence des données, et « écarts significatifs » qui pourraient être identifiés par le laboratoire pilote pendant la comparaison clé. Cette question n'a pas été entièrement résolue.

Discussion sur l'état d'avancement et les résultats des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie

À notre connaissance, aucune comparaison régionale ou bilatérale liée à la comparaison clé CCT-K1 n'est prévue ou en cours. Des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages dans

ce domaine de température ont été soumises pour publication dans l'annexe C par COOMET, et d'autres devraient l'être par d'autres organisations régionales de métrologie.

Un rapport sur la comparaison clé bilatérale équivalente à CCT-K2 entre l'Institut des mesures physico-techniques et radiotechniques du Gosstandart de Russie (VNIIFTRI, Féd. de Russie) et le NRC (Canada) a été soumis au CCT. Une recommandation devrait être proposée prochainement à ce sujet, et la publication des données dans l'annexe B de la base de données est prévue pour la fin 2003. Des comparaisons clés régionales équivalentes à la comparaison clé CCT-K3 sont en cours à l'APMP et à l'EUROMET. Le SIM entreprend des comparaisons supplémentaires dans ce domaine de température et a rencontré des problèmes lors du passage en douane et du transport des artefacts entre les pays. Une comparaison clé bilatérale entre le CENAM (Mexique) et le NIST (États-Unis) devrait débuter en 2003.

Une comparaison de l'APMP équivalente à la comparaison clé CCT-K4 est envisagée. Le protocole est en discussion entre les participants.

Deux comparaisons clés régionales équivalentes à la comparaison clé CCT-K5 sont en cours à l'APMP et à l'EUROMET.

Une comparaison clé des organisations régionales de métrologie correspondant à la comparaison CCT-K6 a été réalisée par l'APMP et une comparaison similaire sera effectuée par l'EUROMET l'an prochain. Une comparaison clé bilatérale entre le NIST et l'Instituto Nacional de Metrologia, Normalizaçao e Qualidade Industrial (INMETRO, Brésil) aura lieu sous l'égide du SIM.

À notre connaissance, aucune comparaison régionale ou bilatérale liée à la comparaison clé CCT-K7 n'est prévue ou en cours.

Le SADCMET a l'intention d'entreprendre une série de comparaisons supplémentaires dans des domaines de température très variés.

Groupe de travail 8 : possibilités en matière de mesures et d'étalonnages

Le CCT a établi des groupes de travail chargés de l'examen des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages et de la cohérence entre les déclarations de CMCs et les résultats des comparaisons clés. Les groupes de travail ont examiné la majorité des données à inclure en thermométrie.

Groupe de travail 9 : propriétés thermophysiques

Le CCT, considérant l'importance des propriétés thermophysiques, a établi un groupe de travail pour étudier les besoins dans le domaine des mesures thermophysiques. Les activités sont centrées sur la détermination du périmètre et l'identification des comparaisons clés potentielles. Les catégories de services correspondantes ont été identifiées et intégrées à la liste des services déjà établie pour les autres mesures liées à la thermométrie.

Questions diverses

Le CCT remercie M. Durieux, qui a participé à dix-sept sessions du CCT et a été le rapporteur de quinze d'entre elles (depuis 1971). Le comité reconnaît la contribution scientifique de

M. Durieux à la métrologie et à l'EIPT-68, et aux échelles pour les basses températures en particulier, ainsi que ses efforts exemplaires pour prendre les notes pendant les discussions. »

M. Bordé demande aux délégués s'ils ont des questions à poser.

M. de Castro (Portugal) dit que les activités du Groupe de travail 9 du CCT progressent bien, sous la présidence de M. J. Redgrove, du NPL. Des comparaisons clés ont été proposées dans les domaines de la conductivité et de la diffusion thermiques et peut-être, à l'avenir, dans le domaine des mesures de capacité calorifique.

M. Schwitz revient à la discussion sur le manque de progrès dans le domaine de la thermométrie dans le cadre du MRA du CIPM. Il suggère que M. Quinn écrive aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés, ainsi qu'aux organisations régionales de métrologie impliquées, pour les encourager à une approche plus consensuelle. M. Quinn répond qu'il a évidemment déjà mentionné cette question lors de plusieurs sessions du CCT, mais il dit qu'il sera heureux de leur adresser aussi une lettre à ce sujet.

M. Göbel demande s'il est prévu de réviser l'EIT-90. M. Quinn dit que des discussions sont en cours mais que ce n'est pas urgent, parce que l'EIT-90 fonctionne bien.

M. Kovalevsky demande s'il est envisagé d'étendre l'échelle jusqu'au domaine du microkelvin ou du nanokelvin. M. Quinn explique que l'EIT-90 va actuellement jusqu'à 0,6 K, avec une extension jusqu'à environ 1 mK. Il n'est pas nécessaire d'avoir une échelle pratique de température pour des températures plus basses, parce que les températures thermodynamiques peuvent être mesurées directement avec la précision requise. Il en est de même pour les très hautes températures.

15.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie

M. Hengstberger, président du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), présente le rapport suivant.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCPR.

Le CCPR se réunit maintenant tous les deux ans. Il s'est réuni deux fois au BIPM depuis la 21e Conférence générale des poids et mesures, la première fois, du 24 au 26 avril 2001, sous la présidence de M. A.J. Wallard, et la seconde, du 17 au 19 juin 2003, sous la présidence de M. F. Hengstberger. Dans la période qui a suivi immédiatement la signature de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle entre les laboratoires nationaux de métrologie en 1999, le Comité s'est intéressé principalement au choix et à la mise en œuvre des comparaisons clés nécessaires dans ce domaine. Ensuite son centre d'intérêt s'est déplacé vers le traitement et l'évaluation des résultats des comparaisons, la sélection des méthodes de calcul des valeurs de référence des comparaisons clés, et la compilation et la mise en place des procédures détaillées pour la préparation des rapports provisoires et finaux des comparaisons. Pour rationaliser la procédure d'examen inter-régional des CMCs soumises par les laboratoires nationaux de métrologie pour publication dans l'annexe C de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, et pour faciliter l'accord inter-régional sur les catégories de services des CMCs, le CCPR a suivi la recommandation du JCRB et a établi un groupe de travail sur ce sujet. Lors de sa session en 2003, le CCPR a rappelé sa Recommandation 1 de 1977 et a décidé de recommander au CIPM d'inclure une annexe sur les unités photobiologiques dans la nouvelle édition de la brochure sur

le SI. Un groupe restreint, présidé par M. J. Bastie du BNM (France) préparera le projet de texte avant la fin de 2003.

Les activités internationales dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie seront inévitablement très affectées par la fermeture prévue des laboratoires de photométrie et radiométrie au BIPM, en particulier parce que le BIPM était le laboratoire pilote de nombreuses comparaisons clés. Les laboratoires du BIPM conservaient aussi des représentations de la candela internationale et du lumen international, sous forme de groupes de lampes étalons. Cependant, d'autres laboratoires nationaux de métrologie peuvent aussi conserver des échelles que l'on peut comparer de manière régulière et ainsi conserver la candela internationale. La fermeture de la section affectera aussi les membres de la Convention du Mètre, en particulier les pays les moins développés, qui ne pourront plus utiliser les laboratoires du BIPM pour établir la traçabilité de leurs étalons à une source indépendante. Le BIPM continuera à assurer le secrétariat du CCPR, comme il le fait pour les autres Comités consultatifs.

Groupe de travail commun au CCT et au CCPR

Les missions de ce groupe de travail sont les suivantes :

- établir et améliorer les méthodes optiques pour la mesure des températures dans le cadre de l'Échelle internationale de température ;
- maintenir de bonnes relations avec la communauté des radiométristes ;
- maintenir la liaison entre le CCT et le CCPR.

Le travail de ce groupe est actuellement centré sur :

- l'examen des paramètres de base pour la réalisation de l'échelle de température à rayonnement ;
- le suivi des progrès des mélanges eutectiques métal-carbone utilisés pour une nouvelle génération de radiateurs à corps noir à haute température.

Ces activités ont été intégrées à celles du Groupe de travail 5 du CCT sur la thermométrie à rayonnement, auquel M. N.P. Fox du NPL (Royaume-Uni) représente le CCPR en tant qu'observateur. Bien que les échanges s'effectuent essentiellement par courrier électronique, depuis sa création en 2000 le groupe s'est réuni à Berlin (2001), à Chicago (2002) et à Paris (2003). L'observateur du CCPR présente à chaque session du CCPR un rapport sur les activités de ce groupe.

Le Groupe de travail 5 du CCT a déjà terminé la rédaction d'un document intitulé *Uncertainty Budgets for Realization of Scales by Radiation Thermometry* et coordonne les activités de plusieurs laboratoires nationaux de métrologie sur les eutectiques métal-carbone. Les radiateurs à corps noir utilisant des eutectiques métal-carbone sont aussi de nouveaux étalons importants pour la réalisation des échelles de luminance énergétique spectrale et d'éclairement énergétique spectral en radiométrie.

Ce groupe n'étant plus un groupe de travail distinct du CCPR, ces activités seront présentées dans les rapports futurs à la Conférence générale sous l'intitulé « Liaison avec le CCT sur les activités en thermométrie à rayonnement ».

Groupe de travail sur les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages

Le CCPR a longtemps maintenu un groupe de travail non officiel sur l'analyse des CMCs qui a, selon les recommandations du JCRB, été officialisé et aura les missions suivantes :

- établir et maintenir la liste des catégories de services pour les CMCs, et si nécessaire établir des règles pour la préparation de ces données ;
- approuver des critères d'examen techniques détaillés pour les CMCs ;
- coordonner et, si possible, effectuer des examens inter-régionaux des CMCs soumises par les organisations régionales de métrologie pour publication dans l'annexe C de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
- coordonner l'examen des CMCs existantes au vu des nouveaux résultats des comparaisons clés et supplémentaires.

Conformément à la recommandation du JCRB, les membres du Groupe de travail sur les CMCs sont les représentants des Comités techniques des organisations régionales de métrologie dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie. En tant que président du CCPR, je contacte actuellement les membres éventuels du nouveau groupe de travail pour reprendre le travail urgent sur les catégories de services pour les CMCs et examiner les CMCs soumises au niveau inter-régional. J'ai l'intention de réunir le groupe de travail en 2004 sous sa présidence et de proposer une présidence tournante entre les organisations régionales de métrologie, par ordre alphabétique, pour les réunions ultérieures. Les activités importantes sur les catégories de services pour les CMCs et l'examen inter-régional se poursuivront d'ici là par courrier électronique.

Groupe de travail sur les comparaisons clés

À la demande des membres, le président du CCPR préside le Groupe de travail sur les comparaisons clés, dont les domaines d'intérêt sont les suivants :

- établir et maintenir une liste des comparaisons clés et autres dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie, qui étayera convenablement les déclarations de CMCs des laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine de mesure, dans l'esprit du MRA ;
- coordonner et établir le programme des comparaisons clés, examiner l'état d'avancement des comparaisons et recommander la publication des résultats des comparaisons clés dans l'annexe B de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
- fournir des directives supplémentaires et/ou des interprétations des directives sur l'organisation des comparaisons clés pour le MRA, à appliquer spécifiquement au domaine de la photométrie et de la radiométrie ;
- recommander des principes généraux pour le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie ;
- apporter de l'aide pour définir quelles CMCs sont étayées par des comparaisons clés ;
- identifier les domaines pour lesquels de nouvelles comparaisons clés sont nécessaires ;
- superviser les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie.

Le groupe de travail a pour le moment défini six comparaisons clés dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie ; les comparaisons de la première série sont terminées ou en cours. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a établi un ou plusieurs groupes spécialisés pour chaque comparaison clé en cours, selon qu'elle fait l'objet d'une comparaison unique ou de sous-comparaisons séparées. Lorsque des comparaisons clés d'un même paramètre sont

effectuées à plusieurs longueurs d'onde, plusieurs sous-groupes et plusieurs laboratoires pilotes s'occupent des sous-comparaisons individuelles. Une lettre est ajoutée à l'identifiant de la comparaison clé pour repérer la sous-comparaison et le groupe qui en est chargé. Les membres de ce groupe sont des représentants du laboratoire pilote et d'un certain nombre de laboratoires participants, et chaque groupe présente l'état d'avancement de la comparaison et les problèmes rencontrés aux réunions du Groupe de travail sur les comparaisons clés. Ces groupes sont dissous après la production du rapport final de la comparaison.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a approuvé des recommandations générales, destinées aux groupes restreints, concernant le calcul des valeurs de référence d'une comparaison clé et a approuvé, lors de sa réunion de 2003, la création d'un groupe supplémentaire, présidé par M. Y. Ohno du NIST (États-Unis), chargé de produire un document de directives du CCPR sur la préparation des rapports des comparaisons.

Comparaison clé du CCPR d'éclairement énergétique spectral (CCPR-K1)

Cette comparaison est effectuée pour deux domaines de longueurs d'ondes qui se chevauchent partiellement. La première sous-comparaison (CCPR-K1.a) couvre la région entre 250 nm et 2500 nm ; elle a pour laboratoire pilote le NPL (Royaume-Uni). Elle compte douze participants et se déroule en trois phases, avec quatre laboratoires par phase. Les mesures devraient être achevées en 2003. L'analyse des résultats et la compilation du projet A de rapport de la comparaison sont prévus pour décembre 2003 et le projet B final pour mai 2004. En tout, la comparaison durera entre trois et quatre ans. Pour information sur l'analyse des coûts pour le laboratoire pilote, le NPL estime qu'ils représentent 300 jours de travail pour les mesures et la maintenance des équipements, auxquels viennent s'ajouter les investissements pour les équipements, l'automatisation et la mise à niveau des installations.

La seconde sous-comparaison (CCPR-K1.b) concerne l'ultraviolet (entre 200 nm et 400 nm). Le laboratoire pilote (PTB, Allemagne) a pris en charge la sélection, le vieillissement et les essais des lampes à deutérium utilisées comme instruments de transfert. Les premiers participants recevront les lampes à l'automne 2003 pour commencer leurs mesures.

Comparaison clé du CCPR de sensibilité spectrale (CCPR-K2)

Le domaine de longueurs d'ondes couvert par cette comparaison est divisé en trois régions qui se chevauchent, entre 900 nm et 1600 nm (CCPR-K2.a), entre 300 nm et 1000 nm (CCPR-K2.b), et entre 200 nm et 400 nm (CCPR-K2.c). Les trois sous-comparaisons sont pilotées par le NIST, le BIPM et la PTB respectivement.

La comparaison CCPR-K2.a en est au stade du projet A de rapport ; le projet B devrait être bientôt disponible.

La comparaison CCPR-K2.b en est au stade du projet B de rapport et les participants se sont mis d'accord lors d'une réunion en 2003 sur les questions concernant le rapport final.

Les étalons de transfert spéciaux qui seront utilisés dans la comparaison CCPR-K2.c ont été reçus et vérifiés par le laboratoire pilote (PTB). Ils devraient être envoyés au premier groupe de participants en septembre 2003 pour commencer les mesures.

Comparaison clé du CCPR d'intensité lumineuse et de sensibilité lumineuse (CCPR-K3)

Les deux sous-comparaisons CCPR-K3.a, utilisant des lampes étalons à intensité lumineuse et CCPR-K3.b, utilisant des récepteurs photométriques, sont terminées. La comparaison CCPR-K3.a, dont le laboratoire pilote est la PTB, s'est achevée en 1999 et les résultats sont publiés dans l'annexe B de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. La comparaison CCPR-K3.b, dont le laboratoire pilote est le BIPM, est aussi terminée et le rapport final sera publié sous peu.

Comparaison clé du CCPR de flux lumineux (CCPR-K4)

Cette comparaison clé s'est achevée en 1999, la PTB en était le laboratoire pilote. Les résultats ont été approuvés pour publication dans l'annexe B de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

Comparaison clé du CCPR de facteur de réflexion spectral diffus (CCPR-K5)

Une des trois étapes de la comparaison est terminée, la seconde est en cours. Le NIST en est le laboratoire pilote.

Comparaison clé du CCPR de facteur de transmission spectral régulier (CCPR-K6)

Le laboratoire pilote (BNM) a reçu tous les résultats des participants et les analyse actuellement pour compiler le projet A de rapport de la comparaison.

Outre le fait de coordonner les comparaisons clés, le Groupe de travail sur les comparaisons clés a aussi suivi l'état d'avancement de trois comparaisons supplémentaires. La première (CCPR-S1) concerne les mesures de luminance énergétique spectrale ; elle a pour laboratoire pilote l'Institut de recherche de Russie pour les mesures en optique physique du Gosstandart de Russie (VNIIOFI, Féd. de Russie). Les mesures sont presque terminées et le laboratoire pilote s'apprête à commencer l'analyse des résultats et à préparer le projet A de rapport. La comparaison supplémentaire CCPR-S2 concerne les mesures d'aires d'ouverture de radiomètres absolus ; elle a pour laboratoire pilote le NIST. La plupart des mesures des participants sont terminées et le laboratoire pilote commencera bientôt l'analyse des résultats et la préparation du rapport. La comparaison CCPR-S3 de radiomètres cryogéniques est terminée, et les participants ont approuvé et publié le rapport final.

Groupe de travail sur la radiométrie dans l'ultraviolet

M. E. Ikonen de l'université de technologie d'Helsinki (HUT, Finlande) a remplacé M. B. Wende de la PTB comme président du Groupe de travail sur la radiométrie dans l'ultraviolet. Les missions de ce groupe sont les suivantes :

- étudier les problèmes de mesure dans l'ultraviolet et encourager la coordination des activités des laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine ;
- prendre des initiatives pour améliorer l'équivalence internationale dans le domaine de la radiométrie dans l'ultraviolet, en tenant compte des techniques traditionnelles ainsi que du

rayonnement synchrotron, de la radiométrie cryogénique et des nouvelles techniques pouvant améliorer la stabilité des étalons de transfert.

Les priorités approuvées comprennent :

- la coordination de la recherche sur les récepteurs étalons de transfert dans l'ultraviolet, dans le vide et dans l'air ;
- la comparaison de la sensibilité spectrale dans l'ultraviolet dans le vide entre 10 nm et 250 nm ;
- la coordination de la recherche pour mettre au point des étalons de transfert du facteur de réflexion diffuse appropriés à l'ultraviolet.

Il a été décidé à la réunion du CCPR en 2003 que la comparaison de sensibilité spectrale dans le domaine de l'ultraviolet dans le vide (le point 2 ci-dessus) serait une sous-comparaison de la comparaison clé CCPR-K2 et que la PTB en serait le laboratoire pilote.

Des réunions du groupe de travail ont eu lieu pendant la période de quatre ans couverte par ce rapport à Madrid (octobre 1999), Paris (avril 2001), Washington (mai 2002) et Paris (juin 2003).

Conclusions

Les comparaisons de la première série de comparaisons clés du CCPR étant terminées ou ayant bien progressé, plusieurs problèmes complexes concernant l'acceptation des résultats et le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés ayant été résolus, et les deux premières étapes de l'examen inter-régional des déclarations de CMCs étant terminées, le CCPR consacrera maintenant son attention au suivi et aux aspects scientifiques de ce domaine. Le suivi englobe l'achèvement de la première série de comparaisons clés, l'extension de la liste des catégories de services, les étapes futures de l'examen inter-régional des CMCs, des conseils sur les domaines des paramètres étayés par chaque comparaison clé et les décisions concernant le moment auquel les comparaisons clés seront répétées. Du point de vue scientifique, les mesures de puissance optique et d'énergie, et la métrologie des communications par fibres optiques, n'ont pas été suivies depuis de nombreuses années, en raison des priorités imposées par la mise en œuvre du MRA. Ces questions devront faire l'objet d'une attention soutenue dans l'avenir. Un autre domaine à considérer est la coopération avec d'autres organisations internationales actives dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie, par exemple la Commission internationale de l'éclairage (CIE), l'Organisation météorologique mondiale (OMM) etc. La signature récente du protocole d'accord entre le Comité international et l'OMM facilite déjà la coopération avec les comités concernés de l'OMM.

Enfin, j'aimerais aussi rendre hommage au personnel dévoué de la section de photométrie et radiométrie du BIPM, dirigée par M. Michael Stock depuis que M. Rainer Köhler a été nommé à d'autres fonctions au BIPM. M. Stock, comme M. Köhler avant lui, et leur équipe, ont joui du respect de leurs collègues des laboratoires nationaux de métrologie dans le monde pour leur excellence scientifique. Même s'ils sont affectés à d'autres fonctions utiles au BIPM après la fermeture du laboratoire, la communauté métrologique internationale de ce domaine regrettera amèrement leurs contributions scientifiques et techniques. »

M. Bordé remercie M. Hengstberger pour sa présentation et demande s'il y a des commentaires.

M. de Leer commente qu'il sera stimulant d'améliorer la coopération entre les métrologistes travaillant dans les domaines de la photométrie et la radiométrie et de la chimie.

M. Lusztyk souligne à son tour l'importance de la métrologie dans le domaine des sciences biologiques, mentionnant en particulier les techniques telles que la spectroscopie, la spectrophotométrie et la colorimétrie. Il souligne que les mesures quantitatives effectuées avec des puces d'ADN sont presque entièrement fondées sur la colorimétrie et que la qualité de ces mesures dépend en grande partie des métrologistes qui fournissent le support quantitatif approprié.

M. Hengstberger confirme que le CCPR comprend le déplacement du pôle d'intérêt vers la chimie et accepte la politique du BIPM. Il se dit confiant que les défis lancés dans les domaines de la photométrie et de la métrologie seront résolus par le réseau compétent des laboratoires nationaux de métrologie.

M. Kovalevsky suggère que le CCPR pourrait collaborer avec l'UAI pour certains problèmes communs. La photométrie et la spectrophotométrie sont parmi les principaux outils des astronomes. Pour de très bonnes raisons, ils utilisent leur propre système d'unités ; bien que l'unité W/s convienne pour la mesure du rayonnement solaire par exemple, d'autres unités sont généralement utilisées pour les étoiles. Il se demande s'il serait approprié de contacter le président de la commission de photométrie pour voir s'il est possible d'étudier certains problèmes communs.

M. Hengstberger note que la CIE a des liens très étroits avec l'UAI, en particulier pour réduire la pollution lumineuse.

M. Bordé revient ensuite sur un sujet déjà évoqué lors de la précédente Conférence générale : comment le CCPR quantifie-t-il la cohérence des sources ?

M. Hengstberger répond que certaines des corrections que nous appliquons, par exemple pour la diffraction due aux ouvertures, sont influencées par la théorie de la cohérence, toujours à l'étude. Nous approchons du point où nous pourrons utiliser les résultats théoriques pour des corrections numériques en radiométrie. La détermination de la cohérence des sources est un domaine d'étude, mais on ne mesure pas la cohérence dans les comparaisons clés.

M. Göbel demande s'il est nécessaire de couvrir tout le domaine des longueurs d'onde dans les comparaisons clés de certaines grandeurs.

M. Hengstberger explique que le domaine comprend une cinquantaine de grandeurs différentes ; le CCPR en a sélectionné quelques-unes pour faire l'objet de vérifications dans le cadre des comparaisons clés. Cependant chacune des grandeurs choisies, comme l'éclairement énergétique spectral ou la sensibilité spectrale sont des grandeurs « clés » pour tout le domaine de longueurs d'onde couvert par la radiométrie. Aussi, bien que le CCPR ne vérifie pas les cinquante grandeurs, chaque grandeur sélectionnée est vérifiée pour tout le domaine de longueurs d'onde.

M. Bordé remercie à nouveau M. Hengstberger.

15.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants

M. Moscati, président du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), présente le rapport suivant.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCRI.

La grande variété des applications des rayonnements ionisants dans les domaines de la médecine, des sciences et des techniques, requiert que des mesures soient effectuées pour un

vaste domaine d'énergies et de doses, et pour un grand nombre de types de rayonnements. À une extrémité de l'échelle, de hauts niveaux d'activité (du TBq au PBq) et de dose (du Gy au MGy) sont nécessaires pour les mesures dans les domaines de la médecine et de l'industrie. À l'autre extrémité, de faibles niveaux d'activité (du Bq au kBq) et de dose (du μGy au mGy) sont nécessaires dans le domaine de la législation sur la santé et les mesures relatives à l'environnement. De nombreuses demandes dans le domaine médical se situent entre ces deux extrêmes. À tous les niveaux, les gouvernements s'intéressent de plus en plus aux mesures des rayonnements ionisants et il est nécessaire au niveau international que ces mesures soient parfaitement liées au SI. La pression exercée par les agences de réglementation et par les utilisateurs pour réduire les incertitudes de mesure incite fortement les laboratoires nationaux de métrologie à anticiper les besoins dans ce domaine.

Le CCRI joue un rôle clé en rassemblant des représentants des laboratoires de métrologie des rayonnements ionisants du monde entier, au niveau national et international, et en offrant un forum de discussion où ils puissent se mettre d'accord. Les activités mises en œuvre par le CCRI, au BIPM et dans les laboratoires nationaux de métrologie, assurent un lien sûr et permanent entre les mesures des rayonnements ionisants et le SI.

Depuis la 21e Conférence générale en 1999, le CCRI et ses trois Sections, la Section I (Rayons x et γ, électrons), la Section II (Mesure des radionucléides), et la Section III (Mesures neutroniques), se sont réunis deux fois, du 21 au 29 mai 2001 et du 22 au 30 mai 2003. Les réunions se sont tenues dans le nouveau Pavillon du Mail au BIPM, qui bénéficie de tous les équipements nécessaires pour améliorer l'efficacité des discussions, ce qui a été très apprécié. Lors de la 17e session du CCRI en 2001, la Section II a organisé un séminaire sur le comptage par scintillation liquide, ce qui constitue une innovation pour le CCRI, et lors de la 18e session en 2003, la Section I a organisé un séminaire sur la radiométrie et la dosimétrie par rayonnement synchrotron. Ces séminaires, à la pointe du progrès, ont été bien accueillis, et pourraient être inscrits régulièrement à l'ordre du jour des réunions. La formule consistant à réunir les trois Sections à la suite semble bien fonctionner, même si c'est une lourde charge pour le BIPM.

Dans ce rapport, les travaux du CCRI, qui sont en liaison étroite avec ceux du BIPM, sont décrits selon l'ordre des Sections. Les publications du CCRI fournissent plus de détails.

Rayons x et γ, électrons

Dans le domaine de la dosimétrie, les discussions de la Section I du CCRI ont été consacrées principalement à l'analyse des résultats des diverses comparaisons clés à publier dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, KCDB. Les facteurs de correction pour les étalons à paroi d'air et pour les chambres d'ionisation à cavité utilisées pour les comparaisons clés ont fait l'objet de débats animés pendant de nombreuses années. Plusieurs décisions et une Recommandation ont été adoptées lors de la réunion en 2003 pour résoudre ces questions d'importance. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a recommandé des procédures à suivre pour s'assurer que les résultats du plus grand nombre possible de laboratoires nationaux de métrologie soient publiés dans la KCDB avant la fin de l'année 2003.

Les comparaisons clés internationales du CIPM dans le domaine de la dosimétrie sont de deux types, les comparaisons clés en continu du BIPM et les comparaisons clés de la Section I. Depuis 1999, plus de trente comparaisons d'étalons primaires ont été effectuées, avec la participation de seize pays, permettant aux laboratoires nationaux de métrologie de se conformer à la recommandation de comparer leurs étalons au moins une fois tous les dix ans, en réponse à

l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Les résultats sont regroupés en sept comparaisons clés dans la KCDB et concernent vingt et un laboratoires d'étalonnage primaires. Pour les laboratoires nationaux des vingt et un États membres qui maintiennent des étalons secondaires, l'étalonnage périodique de leurs étalons au BIPM leur permet de participer avec confiance aux comparaisons clés des organisations régionales de métrologie. Pour les pays qui ne sont pas membres de la Convention du Mètre et qui utilisent des rayonnements ionisants, en particulier dans le domaine de la radiothérapie à usage médical, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) coordonne avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS) un réseau de laboratoires secondaires de dosimétrie. Les références dosimétriques de l'AIEA sont traçables aux étalons du BIPM ; des étalonnages périodiques des instruments de référence sont réalisés dans les faisceaux de rayonnements du BIPM. L'AIEA a le statut d'observateur de la Section I du CCRI et présente un rapport à chacune des réunions sur ses activités dans le domaine de la dosimétrie. Les rapports des autres observateurs internationaux ont mené à une discussion au sein d'un comité de l'International Commission on Radiation Units and Measurements chargé de résoudre la question des valeurs et des incertitudes des constantes physiques utilisées dans les équations de mesures en dosimétrie.

Mesure des radionucléides

Les comparaisons de mesures d'activité du CIPM comprennent à la fois les comparaisons de mesures absolues de la Section II du CCRI et les comparaisons de mesures relatives en continu du BIPM. Dans les comparaisons de la Section II du CCRI, on distribue aux participants, à une date donnée, des échantillons d'une même solution radioactive. Les mesures relatives concernent le Système international de référence (SIR) dans lequel les laboratoires nationaux de métrologie envoient au BIPM, à n'importe quel moment, des échantillons de radionucléides émetteurs de rayonnement γ, à comparer aux sources de référence du SIR.

Lors des deux dernières réunions de la Section II du CCRI, les discussions ont été consacrées principalement à deux domaines d'activités : l'établissement des valeurs de référence des comparaisons clés et l'extension du Système international de référence aux comparaisons de rayonnements bêta purs. Un groupe de travail sur les comparaisons clés a été créé pour ré-examiner les résultats des comparaisons du SIR et, en particulier, pour élaborer un mécanisme permettant d'identifier et de traiter les résultats aberrants. Cette procédure a été approuvée à l'été 2002 et la rédaction des rapports finaux pour publication dans la KCDB a débuté à l'automne. Les résultats de plus de la moitié des 59 comparaisons clés de mesures d'activité en continu sont maintenant publiés. Le SIR continue à servir de système de vérification pour les laboratoires qui utilisent des méthodes secondaires ou dérivées pour les étalonnages de radionucléides. Une fois vérifié au BIPM, un système opérationnel permettant l'extension du SIR, fondé à la fois sur la méthode CIEMAT-NIST et sur celle du rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles, permettra de faciliter les futures comparaisons en continu d'émetteurs de rayonnement bêta.

Au cours des quatre dernières années, la Section II du CCRI a effectué un nombre sans précédent de comparaisons, organisées par le BIPM, notamment des mesures d'activité de ^{241}Am, ^{152}Eu, ^{192}Ir, ^{32}P, ^{238}Pu, ^{89}Sr, ^{204}Tl et de ^{65}Zn, avec une vingtaine de participants en moyenne pour chaque comparaison. Des groupes de travail spécifiques ont permis de bien appliquer les méthodes d'étalonnage et d'analyser correctement le contenu des solutions, en particulier avant les comparaisons d'^{192}Ir et de ^{204}Tl. Les résultats de toutes les comparaisons achevées semblent satisfaisants, même s'il est prévu d'effectuer une nouvelle comparaison de

^{32}P pour résoudre certaines différences. Vingt-deux comparaisons de la Section II du CCRI sont maintenant enregistrées dans la KCDB, les degrés d'équivalence étant déjà publiés pour au moins cinq d'entre elles. Toutefois, le transport de petites quantités de matériaux radioactifs n'est pas une question triviale, en particulier pour le ^{238}Pu et le ^{241}Am. Le CCRI a donc soumis au CIPM une recommandation à ce sujet, qui a fait l'objet, du moins en partie, du projet de Résolution I de la présente Conférence générale.

Une chambre d'ionisation étalon, stable et reproductible, réalisable par n'importe quel laboratoire national de métrologie, est en cours de mise au point au NPL (Royaume-Uni) en collaboration avec l'IRMM, dans le cadre d'un projet de la Section II du CCRI. L'incorporation d'une telle chambre dans le SIR servira d'abord de système de secours ; une fois qu'elle aura fait ses preuves, elle pourra éventuellement remplacer les chambres d'ionisation du SIR. Si chaque laboratoire national de métrologie possédait une chambre identique, les comparaisons d'émetteurs de rayonnement gamma seraient facilitées, en particulier pour les radionucléides à courte durée de vie ; cela permettrait aussi d'effectuer beaucoup plus de comparaisons.

Mesures neutroniques

Les principales activités de la Section III sont l'organisation et l'analyse des comparaisons clés et l'échange d'informations sur les activités de recherche et développement dans les laboratoires nationaux de métrologie. Depuis 1999, le rythme des comparaisons clés s'est accéléré pour étayer l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et il ne s'est pas ralenti depuis lors.

Les résultats de la comparaison achevée de mesures de fluence de neutrons à 24,5 keV ont été discutés en détail, ainsi que leur publication, celle de la valeur de référence et des déclarations d'équivalence dans l'annexe B de la KCDB. Les questions concernant les incertitudes intervenant dans cette comparaison ont été finalement résolues lors de la réunion de 2003 ; il est donc possible de les publier. Trois comparaisons en cours ont été discutées. Le projet de rapport final de la comparaison clé CCRI(III)-K10 de mesures de débit de fluence de neutrons rapides de quatre sources de neutrons monoénergétiques dans les domaines d'énergie du keV et du MeV, dont le laboratoire pilote est la PTB (Allemagne), est attendu pour les prochains mois. Les mesures de la comparaison clé CCRI(III)-K9.AmBe de débit d'émission de sources neutroniques, dont le NPL (Royaume-Uni) est le laboratoire pilote, devraient s'achever fin 2003. Il a été décidé de réviser le protocole de la comparaison clé CCRI(III)-K8 de débit de fluence de neutrons thermiques, dont le NIST (États-Unis) est le laboratoire pilote. Nous avons suivi l'exemple réussi de la comparaison clé CCRI(III)-K10 effectuée dans un seul laboratoire, cette procédure étant plus rapide que lorsque l'on fait circuler l'instrument de transfert entre un grand nombre de laboratoires dans le monde.

La Section III a reçu le rapport sur l'état d'avancement de la comparaison d'étalonnage de neutrons de l'EUROMET (Projet n° 608 de l'EUROMET), dont l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire du Bureau national de métrologie (France) est le laboratoire pilote, et qui est désignée sous le nom EUROMET.RI(III)-S1. Il est prévu que deux participants effectuent une comparaison bilatérale de mesures de débit de fluence de neutrons à 19 MeV, en tant que comparaison supplémentaire de l'EUROMET.

Les activités de la Section III sont en grande partie consacrées à l'échange d'informations sur la métrologie des neutrons dans les laboratoires participants, en mettant l'accent sur les ressources, les équipements, les instruments, les applications en cours et les besoins futurs. Pour faciliter cet

échange d'informations, il a été décidé de placer les transparents des présentations faites lors de la dernière réunion sur la page Web de la Section III du CCRI. »

M. Shehata (Égypte) demande à M. Moscati de présenter ses commentaires sur la nature de l'accord atteint à propos des niveaux d'incertitude dans les comparaisons clés du CCRI. M. Moscati explique que les laboratoires participant à une comparaison clé du CCRI soumettent leurs résultats avec une estimation du bilan d'incertitude. Certaines incertitudes semblant trop faibles pour être réalistes, le Groupe de travail du CCRI sur les comparaisons clés a décidé de fixer une incertitude minimale pour chaque comparaison, reflétant l'incertitude la plus faible réalisable selon l'état de l'art dans les meilleurs laboratoires. À moins que les déclarations d'incertitudes plus basses ne soient étayées par une évidence scientifique appropriée, le Groupe de travail du CCRI sur les comparaisons clés augmente automatiquement les incertitudes les plus basses pour atteindre cette valeur minimale.

M. Vaucher (Suisse) revient aux commentaires de M. Moscati sur les défis à venir et demande quel est le point de vue du CCRI sur la dosimétrie des protons. M. Moscati répond que les Comités consultatifs essaient de rester informés des nouvelles tendances ainsi que des besoins des laboratoires nationaux de métrologie et des utilisateurs ; le CCRI s'occupera bien sûr de la dosimétrie des protons s'il y a une demande. Il ajoute que certains laboratoires de physique des hautes énergies proposent des essais avec des hadrons, qui délivrent une dose élevée localement.

M. Bordé invite ensuite M. Moscati à lire le projet de résolution I et demande s'il y a des questions.

M. Kaarls ajoute que ce projet de résolution a aussi été présenté au nom du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM). Il note que le CCQM a rencontré de sérieux problèmes lors du transport d'échantillons pour des comparaisons internationales ; les cylindres de gaz arrivaient parfois vides après examen de leur contenu par les services des douanes !

M. Šafarik (Rép. tchèque) note que de nombreux organismes s'occupent des procédures douanières et de transport, qui sont dans une certaine mesure harmonisées aux niveaux régional et international. Il mentionne : la Commission économique pour l'Europe des Nations unies chargée de faciliter et d'harmoniser les procédures commerciales en général, l'Organisation mondiale des douanes, qui traite de l'harmonisation des procédures douanières, et les autres organisations internationales spécialisées comme l'Association internationale du transport aérien, qui traite des procédures de transport. Il commente qu'il est difficile aux organismes nationaux d'interagir avec ces organisations et propose d'ajouter une phrase invitant le BIPM à traiter avec ces organisations internationales.

M. Inglis souligne que le mot « unimpered » devrait être remplacé par « inimpeded ».

Le texte révisé du projet de résolution I2 est ensuite adopté à l'unanimité comme Résolution 9 (*voir* page 168).

15.8 Comité consultatif pour la quantité de matière

M. Kaarls, président du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), présente le rapport suivant.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCQM.

Dix ans ont passé depuis la création du CCQM par le Comité international en 1993, qui avait émis l'hypothèse que la traçabilité des résultats des mesures en chimie était réalisable, malgré le

nombre très limité de cas en ayant apporté la preuve. De nombreux chimistes à l'époque étaient pour le moins sceptiques quant à la possibilité d'améliorer la situation, bien qu'il fut de plus en plus clair que, pour les domaines du commerce, de l'industrie et de la société, il était nécessaire d'établir l'équivalence des mesures et la traçabilité à des références communes stables à long terme. En fait, presque tous les chimistes prétendaient implicitement que leurs résultats de mesure étaient traçables au SI, du fait qu'ils exprimaient leurs résultats en unités SI. Cependant ces résultats étaient souvent présentés sans déclaration d'incertitude et il était donc impossible de vérifier la rigueur des mesures.

Maintenant, après dix ans d'existence du CCQM, nous pouvons affirmer que l'équivalence globale et la traçabilité des mesures en chimie peuvent être réalisées avec des incertitudes en général suffisantes pour les besoins. Bien qu'il reste encore beaucoup à faire, nous voyons maintenant que dans presque tous les domaines de la chimie analytique, la traçabilité et les incertitudes de mesures sont prises en compte.

Comme la quantité de travail à accomplir est considérable et les ressources limitées, nous devons établir des priorités avec les laboratoires nationaux de métrologie, dictées par les besoins du commerce, de l'industrie et de la société, et nous devons coopérer avec d'autres laboratoires bien choisis et compétents. Le CCQM a donc établi des liens avec de nombreuses autres organisations ; certaines d'entre elles sont devenues membres ou observateurs du CCQM.

Depuis la 21e Conférence générale, le CCQM s'est réuni chaque année (les 6 et 7 avril 2000, du 4 au 6 avril 2001, les 18 et 19 avril 2002 et les 10 et 11 avril 2003). Le nombre de ses membres et observateurs s'est accru pendant les quatre dernières années, démontrant l'intérêt toujours croissant des laboratoires nationaux de métrologie (désignés) et des organisations inter-gouvernementales et internationales. Cette situation reflète la croissance rapide des besoins, dans les domaines du commerce, de l'industrie et de la société, de mesures fiables, comparables et traçables dans tous les domaines de la chimie.

Malgré l'importance et le nombre des mesures en chimie, y compris la demande considérable dans le domaine des mesures cliniques effectuées quotidiennement dans le secteur de la santé, la métrologie en chimie ne s'est pas encore développée au même rythme que la métrologie en physique « classique » dans la plupart des laboratoires nationaux de métrologie (à l'exception d'une dizaine d'entre eux). Les efforts pour améliorer la métrologie en chimie s'accroissent néanmoins. La situation s'est améliorée en donnant aux laboratoires clés du pays, comme par exemple l'Institut national pour la santé, l'environnement ou les essais en nutrition, le statut de laboratoire désigné pour certaines grandeurs ou domaines.

Le vaste intérêt pour la métrologie en chimie est clairement démontré par la participation complète de nombreux laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires désignés aux activités des sept groupes de travail du CCQM, dont la taille est comparable à celle des autres Comités consultatifs. La portée étendue des activités du CCQM est aussi démontrée par sa composition, qui comprend plusieurs organisations intergouvernementales et internationales, telles que l'OMM, l'OMS, l'AIEA, l'IFCC, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA), le Comité pour les matériaux de référence de l'ISO, l'ILAC et la Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry (CITAC). L'IRMM de la Commission européenne en est aussi un membre actif. En tout, une soixantaine de représentants de vingt-cinq pays différents participent aux sessions du CCQM, et environ cent vingt experts participent aux réunions des groupes de travail du CCQM, juste avant la session plénière du CCQM.

Groupes de travail du CCQM

La principale activité du CCQM est l'organisation d'études pilotes et de comparaisons clés, sous l'égide de ses sept groupes de travail :

- le Groupe de travail sur l'analyse organique, présidé par le NIST (États-Unis) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse inorganique, présidé par le Laboratory of the Government Chemist (LGC, Royaume-Uni) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse des gaz, présidé par le NMi VSL (Pays-Bas) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, présidé par le Slovenský Metrologický Ústav (SMU, Slovaquie) ;
- le Groupe de travail sur la métrologie en biotechnologie, présidé par le LGC, le NIST en assurant la vice-présidence ;
- le Groupe de travail sur l'analyse de surface, présidé par le NPL (Royaume-Uni) ;
- le Groupe de travail sur les comparaisons clés et sur la qualification des CMCs, présidé par le NRC (Canada).

Les domaines couverts par le CCQM comprennent la santé, les sciences de la nutrition, l'environnement, les matériaux de haute technologie, les marchandises et produits divers, les aspects légaux, les produits pharmaceutiques, la biotechnologie, l'analyse de surface et les applications analytiques générales. Les listes des études, des comparaisons clés et des résultats sont publiées sur le site Web du BIPM : http://www.bipm.org/en/committees/cc/ccqm/.

Depuis le début de ces activités, environ quatre-vingts études et comparaisons clés ont été effectuées ou sont en cours. Leurs résultats étayent les CMCs des laboratoires nationaux de métrologie (désignés). Il reste néanmoins un certain nombre de CMCs dont la fiabilité n'est pas fondée sur les résultats d'une étude ou d'une comparaison clé. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs examine les domaines qui devraient être étudiés plus en détail, en débutant une étude pilote ou une comparaison.

Presque tous les groupes de travail du CCQM se réunissent deux fois par an, une fois au BIPM avant la session plénière du CCQM en avril et une deuxième fois au second semestre. En général, la deuxième réunion a lieu dans les locaux d'un des laboratoires membres du groupe de travail. Ces réunions sont souvent couplées à un examen par les pairs de la section de chimie du laboratoire en question et contribuent grandement à l'amélioration des possibilités et des compétences des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'à l'établissement de la confiance mutuelle dans leurs possibilités de mesure.

Comme de nombreux laboratoires nationaux de métrologie en sont encore à l'étape préliminaire dans le domaine de la chimie, le CCQM les aide en leur accordant le statut d'observateurs des groupes de travail et en leur permettant de participer aux études. La situation est différente de celle de la plupart des autres domaines de la métrologie, parce que le nombre des participants aux études et comparaisons clés n'est pas limité par le nombre d'échantillons disponibles.

Groupe de travail sur l'analyse organique

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse organique comprennent :

- le cholestérol, le glucose et la créatinine dans le sérum ;
- les polluants organiques dans les tissus ;

- le pp'-DDE dans l'huile de maïs et l'huile de poisson ;
- le pp'-DDT dans l'huile de poisson ;
- le gamma-hexachlorocyclohexane (HCH) dans l'huile de poisson ;
- le polychloro-biphényle (PCB) dans les sédiments ;
- l'éthanol dans une matrice d'eau ;
- le LSD dans l'urine ;
- les stupéfiants dans l'urine ;
- la pureté de composés (glucose, DDE, xylène, étain tributylique) ;
- les études sur la résonance magnétique nucléaire.

La majorité des résultats, après une première étude, sont très satisfaisants, avec des incertitudes de mesure généralement de l'ordre de 1 % à 3 % ou mieux.

Lors de sa dernière session, le CCQM a approuvé le démarrage des études et comparaisons clés suivantes :

- éthanol dans une matrice aqueuse aux niveaux requis en médecine légale ;
- composés organiques volatiles dans des solvants organiques ;
- pureté de l'atrazine et de composés de chlorpyrifos ;
- solutions organiques d'hydrocarbure aromatique polycyclique (PAH), de PCB et de pesticides.

Ce groupe devrait poursuivre les comparaisons qui répondent aux besoins de la chimie clinique, et accroître ses efforts dans le domaine des analyses de pureté.

Groupe de travail sur l'analyse inorganique

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse inorganique comprennent :

- le calcium dans le sérum ;
- l'arsenic dans les crustacés ;
- le plomb dans le vin ;
- le cuivre, le cadmium, le zinc etc. dans le vin ;
- le cadmium et le zinc dans le riz ;
- les métaux dans un mélange synthétique d'aliments ;
- le cadmium et le plomb dans l'eau naturelle ;
- le plomb et le cadmium dans les sédiments ;
- des éléments mineurs dans l'acier ;
- les constituants d'un alliage d'aluminium ;
- l'étain bi- et tributylique dans les sédiments ;
- le soufre dans des combustibles ;
- les solutions élémentaires (aluminium, cuivre, fer, magnésium) ;
- les anions en solutions étalons.

Presque tous les résultats, après une première étude, sont très satisfaisants, avec une incertitude de l'ordre de 1 %.

Lors de la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- les éléments mineurs dans l'acier ;
- les essais de phtalate d'acide de potassium ;
- le soufre dans les combustibles.

Groupe de travail sur l'analyse des gaz

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse des gaz comprennent :

- l'oxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde de soufre (SO_2) dans l'azote ;
- le gaz naturel ;
- le propane dans l'azote ;
- le benzène, le toluène, le xylène (BTX) dans l'azote et dans l'air ;
- les composés organiques volatiles dans l'air ;
- les méthodes de mélange dynamiques ;
- les gaz réactifs aux niveaux ambiants ;
- les gaz à effet de serre aux niveaux ambiants ;
- l'ozone aux niveaux ambiants ;
- l'éthanol dans l'air ;
- l'analyse des impuretés dans les gaz, par exemple la vapeur d'eau.

La plupart des résultats sont très exacts, avec des incertitudes bien meilleures que 1 % et qui approchent 0,01 % dans plusieurs cas.

Pendant la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- différents types de gaz naturels ;
- les gaz réactifs aux niveaux ambiants (NO dans l'azote et SO_2 dans l'air) ;
- le fluorure de soufre (SF_6) et les chlorofluorocarbures dans l'azote.

Groupe de travail sur l'analyse électrochimique

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique comprennent :

- le pH (tampons de phosphate et de phtalate) ;
- les études fondamentales sur les étalons de pH ;
- la conductivité électrolytique ;
- la coulométrie ;
- les essais de chlorure d'hydrogène (HCl) ;
- les essais de phtalate d'acide de potassium (KHP).

Les résultats sont assez bons et ont contribué à une meilleure comparabilité des mesures de pH et de conductivité.

Pendant la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- la mesure du pH de solutions tampons de carbonate ;
- les essais de KHP ;
- la conductivité électrolytique.

Groupe de travail sur la métrologie en biotechnologie

Le Groupe de travail du CCQM sur la métrologie en biotechnologie a été établi lors de la 6e session du CCQM en avril 2000. L'objectif de ce groupe de travail est de s'occuper des questions métrologiques dans les domaines de la biotechnologie et de la biologie moléculaire. Les activités peuvent être réparties entre les mesures relatives à l'acide nucléique et aux gènes, et celles relatives aux protéines et aux cellules. Les analyses quantitatives de l'acide désoxyribonucléique (ADN) et de l'acide ribonucléique (ARN) deviennent de plus en plus importantes dans différents domaines de mesure, comme les essais en nutrition (organismes génétiquement modifiés), les mesures cliniques et thérapeutiques, et les mesures en médecine légale (empreintes d'ADN). Les fabricants d'instruments et les utilisateurs demandent la traçabilité et des étalonnages. Entre-temps, le besoin de mesures comparables et traçables au niveau international dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire est devenu critique, la Commission européenne ayant publié une directive demandant la traçabilité des mesures utilisées pour le diagnostic *in vitro* à des étalons de « niveau élevé », directive qui entrera en vigueur le 1er janvier 2004.

Les activités de ce groupe de travail suscitent un grand intérêt et un grand nombre de laboratoires nationaux de métrologie (désignés) en sont déjà membres ou observateurs. Le groupe de travail en est à établir et à mettre au point son programme final. Il a approuvé les études suivantes :

- profil d'ADN ;
- quantification primaire d'ADN ;
- quantification de peptides et de protéines en protéomique.

Plusieurs autres études proposées en sont à l'étape des études préliminaires et des discussions :

- étude sur la quantification de l'amplification en chaîne par polymérase (PCR) ;
- étude de correction spectrale de colorants fluorescents ;
- étude de comparabilité des résultats obtenus par différentes techniques relatives au profil d'ADN ;
- étude du dichroïsme circulaire de protéines en solution ;
- mesures biomoléculaires (gène/protéine/cellule).

Groupe de travail sur l'analyse de surface

Le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse de surface a aussi été établi pendant la 6e session du CCQM en avril 2000. Les industriels demandent de plus en plus aux laboratoires nationaux de métrologie de s'occuper des questions métrologiques concernant l'analyse de surface. En particulier, les progrès dans les domaines de la nanotechnologie, de l'industrie des semiconducteurs et des industries produisant et travaillant sur les technologies des couches minces dépendent des mesures de surfaces propres. Ces industries comprennent aussi, entre

autres, les secteurs des polymères, des revêtements et de la peinture, et des mesures de corrosion pour l'aérospatiale, l'adhésion des protéines et la toxicité des implants corporels.

Une première étude effectuée par le groupe de travail sur le dioxide de silicium sur des couches de silicium a donné de très bons résultats en ce qui concerne la comparaison et la détermination des caractéristiques d'un grand nombre de techniques ; elle a démontré que le niveau de comparabilité des mesures pouvait être amélioré, avec une réduction de l'incertitude au-dessous de 1 nm. Les activités proposées dans un proche avenir concernent :

- la distribution des dopants dans le silicium ;
- la composition de films minces fer-nickel et cobalt-platine ;
- les revêtements ;
- les couches de surface, les polluants ;
- les surfaces des polymères ;
- les systèmes constitués de multi-couches minces.

Ces méthodes et technologies sont d'un grand intérêt pour l'industrie, et la poursuite de cette activité par le CCQM est hautement souhaitable.

Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs

Comme je l'ai dit dans mon rapport à la 21e Conférence générale en octobre 1999, le Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés a coordonné les propositions concernant les études pilotes et les comparaisons clés des autres groupes de travail, en recherchant une approche équilibrée, et en soutenant les bonnes priorités, tout en cherchant à prévenir une charge de travail trop importante liée aux comparaisons clés dans les laboratoires nationaux de métrologie.

L'Arrangement du CIPM est encore en cours de mise en œuvre dans le domaine de la métrologie en chimie. Ce domaine d'activité étant relativement nouveau pour de nombreux laboratoires nationaux de métrologie, il est clair que les discussions sur l'examen régional et inter-régional des déclarations de CMCs doivent être plus approfondies que dans le domaine plus « classique » de la métrologie en physique. L'avis des experts du CCQM est sollicité pour examiner les CMCs qui sont étayées par les résultats des comparaisons, ainsi que celles, plus difficiles à traiter, qui ne le sont pas. En conséquence, le CCQM a décidé, lors de sa session d'avril 2003, d'élargir le domaine d'activité du groupe de travail et de le renommer Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs. Le groupe est composé de représentants et d'experts des organisations régionales de métrologie et d'experts des groupes de travail du CCQM.

Comme les laboratoires nationaux de métrologie ne se contentent pas d'offrir des services d'étalonnage et de mesure à leurs clients, mais produisent et distribuent souvent aussi des matériaux de référence certifiés, ce groupe de travail étudiera aussi les critères pour l'acceptation des matériaux de référence certifiés dans l'annexe C de la KCDB.

Questions d'ordre général

Le CCQM a poursuivi ses discussions sur des questions d'importance générale.

Réunions communes des groupes de travail du CCQM

Des réunions communes des groupes de travail du CCQM sont organisées lorsque leur programme de travail se recoupe. Le Groupe de travail sur l'analyse inorganique s'est réuni avec le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, le Groupe de travail sur l'analyse organique s'est réuni avec le Groupe de travail sur la métrologie en biotechnologie et avec le Groupe de travail sur l'analyse des gaz. Ces réunions se sont avérées très utiles et se poursuivront à l'avenir.

Ateliers du CCQM

Les travaux du CCQM ont grandement bénéficié des retombées des nombreux ateliers qu'il a organisés :

- En décembre 1999, un atelier a été organisé sur les bilans d'incertitudes et le calcul de l'incertitude de mesure.
- En avril 2002, un atelier sur la traçabilité dans le domaine des mesures chimiques a connu un grand succès ; il a discuté des besoins de traçabilité des différentes communautés d'utilisateurs et des mécanismes utilisés ou envisagés par les laboratoires nationaux de métrologie pour obtenir la traçabilité.
- En novembre 2003, un atelier sera organisé pour répondre aux besoins des agences de réglementation, des organismes d'accréditation, de l'industrie, et des organisations spécialisées en matière de traçabilité pour les analyses en nutrition.

L'atelier très réussi sur la traçabilité en médecine de laboratoire, qui s'est tenu en juin 2002, organisé par le BIPM, l'IFCC et le CCQM, mérite d'être mentionné.

Matériaux de référence certifiés

Les matériaux de référence certifiés sont largement utilisés pour les étalonnages et la validation des méthodes. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie délivrent différents matériaux de référence certifiés à leurs clients pour disséminer la traçabilité.

L'annexe C de la KCDB publie des listes des matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie. Ces listes ne concernent que les matériaux représentatifs des grandeurs ou mesurandes, et des domaines de mesurandes correspondant aux services délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie à leurs clients. Il n'est pas envisagé que l'Arrangement du CIPM couvre tout le catalogue des matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie.

Cependant, les matériaux mentionnés doivent être fondés sur les propres possibilités de mesure du laboratoire national de métrologie et sur la compétence de ce laboratoire à déterminer leurs caractéristiques (stabilité, homogénéité etc.) et à assigner une valeur au matériau en question.

Il est possible de démontrer la compétence à assigner une valeur aux matériaux de référence certifiés en se conformant aux guides et normes appropriés de l'ISO, comme le Guide 34 de l'ISO sur les exigences générales pour la compétence des producteurs de matériaux de référence.

Le Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs étudie la possibilité d'affiner les critères auxquels les matériaux de référence certifiés doivent répondre pour être mentionnés dans l'annexe C.

Une coopération avec le Comité de l'ISO sur les matériaux de référence (ISO REMCO) a été établie pour traiter des problèmes communs.

Le besoin de matériaux de référence certifiés spécifiques, comme les matrices, est presque infini. Il est de toute évidence impossible pour les laboratoires nationaux de métrologie de produire et de fournir tous les matériaux de référence certifiés nécessaires. Une autre activité des laboratoires nationaux de métrologie consiste à certifier et fournir des matériaux très purs, par des essais directs ou des mesures indirectes d'impuretés. Ces matériaux assurent la base des solutions d'étalonnage ; ils sont donc au sommet de la chaîne de traçabilité. C'est aussi un défi considérable.

Les matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de l'Arrangement du CIPM sont accompagnés d'un certificat et d'une déclaration d'incertitude assurant la traçabilité de la valeur assignée au résultat de mesure. Ce n'est pas toujours vrai pour les matériaux de référence certifiés du commerce. L'impossibilité de démontrer la traçabilité est source de difficultés considérables pour la communauté des chimistes de laboratoire lorsqu'ils cherchent à se faire accréditer selon la norme ISO 17025, ou la norme ISO 15189 pour les laboratoires cliniques.

Coopération avec d'autres organisations intergouvernementales et internationales

Les mesures exactes, traçables au SI, qui sont des points d'ancrage à long terme, stables et fixes, sont essentielles à plusieurs programmes dans le domaine de l'environnement. De la même manière, le programme de l'OMM demande la meilleure exactitude possible. C'est pourquoi le CIPM a signé un protocole d'accord avec l'OMM assurant une collaboration étroite avec le BIPM, le CCPR et le CCQM.

Les mesures en chimie clinique et en médecine de laboratoire constituent une part considérable des activités quotidiennes dans le monde. L'équivalence et la traçabilité sont maintenant à l'ordre du jour pour les communautés dans les domaines de la chimie clinique et du diagnostic *in vitro*. La conformité aux règlements (par exemple avec la directive de la Communauté européenne sur le diagnostic *in vitro*), les demandes concernant l'accréditation, un meilleur traitement des patients et la nécessité de réduire les coûts impliquent que les mesures soient plus exactes et plus précises. Le CIPM a donc signé un protocole d'accord avec l'OMS, tout en intensifiant sa coopération à long terme avec l'IFCC. Comme un grand nombre de mesures concernent des analyses chimiques, une coopération étroite a été établie avec le CCQM, et en particulier avec les groupes de travail du CCQM sur l'analyse organique et sur la métrologie en biotechnologie ; la contribution du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique sera aussi nécessaire.

La coopération avec l'AIEA et l'IRMM s'effectue par la participation de ces organisations aux différents groupes de travail du CCQM.

En ce qui concerne la normalisation et les documents de directives, une coopération a été établie avec CITAC, l'ISO REMCO et l'UICPA.

Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire

Après quelques réunions préparatoires, et poussés par l'introduction des directives de la Commission européenne sur le diagnostic *in vitro* demandant la traçabilité à des étalons d'ordre supérieur, le BIPM, l'IFCC et l'ILAC, soutenus par les représentants des agences de

réglementation, des associations de l'industrie, des organismes d'assurance de qualité, des agences qui établissent des tests de compétence, et des organisations de normalisation, ont décidé en juin 2002 d'établir un Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM). Le but du JCTLM est d'étayer la comparabilité internationale, la fiabilité et l'équivalence des résultats de mesure en médecine de laboratoire. Des listes de matériaux de référence d'ordre le plus élevé et validés, et des procédures de mesures de référence seront aussi publiées ; une liste de laboratoires de mesure de référence sera établie.

L'OMS et les laboratoires qui conservent ses étalons internationaux participent activement aux réunions du JCTLM et coopèrent à ses activités.

Le JCTLM, qui est actuellement présidé par l'IFCC et dont le BIPM assure le secrétariat, possède deux groupes de travail :

- Le Groupe de travail 1 sur les matériaux de référence et les procédures de référence, co-présidé par l'IRMM et le NIST, qui examine actuellement les matériaux et méthodes de référence désignées comme étant d'ordre supérieur.
- Le Groupe de travail 2 sur les laboratoires de référence, co-présidé par l'Association allemande des chimistes cliniques, par l'université de Bonn (Allemagne) et par l'université de Gand (Belgique), a mis au point des critères que les laboratoires doivent remplir pour apporter la preuve de leur compétence en tant que laboratoire de mesure de référence.

Le Groupe de travail 1 compte huit sous-groupes sur :

- les électrolytes (calcium, chlorure, potassium etc.) ;
- les enzymes (sérum glutamo-oxaloacétique transaminase (AST), amylase, créatine kynase (CK), gamma-glutamyltransférase (GGT) etc.) ;
- les métabolites et substrats (cholestérol, urée etc.) ;
- les protéines (albumine, troponine-A, antigène spécifique à la prostate (PSA)) ;
- les acides nucléiques (ADN, ARN) ;
- les substances médicamenteuses (digoxine, lithium) ;
- les hormones (cortisol, estriol, testostérone etc.) ;
- les facteurs de coagulation.

De nouveaux sous-groupes seront établis pour examiner les groupes de matériaux de référence et méthodes suivants :

- groupe et type de sang ;
- gaz dans le sang ;
- maladies infectieuses ;
- métaux non-électrolytiques ;
- vitamines.

Il a été proposé d'effectuer une série de mesures pour assurer la comparabilité des matériaux de référence qualifiés « d'ordre supérieur ». Ces comparaisons seront effectuées par les laboratoires ayant démontré leur compétence dans le domaine, comme les laboratoires nationaux de métrologie qui ont participé avec succès aux comparaisons clés et dont les CMCs, approuvées dans le cadre de l'Arrangement du CIPM, ont été publiées dans l'annexe C.

Un arrangement de reconnaissance internationale est en préparation, qui permettrait d'utiliser l'infrastructure établie par le JCTLM pour la reconnaissance des matériaux de référence d'ordre supérieur et des procédures de mesure.

Commission du Codex Alimentarius de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Agence mondiale antidopage (AMA) et secteur pharmaceutique

De nombreux autres domaines de l'analyse chimique s'intéressent à l'accréditation, et ressentent le besoin de démontrer la traçabilité des résultats de mesure. L'on espère que la coopération avec ces organisations et secteurs sera établie prochainement, en utilisant les activités existantes du CCQM et du JCTLM.

L'atelier du CCQM sur la traçabilité des analyses en nutrition, déjà mentionné, aura lieu en novembre 2003 au BIPM.

Propriétés des matériaux

Une bonne connaissance des propriétés des matériaux est indispensable pour l'industrie et la société.

Les premières propositions pour étudier les besoins et la situation actuelle, et débuter certaines coopérations, ont été faites par le CCQM. Elles comprennent la production, la détermination des caractéristiques et l'attribution des valeurs des matériaux de référence certifiés, y compris ceux destinés à la chimie, les fibres optiques, les coefficients de transfert de chaleur etc.

La discussion a été reprise par le CIPM, car les propriétés des matériaux font appel aux compétences d'autres Comités consultatifs.

Viscosimétrie

En septembre 1999 une première réunion a été organisée au BIPM pour étudier les problèmes, les besoins et les éventuelles activités futures dans le domaine des mesures de viscosité. Comme l'on ne savait pas très clairement à quel Comité consultatif rattacher cette activité, le Comité international a décidé de créer un Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité, présidé par le président du CCQM.

Lors d'une deuxième réunion en octobre 2001, il a été décidé qu'une comparaison de mesures de viscosité cinématique jusqu'à 40 000 mm^2/s et à des températures allant jusqu'à 100 °C serait organisée par la PTB (Allemagne) en coopération étroite avec la société Cannon Instrument aux États-Unis.

Onze laboratoires nationaux de métrologie conservant une échelle indépendante ont participé à la comparaison, ainsi que sept autres laboratoires nationaux de métrologie, qui n'en possèdent pas. Les résultats de la comparaison ont été présentés à la 3e réunion du Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité en novembre 2002. En général, la comparaison s'est déroulée avec succès, avec une incertitude sur les résultats comprise entre 0,1 % et 1 %, selon la viscosité et la température. Le rapport final a été publié en 2003.

Les résultats de la comparaison étaient en bon accord avec ceux de la société Cannon Instrument, qui a supervisé l'échelle de viscosité de l'ASTM pendant longtemps.

Considérant le type d'activités et les aspects organisationnels dans lesquels la majorité des laboratoires nationaux de métrologie sont impliqués dans le domaine de la viscosité, le Comité international devrait décider lors de sa session d'octobre 2003 que le Groupe de travail (*ad hoc*)

sur la viscosité présente à l'avenir son rapport au Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées.

Laboratoires désignés

Dans de nombreux pays les laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas une grande expérience dans le domaine de la métrologie en chimie. Pour satisfaire rapidement les besoins du commerce, de l'industrie et de la société de manière efficace, certains d'entre eux utilisent les moyens et les compétences en métrologie en chimie de plusieurs laboratoires nationaux et universités, en les désignant comme agissant en tant que laboratoire national de métrologie pour certaines grandeurs et domaines de mesure en chimie, afin de pouvoir participer à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.

On constate aussi que dans certains pays, c'est le laboratoire métrologique d'une société privée commerciale qui a été désigné pour certaines grandeurs et domaines de mesure. Dans ce cas, les équipements doivent être accessibles à tout client potentiel sur un pied d'égalité et un coût raisonnable devrait être garanti.

Pour certains types de mesures en chimie, l'utilisation d'équipements coûteux, comme un réacteur pour la méthode instrumentale d'analyse par activation neutronique, est nécessaire. Comme la plupart des laboratoires nationaux de métrologie ne possèdent pas de tels équipements, il est fortement recommandé qu'ils utilisent les réacteurs disponibles dans leur pays.

Programme du BIPM dans le domaine de la métrologie en chimie

Lors de la 21e Conférence générale en 1999, le CCQM avait estimé qu'il serait essentiel que le BIPM acquière des connaissances fondamentales dans le domaine de la métrologie en chimie pour devenir un partenaire compétent dans la communauté internationale des chimistes et pour aider efficacement à établir le système mondial de traçabilité et d'équivalence des mesures en chimie. Le CCQM a donc conseillé au CIPM d'établir un laboratoire de métrologie en chimie au BIPM. Le CCQM note que cette activité a démarré depuis la 21e Conférence générale. Un programme de travail sur les étalons de référence mesureurs d'ozone a été mis en place et la première série de comparaisons internationales s'est déroulée de manière satisfaisante. Ce programme de comparaison se poursuit maintenant dans le cadre d'une étude pilote du CCQM, dont le BIPM est le laboratoire pilote, avec la participation d'une vingtaine de laboratoires. En 2003, après des discussions en 2002 avec les groupes de travail concernés, le CCQM a conseillé à l'unanimité que la section de chimie du BIPM entreprenne une activité restreinte sur l'analyse de pureté dans le domaine de la chimie clinique et organique, dans le cadre de la coopération globale entre les laboratoires nationaux de métrologie.

Les diverses activités du programme de travail du BIPM lui donneront le statut requis pour parler au nom de la communauté métrologique internationale, en rassemblant les organisations intergouvernementales et internationales intéréssées par la métrologie, et en servant une communauté élargie par l'établissement de l'équivalence internationale reconnue par la traçabilité au SI, ou si ce n'est pas (encore) possible, à d'autres références agréées au niveau international. L'extension du programme à des activités dans le domaine de la chimie organique ou clinique est considérée comme essentielle pour consolider la position du BIPM dans le domaine de la métrologie en chimie.

Conclusions

Nous avons effectué d'importants progrès durant les dix années d'existence du CCQM et démontré qu'il est possible d'effectuer des mesures exactes en chimie. Plusieurs questions restent à traiter :

- la formation à la métrologie en chimie, y compris la compréhension des concepts de traçabilité et d'incertitude de mesure ;
- la compréhension et la recherche concernant la définition des mesurandes (certaines différences entre les résultats surviennent du fait d'une définition imprécise du mesurande) ;
- les mesures dépendantes de la méthode employée ;
- les problèmes de matrice ;
- l'interchangeabilité dans les mesures cliniques et thérapeutiques ;
- l'utilisation d'unités en dehors du SI quand la traçabilité au SI n'est pas (encore) réalisable, par exemple pour les unités relatives à l'activité biologique. »

M. Bordé remercie M. Kaarls pour son rapport et demande s'il y a des questions.

En réponse à une question de M. Mills, M. Kaarls mentionne l'activité biologique comme un exemple de grandeur dont l'unité biologique n'est pas traçable au SI. Pour quantifier l'activité biologique, les laboratoires de l'OMS produisent des matériaux de référence certifiés dont l'activité est exprimée en « unités OMS ». Les matériaux de référence qu'ils produisent ont une unité OMS égale à 1. Cela vaut pour le lot, mais quand un autre lot est fabriqué, il peut avoir une activité différente, mais à nouveau ce lot est défini comme ayant une activité d'une unité OMS. En fait, dans l'idéal il devrait être possible d'exprimer cette activité en $\mathrm{mol\,mol^{-1}\,s^{-1}}$ ou une unité similaire, mais M. Quinn souligne que l'activité biologique de ces molécules ne peut en général pas être exprimée quantitativement comme les mesures physico-chimiques que nous effectuons, parce que nous ne comprenons pas suffisamment bien l'interaction entre ces molécules complexes et le corps humain. Jusqu'à ce qu'il soit possible de faire une mesure physico-chimique reliée bijectivement à l'activité biologique, on ne pourra pas éviter l'utilisation d'unités arbitraires. Il cite l'exemple de l'insuline.

En réponse à une question de M. Göbel, M. Kaarls confirme que la base de données du JCTLM pour les matériaux de rang hiérarchique supérieur est distincte de l'annexe C de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

M. Shehata (Égypte) demande à M. Kaarls d'expliquer le principe de la traçabilité à la définition de la mole réalisée au moyen des matériaux de référence certifiés. M. Kaarls explique que les matériaux de référence certifiés sont des échantillons, utilisés pour étalonner les instruments, dont les propriétés et la composition sont très bien connues grâce à des étalonnages réalisés au moyen de méthodes primaires. M. Quinn ajoute que cette question est l'une des premières qui aient été discutées au CCQM après sa création et c'est la raison pour laquelle le CCQM a passé un temps considérable à discuter des méthodes primaires pour l'analyse chimique. Une méthode primaire est une méthode qui permet de donner le résultat d'une composition en moles fondé sur des mesures effectuées à l'aide d'autres unités du SI. La méthode primaire permet donc de passer de la définition de la mole à la valeur de la quantité de matière d'un échantillon particulier sans avoir une connaissance préalable de sa teneur chimique en moles. Presque toutes les unités de base du SI sont réalisées au moyen de méthodes primaires – cela s'applique au temps, à la température, à la longueur, au courant électrique, à l'intensité lumineuse et à la quantité de

matière. La seule unité qui n'est pas réalisée de cette manière est le kilogramme, parce que la réalisation de cette unité existe déjà sous la forme du Prototype international du kilogramme.

M. Bordé demande si la spectroscopie laser est utilisée pour mesurer la teneur en gaz étrangers dans l'air, comme l'ozone et le SF_6. M. Kaarls dit que la spectroscopie laser est en effet l'une des nombreuses technologies utilisées pour effectuer de telles mesures. M. Bordé commente qu'il pourrait être judicieux de mettre au point des systèmes laser de ce type au BIPM dans le futur. Il remercie M. Kaarls et invite M. Valdés à présenter son rapport.

15.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations

M. Valdés, président du Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), présente le rapport suivant.

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCAUV.

Le CCAUV a été établi en 1998 par le Comité international lors de sa 87e session, sur la recommandation du groupe de travail du Comité international présidé par M. Andrew Wallard, qui a aussi présidé ce nouveau Comité consultatif pendant les deux premières années. Lors de sa 89e session, le Comité international a désigné un de ses membres, M. Valdés, comme président du CCAUV. La première session du CCAUV s'est tenue au BIPM en juillet 1999 ; les deuxième et troisième sessions se sont tenues en octobre 2001 et octobre 2002, respectivement, Mme P.J. Allisy-Roberts (BIPM) en étant la secrétaire exécutive. Vingt-huit délégués, cinq observateurs et un invité étaient présents à la 3e session, ainsi que des membres du personnel du BIPM et le président du CCAUV. M. Giuseppe Basile a annoncé qu'il cesserait de représenter l'IMGC (Italie) au CCAUV après cette réunion, à dater d'avril 2003.

Pendant la 21e Conférence générale en octobre 1999, il avait été dit qu'il serait opportun de publier un numéro spécial de *Metrologia* consacré à l'acoustique, aux ultrasons et aux vibrations. Il a été publié en décembre 1999 [vol. **36**(4)] et contient une série d'articles intéressants dans ces domaines, ainsi que dans les domaines de l'acoustique dans l'air et dans l'eau. Ce numéro spécial de *Metrologia*, ainsi que la longue liste de publications figurant dans la page consacrée au CCAUV sur le site Web du BIPM, constituent des références précieuses pour les chercheurs dans ce domaine de la métrologie.

Depuis sa création, le CCAUV a mis en œuvre un programme actif de comparaisons clés. Deux des comparaisons clés du CIPM sont déjà terminées et leurs rapports publiés, une autre devrait l'être sous peu, le projet A de rapport étant à l'étude. Deux autres comparaisons clés sont en cours et deux autres devraient débuter en 2003-2004. Viennent s'y ajouter plusieurs comparaisons clés des organisations régionales de métrologie : six dans le domaine de l'acoustique (une a été approuvée, deux rapports sont en cours, les mesures d'une autre comparaison sont en cours et deux autres sont prévues), deux dans le domaine des ultrasons (les deux sont programmées), et quatre dans celui des vibrations (deux sont approuvées, les résultats d'une comparaison liés à ceux de la comparaison clé correspondante du CIPM devraient être prochainement publiés, le rapport de l'une d'elles est en cours, et une autre vient de débuter). Une comparaison supplémentaire du SIM utilisant deux pistonphones comme instruments de transfert est aussi terminée.

L'état d'avancement détaillé des comparaisons clés du CIPM, consultable dans la KCDB, peut se résumer de la manière suivante :

- CCAUV.A-K1 : Comparaison de mesures de pression acoustique dans l'air entre 63 Hz et 8 kHz.
  Le rapport de la comparaison est presque terminé ; il devrait être publié avant la fin de 2003 et inclure les résultats de douze participants.
- CCAUV.A-K2 : Comparaison de mesures de pression acoustique dans l'air à basse fréquence entre 2 Hz et 125 Hz.
  Cette comparaison devrait débuter après 2004 et compter au moins huit participants.
- CCAUV.A-K3 : Comparaison de mesures de pression acoustique dans l'air entre 31,5 Hz et 31,5 kHz.
  Les mesures ont débuté en janvier 2003 avec douze participants.
- CCAUV.A-K4 : Comparaison de mesures de pression acoustique dans l'air en champ libre entre 2 kHz et 40 kHz.
  Cette comparaison a été repoussée à 2004.
- CCAUV.U-K1 : Comparaison de mesures de puissance d'ultrasons à trois fréquences et à cinq niveaux de puissance.
  Cette comparaison s'est déroulée entre 1999 et 2002 et ses résultats ont été publiés en novembre 2002 ; les résultats des neuf participants sont disponibles dans la KCDB.
- CCAUV.U-K2 : Comparaison de mesures de puissance d'ultrasons entre 1 MHz et 15 MHz.
  Cette comparaison est en cours et compte cinq participants ; les mesures devraient s'achever en juillet 2003. Le rapport pourrait être prêt avant la fin de 2003.
- CCAUV.V-K1 : Comparaison d'accélération vibratoire entre 40 Hz et 5 kHz.
  Cette comparaison s'est déroulée entre 2000 et 2001 et ses résultats ont été publiés en décembre 2002 ; les résultats des douze participants sont disponibles dans la KCDB.
- CCAUV.W-K1 : Comparaison de mesures de pression acoustique dans l'eau entre 1 kHz et 500 kHz.
  Cette comparaison s'est déroulée entre 2000 et 2002 et le projet A de rapport est en cours d'examen par les sept participants.

Des discussions intéressantes ont eu lieu pendant les réunions du CCAUV sur la détermination des valeurs de référence des comparaisons clés, sur l'estimation des incertitudes, sur la stabilité des objets en circulation et les étalons de référence concernés, tels que les microphones étalons. Dans certains cas, comme par exemple lors du traitement des données de la comparaison clé CCAUV.V-K1, le laboratoire pilote a fait des recherches poussées pour déterminer la valeur de référence de la comparaison clé, en utilisant cinq méthodes au total : ajustement, moyenne, médiane, probabilité et moyenne pondérée. Il a été décidé d'utiliser la moyenne pondérée.

D'autres questions concernant les activités du CCAUV ont été posées lors des discussions des comparaisons clés, comme par exemple la nécessité d'effectuer des mesures acoustiques à des fréquences encore plus basses, pour des applications autres que l'audition humaine, comme la microscopie acoustique.

Il est hautement souhaitable d'assurer la participation la plus large possible des laboratoires nationaux de métrologie aux comparaisons clés et aux activités du CCAUV. Lorsque les laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas de compétence particulière dans un certain domaine, mais qu'une telle compétence existe dans un autre centre national, les États membres peuvent associer leur laboratoire national et ces centres, et les désigner dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle. Ils pourront ainsi participer aux réunions et aux activités techniques du CCAUV. De même, les activités et les équipements de ces centres pourront être utilisés pour fournir des services aux organisations industrielles, scientifiques,

médicales ou autres, qui ont besoin ou tireraient profit d'étalonnages assurant la traçabilité au Système international d'unités.

La classification des services dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations a aussi été discutée, en liaison avec les déclarations des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre du JCRB.

Pendant la deuxième session du CCAUV, de nouveaux défis dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations ont été présentés, notamment des idées et progrès très novateurs dans le domaine de la nanotechnologie. Un groupe de travail *ad hoc* créé à cet effet a rédigé un document, qui a été étudié lors de la 3e session du CCAUV. Il a contribué au rapport préparé par le Comité international pour la 22e Conférence générale et traite de questions plus techniques que celles examinées dans le rapport *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie* préparé par le Comité international pour la 21e Conférence générale.

Lors de toutes les sessions du CCAUV, les représentants des organisations régionales présentent leur rapport sur les activités de leur région, les laboratoires nationaux de métrologie présentent leurs nouveaux équipements, leurs programmes de travail et domaines de recherche, et les observateurs des organisations internationales, comme la CEI et les comités techniques de l'ISO, leur rapport dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations. Les informations récentes sur ces sujets figurent dans les trente-neuf documents de travail présentés lors de la 3e session du CCAUV.

Plusieurs réunions scientifiques internationales complètent les activités du CCAUV. Un atelier « Sound and Vibration » a été annoncé, qui devrait avoir lieu à Copenhague en septembre 2003, au moment de la réunion du Comité technique 29 de la CEI.

Enfin, et non des moindres, citons la longue discussion du CCAUV sur les unités sans dimension utilisées dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations. Le Comité consultatif des unités (CCU) avait soulevé la question de savoir s'il convenait d'adopter le néper, le bel, ou les deux, comme unités SI. Lors de la dernière session du CCAUV, le directeur du BIPM a présenté l'historique et l'état actuel de la question, après que la proposition ait été adressée aux délégués. Des opinions individuelles et émanant des institutions ont été présentées par certains représentants des laboratoires nationaux de métrologie. Des observateurs représentant des organisations internationales ont présenté leur point de vue. Enfin, les derniers articles soumis à *Metrologia* par le président du CCU *et al*. et par le président du CCAUV ont été discutés. Le CCAUV est en faveur du *statu quo*, c'est-à-dire maintenir le néper et le bel en dehors du SI. La meilleure raison pour ne rien changer est d'éviter de créer la confusion en introduisant des changements, qui ont une influence non seulement dans le domaine de la métrologie, mais aussi pour le commerce et l'industrie. La proposition du CCAUV de maintenir le *statu quo* est aussi appuyée par la CEI, et enfin par le Comité international lors de sa session d'octobre 2002.

Dans les pages du site Web du BIPM consacrées au CCAUV, un certain nombre de documents sont disponibles, dont une longue liste de bibliographies soumises par les laboratoires nationaux de métrologie membres. Il encourage les membres à continuer à développer cet outil utile.

Il revient ensuite aux discussions du CCAUV, du CCU et du CIPM au sujet du néper et du bel et présente brièvement son point de vue sur le sujet. Dans ce qu'il qualifie de logique A, celle qui est suivie actuellement, le rapport entre deux grandeurs du même type est considéré comme une nouvelle grandeur. Dans ce système, il est nécessaire de donner un nom à la nouvelle grandeur, par exemple fraction massique. Dans ce cas l'unité est kg kg^{-1}, que l'on pourrait appeler l'unité

« un » ou « uno ». Il pose toutefois la question : comment cette nouvelle unité sera-t-elle réalisée ? Il suggère que, dans ce cas, le « uno » pourrait être réalisé en comparant deux étalons du kilogramme sur une balance, même s'il préfère simplement utiliser l'unité SI de base, le kilogramme.

Il présente ensuite la logique B, selon laquelle la division d'une grandeur par une autre grandeur de même nature permet d'exprimer le nombre de fois qu'une grandeur est contenue dans une autre. C'est un nombre et pas une nouvelle grandeur ; on peut l'appeler un coefficient, un facteur, ou un rapport ; on ne lui assignera aucune unité SI.

Il faut faire un choix entre les logiques A et B. Dans le domaine de l'acoustique, la confusion résulte de l'utilisation du décibel pour différentes grandeurs ou puissance du champ, sans préciser à quoi le décibel se réfère. Il suggère qu'il est préférable d'utiliser les unités SI approuvées et attire l'attention sur un article qu'il a publié dans *Metrologia* (2002, **39**(**6**), 543-549). »

M. Bordé remercie M. Valdés pour sa présentation et demande s'il y a des questions.

M. de Leer reprend la discussion sur l'utilisation de rapports considérés comme des unités, citant l'exemple de mol mol^{-1} en chimie. Il n'est pas possible ici de diviser une mole d'un composant particulier par une mole d'un autre composant particulier, il n'est donc pas possible de donner des noms spéciaux. M. Valdés est aussi d'avis que l'on devrait parler de 10^{-6} mol mol^{-1}, si l'on choisit de ne pas utiliser les ppm, mais il n'est pas nécessaire d'introduire une nouvelle unité microunomol !

M. Mills souligne que les chimistes utilisent très largement la fraction molaire et la trouvent utile. Il dit qu'il est tout à fait d'accord avec M. Valdés mais il souligne que les gens n'arrêteront pas d'utiliser le décibel et que le CCU aimerait les amener à l'utiliser et à le définir d'une manière plus logique.

M. Inglis dit qu'il est intéressé par les travaux présentés par M. Valdés sur les microphones nanométriques. Il demande si de nouveaux étalons sont nécessaires dans ce domaine, voire de futures comparaisons clés. M. Valdés estime que ce sera nécessaire d'ici cinq à dix ans.

En réponse à un commentaire de M. Bordé, M. Valdés explique que les microphones nanométriques sont en cours de mise au point par une équipe cherchant à atteindre la limite quantique dans leurs recherches sur les ondes gravitationnelles.

15.10 Comité consultatif des unités

M. Mills, président du Comité consultatif des unités (CCU), présente le rapport suivant :

« J'ai le plaisir de vous présenter le rapport du CCU. Le CCU s'est réuni deux fois depuis la précédente Conférence générale en 1999 ; il a tenu sa 14e session en avril 2001 et sa 15e session en avril 2003.

14e session du CCU, avril 2001

1. Nous avons étudié les responsabilités du CCU. Elles consistent principalement à examiner les changements éventuels à apporter au Système international d'unités (SI) ; à préparer les éditions successives de la brochure sur le SI, qui publie les définitions officielles concernant

le SI ; et à promouvoir le SI dans les domaines des sciences, des techniques et de l'ingénierie.

2. Nous avons examiné les modifications éventuelles des définitions des unités de base pour les années futures.

   i) Nous envisageons de modifier légèrement la prochaine édition de la brochure sur le SI pour ajouter aux définitions des unités de base une explication sur les valeurs des constantes fixées dans les définitions en vigueur. Ainsi, la définition actuelle du mètre fixe la valeur de la vitesse de la lumière ; celle du kilogramme fixe la masse du Prototype international ; celle de la seconde fixe la fréquence de la transition hyperfine de l'atome de césium ; celle de l'ampère fixe μ_0, la perméabilité du vide ; celle du kelvin fixe la température du point triple de l'eau ; celle de la mole fixe la masse molaire de l'atome de carbone ; et celle de la candela fixe l'intensité lumineuse de la source spécifiée.

   ii) Des changements majeurs sont à prévoir en ce qui concerne les définitions du kilogramme, de la seconde, et éventuellement du kelvin, au cours des dix prochaines années.

   Il est nécessaire de redéfinir le kilogramme parce que l'on sait que la masse du prototype varie de plusieurs 10^{-8} en valeur relative sur une durée d'un mois, en raison d'effets physico-chimiques superficiels variables. Une nouvelle définition éventuelle pourrait être fondée sur la masse de l'atome de carbone et elle fixerait la valeur de la constante d'Avogadro. Une autre alternative serait une définition fondée sur l'équivalent de masse d'un photon calculé au moyen des relations d'Einstein et de Bohr, $E = mc^2 = hv$. Elle serait réalisée à l'aide de l'expérience de la balance du watt et fixerait la valeur de la constante de Planck. Ces alternatives présenteraient divers avantages, mais aucune d'entre elles ne peut actuellement être réalisée avec l'exactitude voulue. Il n'est pas encore possible de choisir entre elles.

   Le changement attendu de la définition de la seconde concerne le passage de la fréquence micro-onde de l'atome de césium utilisé dans la définition actuelle à une fréquence optique cent fois plus élevée, qui augmenterait considérablement la précision de la réalisation de la définition. Un certain nombre d'autres transitions spectrales d'atomes sont à l'étude dans divers laboratoires de recherche dans le monde. La réalisation de la définition de la seconde nécessite un oscillateur libre très stable dont la fréquence puisse être asservie sur celle d'une transition optique et qui puisse être comparée à celle de la transition micro-onde de l'atome de césium avec la précision nécessaire.

   Le changement éventuel de la définition du kelvin fixerait la valeur de la constante de Boltzmann ; le kelvin serait réalisé au moyen d'une expérience reliant la température et l'énergie. Ce type d'expérience est actuellement loin d'atteindre la précision nécessaire, mais des progrès sont attendus dans ce domaine.

   Le CCU suit ces avancées ; il demandera l'avis des nombreux métrologistes et des Comités consultatifs des domaines concernés avant d'apporter le moindre changement.

3. Le CCU a ré-examiné la proposition, présentée lors de la précédente Conférence générale en 1999, d'adopter le néper, symbole Np, comme unité SI au même titre que le radian. Les délégués présents à cette réunion se rappelleront que cette proposition avait alors été accueillie de manière dubitative et que le projet de résolution avait été retiré pour un examen ultérieur. Le CCU continue à penser que le néper devrait être considéré comme une unité SI étroitement liée au radian ; trois membres du CCU ont publié un article dans *Metrologia* expliquant les raisons de cette proposition (I.M. Mills, B.N. Taylor et A.J. Thor, Definitions of the units radian, neper, bel and decibel, *Metrologia*, 2001, **38**, 353-361). Toutefois, comme nous avons soumis plusieurs propositions modifiées au CIPM sans qu'aucune d'entre elles n'ait été approuvée, nous avons décidé de ne pas y donner suite pour le moment.

4. Le CCU a examiné les problèmes occasionnés par les différentes significations des termes « unités SI » et « unités du SI ». Selon les récentes éditions de la brochure sur le SI, y compris la 7e édition publiée en 1998, le terme « unités SI » doit s'appliquer uniquement aux unités cohérentes, et pas à celles incluant des préfixes de multiples ou de sous-multiples ; par contre le terme « unités du SI » peut s'appliquer à toutes les unités, y compris celles avec des préfixes. Selon cette règle, le centimètre et le millimètre, par exemple, ne sont pas des unités SI, mais ce sont des unités du SI. Il semble contraire aux règles de la grammaire anglaise de donner une signification différente aux termes « unités SI » et « unités du SI ».

   Le CCU a décidé de résoudre cette question en déclarant que les termes « unités SI » et « unités du SI » ont la même signification et se réfèrent à la fois aux unités cohérentes et à toutes les unités obtenues en ajoutant des préfixes de multiples ou de sous-multiples. Quand on souhaite se référer uniquement aux unités SI sans préfixe, il convient d'utiliser le terme « unités cohérentes du SI ». La prochaine édition de la brochure sur le SI sera ainsi rédigée.
5. La question de créer de nouveaux préfixes SI au-delà de 10^{+24} à 10^{-24} a été discutée, mais il a été décidé de ne rien changer. La possibilité de remplacer les symboles da, h et k utilisés pour les préfixes déca, hecto et kilo par les symboles D, H et K en majuscules a aussi été discutée, mais il a aussi été décidé de ne rien changer. Le CCU pense qu'il ne faut apporter de changements, même mineurs, aux règles du SI que pour des raisons impératives, parce que tout changement entraîne des risques de confusion et peut avoir des conséquences sur ceux qui devraient être apportés à de nombreux autres documents dans le monde, fondés sur le SI.
6. Le CCU a discuté de la possibilité d'adopter un nom et un symbole pour le nombre un, pour les grandeurs sans dimension. L'éventualité du nom « uno », symbole U, a été examinée. L'avantage d'une telle unité serait de pouvoir l'utiliser avec des préfixes, pour exprimer les valeurs de grandeurs sans dimension qui sont très grandes ou très petites, en évitant d'utiliser des symboles ambigus et ayant des sens différents selon la langue utilisée comme ppm, ppb et ppt. L'inconvénient est que l'uno serait une unité sans dimension, égale à un, qui pourrait être utilisée pour exprimer la valeur d'une grande variété de grandeurs différentes, ce qui peut être source de confusion (*voir* le rapport de la 15e session du CCU en 2003).

15e session du CCU, avril 2003

Lors de la 15e session du CCU, la plus récente, nous avons commencé sérieusement à discuter et à préparer le manuscrit de la prochaine édition de la brochure sur le SI. Elle comportera un certain nombre de changements par rapport à la précédente édition, mentionnés ci-dessous. Nous espérons que le manuscrit sera terminé au printemps 2004 et qu'il pourra être publié au début de 2005.

1. Nous envisageons de publier la prochaine édition sur Internet, sur le site Web du BIPM, en offrant des possibilités de recherche sur le texte.
2. Nous envisageons d'étendre le chapitre 1 pour le rendre plus pédagogique, afin d'introduire le concept fondamental du Système international d'unités, le SI, fondé sur un système international de grandeurs. Nous expliquerons la signification des grandeurs cohérentes et des dimensions, de manière plus complète qu'à présent. Nous présenterons les problèmes liés à certaines grandeurs récemment introduites et utilisées dans la recherche biologique.
3. Nous envisageons de modifier très légèrement le chapitre 2 sur les définitions des unités de base du SI, sans apporter de changement à la rédaction des définitions actuelles. Nous

soulignerons la différence entre la définition d'une unité et la réalisation de sa définition. Un certain nombre de changements mineurs seront aussi apportés au chapitre concernant les unités dérivées, y compris une nouvelle description des problèmes liés aux unités sans dimension. Le chapitre 4, qui traite des unités en dehors du SI, est principalement destiné à informer et aider le lecteur. Nous soulignerons les avantages d'utiliser les unités SI, tout en décourageant sans les condamner ceux qui, pour diverses raisons, souhaitent continuer à utiliser des unités en dehors du SI. Nous simplifierons la subdivision des unités en dehors du SI figurant aux tableaux 6 à 10. Nous envisageons d'étendre le chapitre 5, consacré aux conseils pratiques sur la manière d'utiliser et d'écrire les textes et les équations comprenant des unités SI. Les annexes seront aussi modifiées.

4. Le CCU a aussi discuté, à nouveau, de la possibilité d'introduire l'uno, symbole U, pour représenter le nombre un, considéré comme une unité, pour les grandeurs sans dimension. Bien que nous n'envisagions pas pour le moment de prendre des mesures concrètes, il a été décidé de préparer un article qui serait distribué largement aux unions scientifiques et aux laboratoires nationaux de métrologie pour connaître leur avis sur cette proposition. Il est fort probable que le CCU en discutera à nouveau lors de ses réunions futures.

Résumé et conclusion

J'aimerais souligner l'importance du rôle du CCU comme gardien du SI et comme guide sur son utilisation. La plupart des utilisateurs du SI sont des experts dans un domaine scientifique spécifique, métrologistes ou autres. Le CCU a toutefois une vue plus large de ses responsabilités, et à cet égard il est un peu différent des autres Comités consultatifs. Il est important que nous réfléchissions aux évolutions dans tous les domaines faisant appel à des mesures quantitatives, et à leurs implications sur la manière de définir les unités, de réaliser les définitions et de présenter les résultats. La science ne cesse d'évoluer, et nous devons répondre à ces changements si nous voulons maintenir la valeur du Système international d'unités. La brochure joue une rôle important pour disséminer l'information sur le SI aux métrologistes de profession, aux membres des nombreuses organisations internationales de normalisation, ainsi qu'aux scientifiques et techniciens de terrain dans le monde entier.

J'aimerais exprimer mes remerciements et ma reconnaissance aux membres actuels du CCU, qui viennent souvent de très loin pour participer aux discussions. Mon sentiment est que ces discussions sont toujours stimulantes et utiles. J'aimerais aussi encourager les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie du monde entier à attirer l'attention de jeunes métrologistes brillants sur la possibilité pour eux de jouer un rôle dans les activités du CCU. Nous serions heureux d'accueillir de jeunes collègues, qui feraient partie de la nouvelle génération à contribuer à ces activités. »

Il attire l'attention sur la présence de la brochure SI sur le Web et conclut en remerciant M. Peter Martin, secrétaire exécutif du CCU depuis 1998.

M. Leschiutta commente que la brochure sur le SI est très largement distribuée et recommande que le BIPM continue à produire une version imprimée. M. Quinn confirme que cela a toujours été son intention.

M. Bordé invite ensuite M. Mills à présenter le projet de résolution L2.

M. Mills explique que les gouvernements de l'Australie, des États-Unis et du Royaume-Uni ont soumis des projets de résolution sur le symbole du séparateur décimal dans le Système

international d'unités. Lors de sa 92e session (octobre 2003) le Comité international a discuté ces textes et le texte présenté par le Comité international, le projet de résolution L2, est un amalgame entre les trois.

Il en présente le contexte, disant que ce n'est pas une question technique, mais que cela concerne l'usage au sens large du séparateur décimal par la population. Parmi les États membres actuels de la Convention du Mètre, la population des pays qui utilisent couramment le point comme séparateur décimal représente 3,6 milliards d'individus ($3{,}6 \times 10^9$) et la population des pays qui utilisent couramment la virgule comme séparateur décimal représente 1,0 milliard d'individus ($1{,}0 \times 10^9$). Actuellement 30 États membres utilisent le point comme séparateur décimal et 34 États membres la virgule comme séparateur décimal. Certains États membres utilisent les deux. En dépit de cette situation, l'ISO recommande d'utiliser la virgule comme séparateur décimal. La recommandation existante est donc en conflit avec l'usage courant dans le monde, en particulier dans les pays de langue anglaise, où les documents écrits utilisent de manière universelle le point décimal.

M. Mills donne ensuite lecture du texte du projet de résolution L2, proposant que le séparateur décimal puisse être soit le point soit la virgule, et M. Bordé ouvre la discussion.

▮ Symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI)

Projet de résolution L2

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant que

- l'un des principaux objectifs du Système international d'unités (SI) est de permettre d'exprimer la valeur des grandeurs d'une manière aisément compréhensible dans le monde entier,
- la valeur d'une grandeur est normalement exprimée par un nombre et une unité,
- souvent le nombre utilisé pour exprimer la valeur d'une grandeur contient plusieurs chiffres, avec une partie entière et une partie décimale,
- la 9e Conférence générale dans sa Résolution 7 (1948) avait décidé que « Dans les nombres, la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale »,
- conformément à la décision du Comité international des poids et mesures lors de sa 86e session (1997), le Bureau international des poids et mesures utilise maintenant le point (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses versions en anglais, y compris dans le texte anglais de la brochure sur le SI (la référence internationale sur le SI), tout en continuant à utiliser la virgule (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en français,
- néanmoins certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs documents en anglais,
- de plus, certaines organisations internationales, y compris certaines organisations internationales de normalisation, spécifient que le séparateur décimal doit être la virgule sur la ligne, dans toutes les langues, y compris l'anglais,

- la recommandation d'utiliser la virgule sur la ligne comme séparateur décimal est, dans de nombreuses langues, en conflit avec l'usage courant, qui consiste à utiliser le point sur la ligne,
- le fait d'utiliser le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne comme séparateur décimal n'est pas toujours lié à la langue, car certains pays de même langue maternelle ont des usages différents, alors que d'autres pays pratiquant le plurilinguisme utilisent le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne suivant la langue,

déclare que le symbole SI du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne,

réaffirme que « Pour faciliter la lecture, les nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres ; ces tranches ne sont jamais séparées par des points, ni par des virgules », comme le recommande la Résolution 7 de la 9e Conférence générale de 1948.

Au nom de M. Thor (secrétaire de l'ISO TC 12), M. Andersson (Suède) suggère que le qualificatif « SI » soit supprimé du point « déclare », parce que le séparateur décimal n'est pas limité à ce système. M. Mills dit qu'il n'y est pas personnellement opposé, mais il explique que le Comité international a le sentiment que la Conférence générale fait autorité en matière de SI, même si le séparateur a un usage plus vaste. M. Göbel suggère que le terme « SI » soit supprimé et que l'on ajoute une autre clause : « en particulier cela doit être le cas dans le SI ». Cette proposition est bien accueillie et les délégations des trois États à l'origine de ce projet expriment leur approbation. M. Kaarls accepte de soumettre une version révisée au vote.

Quand le projet révisé est ensuite présenté à la Conférence, cette phrase est supprimée. MM. Kaarls et Quinn expliquent qu'ils se sont efforcés de faire inclure ce commentaire, mais quelle que soit la phraséologie utilisée le commentaire semblait limitatif et a donc été finalement abandonné. M. Kaarls rappelle aux délégués que la Résolution 7 de la 9e Conférence générale (1948) ne mentionnait pas non plus le SI.

Le texte révisé, c'est-à-dire le projet de résolution L3, est adopté à l'unanimité sans autre discussion, comme Résolution 10 (*voir* page 169).

16 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures : rapport du Groupe de travail sur la dotation

Le Groupe de travail de la 22e Conférence générale sur la dotation du BIPM s'est réuni le mardi 14 octobre 2003 après-midi et le jeudi 16 octobre 2003 après-midi. Le groupe était présidé par le secrétaire de la Conférence, M. Robert Kaarls, et était composé des États membres suivants : Allemagne, Australie, Canada, Chine, République de Corée, Égypte, États-Unis d'Amérique, France, Inde, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Royaume-Uni, Fédération de Russie, Serbie-et-Monténégro.

16.1 Réunion du mardi 14 octobre

La réunion du mardi 14 octobre est ouverte par le président qui explique en quoi consiste la tâche du Groupe de travail sur la dotation. Il donne lecture du projet de résolution J et résume brièvement les longues discussions et consultations qui ont conduit à l'adoption en octobre 2002 du projet présenté par le Comité international. Il en est rendu compte dans la Convocation de la 22e Conférence générale envoyée aux gouvernements des États membres en décembre 2002 et, plus en détail, en annexe du document « Programme de travail et budget du BIPM pour les années 2005 à 2008 » envoyé aux gouvernements des États membres en avril 2003.

Il souligne les points suivants :

- la rapide évolution des besoins d'activités nationales et internationales dans le domaine de la métrologie, non seulement dans les domaines classiques de la métrologie mais aussi de la chimie, des biotechnologies et de la médecine de laboratoire, domaines dans lesquels la métrologie n'était traditionnellement pas considérée comme hautement prioritaire, décrits dans le rapport du Comité international à la Conférence générale *Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* ;
- les réponses aux deux questionnaires envoyés en 2002 aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie ;
- les réponses aux consultations avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie pendant la réunion des directeurs d'avril 2002 ;
- le succès de l'Arrangement du CIPM ;
- le rapport de la société privée KPMG sur l'impact économique de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et du BIPM.

Le président rappelle aussi au Groupe de travail sur la dotation que la 21e Conférence générale en 1999 avait approuvé le programme de travail proposé à l'époque par le CIPM pour le BIPM ; celui-ci comprenait de nouvelles activités en chimie ainsi que les activités résultant de l'Arrangement du CIPM (notamment la base de données du BIPM sur les comparaisons clés). Il attire l'attention sur le fait qu'il a été reconnu et noté par la 21e Conférence générale que la dotation approuvée en 1999 ne serait pas suffisante pour poursuivre toutes ces activités après 2004, à moins qu'une augmentation substantielle de la dotation ne soit approuvée par la 22e Conférence générale en 2003.

En fait, la charge de travail du BIPM a augmenté bien plus que prévu en 1999. En 2002, il est devenu clair que l'augmentation de la dotation qui devrait être votée par la 22e Conférence générale en 2003 pour maintenir toutes les activités en cours à l'époque serait supérieure à celle susceptible d'être approuvée par les États membres, d'après les consultations avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Lors de sa session d'octobre 2002, le Comité international a donc décidé de supprimer certaines activités du programme de travail afin de pouvoir demander aux États membres une augmentation de la dotation bien plus faible. Cette suppression d'activités, qui pour certaines d'entre elles devait être immédiate, avait pour but de permettre d'équilibrer le budget en 2008, tout en maintenant le programme de travail fondamental du BIPM et en permettant l'extension à des activités en chimie considérées comme essentielles. Étaient également décidées la fermeture immédiate de la section de photométrie et radiométrie du BIPM et une réduction des activités de la section des longueurs qui, jointes à d'autres mesures, conduiraient à une réduction globale du nombre des membres du personnel permanent du BIPM et à une réduction des réserves jusqu'à un niveau d'environ 39 % du budget annuel, et un budget en équilibre en 2008. Les prévisions financières étayant ce projet étaient

fondées sur une augmentation de la dotation de 6,7 % en 2005, à laquelle venait s'ajouter une augmentation annuelle de 1,8 % pour tenir compte de l'inflation (comme le propose le projet de résolution J).

Le président du Groupe de travail sur la dotation demande ensuite un premier avis sur le projet de résolution J aux États membres représentés. Neuf des seize États représentés indiquent qu'ils seraient prêts à approuver ce projet soit dans sa forme actuelle (Australie, Canada, Chine, Italie, Norvège, Royaume-Uni et Serbie-et-Monténégro), soit avec des modifications, afin d'obtenir la même somme globale mais en étalant l'augmentation sur quatre ans (France et Russie). La position de l'Égypte est qu'elle ne peut accepter aucune augmentation supérieure à l'inflation en France. Pour l'Allemagne l'augmentation ne devrait pas excéder 5 % la première année. L'Inde n'accepterait pas une augmentation supérieure à l'inflation. Le Japon désapprouve toute augmentation supérieure à l'inflation, mais souhaite examiner certains détails du projet de résolution car il ne correspond pas à une stabilité en valeur nominale. La République de Corée ne souhaite pas s'exprimer pour le moment. Le Mexique est opposé à toute augmentation supérieure à l'inflation. Les États-Unis sont opposés à toute augmentation quelle qu'elle soit, mais veut bien examiner la possibilité d'inclure l'inflation si elle n'excède pas 1,8 % par an.

S'ensuit une discussion sur le programme de travail du BIPM. Tous les représentants expriment leur soutien, mais l'Égypte et le Mexique souhaitent attirer l'attention sur l'amoindrissement des services offerts aux plus petits pays résultant des réductions dans le programme décidé par le Comité international en 2002. D'autres pays font la même remarque, mais cette réduction d'activités est contrebalancée par l'augmentation très forte du rôle de coordination joué à présent par le BIPM. Après discussion, le groupe de travail soutient à l'unanimité le programme de travail proposé pour le BIPM et en particulier la nécessité de conserver le programme des activités scientifiques de base nécessaires pour mener à bien les activités techniques utiles aux États membres et poursuivre la mission de coordination et de liaison internationale du BIPM. Le rôle accru de coordination a le soutien unanime du groupe de travail. Il voit aussi de manière positive l'augmentation des activités dans le domaine de la chimie, en particulier en ce qui concerne les étalons mesureurs d'ozone et les mesures de pureté dans le domaine de l'analyse organique et biologique, permettant d'étayer les travaux en chimie clinique et en médecine de laboratoire en réponse à la Directive de l'Union européenne sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*.

Le Groupe de travail sur la dotation discute ensuite de la manière d'harmoniser les points de vue divergents exprimés par les États membres concernant la dotation. La délégation allemande suggère que les réserves du BIPM pourraient être utilisées pour étayer le programme proposé et que la dotation serait augmentée uniquement pour tenir compte de l'inflation. Le directeur du BIPM répond que les réserves ont déjà été réduites à un niveau de 45 % du budget annuel et qu'il est déjà envisagé de les réduire encore pour atteindre le niveau de 39 % du budget annuel en 2008. Il dit qu'il est nécessaire que les réserves se situent plus ou moins à ce niveau pour deux raisons : a) les recettes peuvent varier de plus de 20 % d'année en année et les paiements des États membres s'effectuent tout au cours de l'année, les réserves sont donc nécessaires au fond de roulement ; b) en l'absence de paiement des États membres en retard de paiement depuis moins de trois ans, pour lesquels la règle de répartition ne peut être appliquée. Le Groupe de travail reconnaît que pour ces raisons il est prudent que le montant des réserves se situe à environ 40 %.

Alors que les discussions ultérieures montrent que la plupart des pays ayant indiqué à l'origine qu'ils ne pouvaient pas accepter une augmentation supérieure à l'inflation sont prêts à être flexibles et à ne pas bloquer les vœux de la majorité, les États-Unis maintiennent leur position de

départ. On en déduit donc qu'aucun accord ne peut être consenti ; le président doit donc présenter son rapport à la Conférence générale le jeudi matin et réunir à nouveau le Groupe de travail sur la dotation le jeudi après-midi.

Les conclusions présentées par le président du Groupe de travail sur la dotation à la Conférence générale sont les suivantes :

- les États membres du Groupe de travail sur la dotation sont unanimement d'accord sur le programme de travail du BIPM ;
- plusieurs États membres souhaitent voir noter qu'ils désirent que le BIPM maintienne ses services d'étalonnage pour les laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre ;
- aucun accord n'a pu être conclu quant aux conséquences budgétaires du programme proposé, mais une grande majorité des membres du Groupe de travail sur la dotation reconnaissent que leur contribution au BIPM leur a donné un bon retour sur investissement ;
- bien que certaines délégations expriment une sérieuse préoccupation quant à la situation financière dans leur pays, le soutien est général pour une augmentation en termes réels de la dotation afin de permettre au BIPM de réaliser le programme de travail proposé ;
- des propositions ont été faites pour répartir l'augmentation proposée sur la période de quatre ans 2005-2008 au lieu d'une forte augmentation la première année ;
- les États-Unis voteront en faveur d'une dotation constante, s'abstiendront si la dotation est augmentée de 1,8 % au titre de l'inflation, mais poseront leur veto en cas d'augmentation de la dotation en termes réels ; ils sont la seule délégation à soutenir cette position ;
- à moins que la délégation des États-Unis ne fasse preuve de flexibilité, il semble impossible de trouver une solution acceptable pour tous les États membres ; et
- il est suggéré qu'une possibilité serait de séparer en deux la dotation proposée, avec une part obligatoire comprenant une augmentation correspondant à l'inflation seulement et une seconde part discrétionnaire incluant l'augmentation réelle souhaitée par la majorité des États membres, le Groupe de travail sur la dotation a décidé d'examiner cette suggestion et de se réunir à nouveau le jeudi après-midi.

Enfin, pour conclure, le président dit qu'avec une augmentation de seulement 1,8 % au titre de l'inflation le nombre des comparaisons et étalonnages effectués pour les laboratoires nationaux de métrologie serait encore réduit. Le Groupe de travail a considéré de manière générale que ce n'était pas souhaitable, car ceci rendrait, entre autres choses, la participation à la Convention du Mètre moins attrayante pour les petits pays et pour les pays en voie de développement – ce qui est en contradiction avec les vœux exprimés en général par les délégués à la Conférence générale. Plusieurs remarques ont été faites par diverses délégations quant au souhait de maintenir le BIPM en position de répondre aux demandes qui lui sont faites. Le BIPM n'est pas seulement une organisation très efficace, mais les fonds investis au BIPM pour des activités destinées aux États membres sont très rentables et leur permettent de faire des économies sur des dépenses qu'ils devraient engager eux-mêmes autrement. Il mentionne l'importance des nouvelles activités en médecine de laboratoire en exemple des nouvelles activités prises en charge par le BIPM pour les États membres.

16.2 Réunion du jeudi 16 octobre

Le Groupe de travail sur la dotation se réunit à nouveau le jeudi après-midi.

Cette seconde réunion commence par une discussion sur la proposition faite le mardi de séparer la dotation en deux parties. En général on s'accorde à penser qu'une solution où la majeure partie de l'augmentation serait considérée comme discrétionnaire ne serait pas viable pour le BIPM. Les ressources du BIPM seraient incertaines au point qu'il serait impossible de planifier correctement le programme de travail. Il faut trouver une autre solution.

La délégation allemande annonce ensuite que l'augmentation maximale qu'elle est prête à accepter la première année (2005) est de 5 %, inflation comprise.

La délégation japonaise présente ensuite les résultats de son étude détaillée sur la proposition d'augmenter la dotation. Elle déclare tout d'abord qu'elle acceptera les dépenses liées aux salaires du personnel du BIPM et à la Caisse de retraite présentées dans le « Programme de travail et budget » mais considère que des coupes significatives pourraient être faites dans les dépenses d'investissement pour les équipements de laboratoire et l'entretien des bâtiments du BIPM. Le Groupe de travail est d'accord pour que les dépenses proposées pour les salaires et les retraites soient maintenues quelle que soit la dotation adoptée.

En réponse à la délégation japonaise suggérant que les dépenses d'entretien des bâtiments sont trop élevées, il est souligné que le montant des dépenses prévues pour la période 2005 à 2008 se situe au niveau moyen des cent dernières années et reflète les coûts d'entretien de bâtiments historiques et de mise à niveau des laboratoires. Le Groupe de travail soutient le besoin de consacrer des fonds suffisants pour les bâtiments du BIPM.

Le Japon propose alors une augmentation de 3,6 % en 2005, dont 1,8 % au titre de l'inflation, suivie d'une augmentation de 1,8 % en 2006, 2007 et 2008.

Les discussions au sein du Groupe de travail sur la dotation montrent alors clairement que cette proposition n'offre pas de solution réaliste pour l'avenir du BIPM : elle ne peut conduire qu'à beaucoup plus de réductions immédiates supplémentaires de personnel et à la cessation d'autres activités de laboratoires. Il est aussi souligné que les procédures de fonctionnement de la Convention du Mètre ne prévoient pas de réserves financières pour des licenciements et comme les réserves du BIPM ne sont pas conçues pour pourvoir aux dépenses de personnel en surplus, les coûts associés aux réductions de personnel qui en résultent doivent être supportés directement par les États membres.

Il s'ensuit une discussion sur le chiffre à prendre en compte pour l'inflation. Il ressort qu'une estimation de 1,8 % pour l'inflation est considérée comme sous-estimée par la plupart des délégations et le Groupe de travail en prend avantage pour réviser ce taux. Toutes les délégations se mettent d'accord qu'un taux annuel d'augmentation de 2 % au titre de l'inflation serait acceptable.

À la suite d'autres discussions, les délégations allemandes et japonaises se mettent d'accord sur une proposition de compromis : la dotation pour 2005 doit inclure un palier d'augmentation de 3 % plus une augmentation de 2 % pour l'inflation, soit une augmentation totale de 5 %, ainsi qu'une augmentation supplémentaire de 2 % en 2006, 2007 et 2008 au titre de l'inflation.

Le président demande ensuite à chaque délégation de donner son avis sur cette proposition. Les délégués de quinze États membres acceptent le compromis proposé. De plus, ils indiquent qu'ils le recommanderont à la Conférence et seront prêts à voter en faveur de cette proposition si elle était présentée à la Conférence. Le seizième État membre, les États-Unis, maintient sa position d'opposer son veto à toute proposition d'augmentation réelle de la dotation.

Il s'ensuit une autre discussion à la suite de laquelle les États-Unis font une contre-proposition : d'accepter l'augmentation de 2 % par an au titre de l'inflation et de réduire le montant de

l'augmentation proposé par les délégations allemandes et japonaises de 3 % à 1,6 %. Si cette proposition est mise au vote, les États-Unis s'abstiendront et n'utiliseront pas leur droit de veto.

Cette contre-proposition n'est acceptée par aucune des autres délégations. Se trouvant dans une impasse, l'on revient à la suggestion de séparer la dotation en deux parties : une partie fixe et une autre « discrétionnaire ». Dans ce cas, la part discrétionnaire serait la différence entre l'augmentation initiale de 3 % acceptée par tous les membres sauf par les États-Unis et les 1,6 % proposés par les États-Unis. De cette manière l'augmentation en 2005 représenterait au total 5 % si la totalité de la part discrétionnaire était payée.

La plupart des membres du Groupe de travail acceptent avec réticence cette proposition comme un compromis nécessaire et estiment que cette division est en un sens arbitraire et fondamentalement insatisfaisante. Ils souhaitent aussi donner au BIPM l'allocation financière la plus sûre possible, les incertitudes budgétaires pouvant créer des difficultés de gestion. Consensus se fait pour déclarer que la part « discrétionnaire » doit être demandée aussi fermement que possible et que les États membres doivent être invités à déclarer s'ils ont l'intention de la payer ou pas.

La proposition finale présentée à la Conférence et approuvée par les États membres du Groupe de travail sur la dotation comprend une part discrétionnaire destinée à faire la différence entre l'augmentation de 3,6 % et la proposition d'augmentation de 5 % pour l'année 2005.

16.3 Rapport à la Conférence

Les conclusions des discussions du Groupe de travail sur la dotation sont ainsi présentées à la Conférence générale le vendredi matin par le président de ce groupe :

- le Groupe de travail sur la dotation a eu deux réunions difficiles et a discuté de la dotation proposée de manière particulièrement détaillée ;
- comme les États-Unis ont déclaré dès le départ que leur politique générale à l'égard des organisations internationales était de n'accepter aucune augmentation et qu'ils opposeraient leur veto pour toute augmentation supérieure à 1,8 % au titre de l'inflation annuelle, aucun accord n'a pu être conclu à l'origine ;
- une proposition constructive faite par l'Allemagne et le Japon, fondée sur une augmentation de 5 % en 2005, dont 2 % au titre de l'inflation suivie d'une augmentation de 2 % par an au titre de l'inflation sur la période 2006 à 2008, a été finalement approuvée par tous les membres du Groupe de travail sur la dotation sauf un ;
- la délégation des États-Unis a ensuite déclaré qu'elle n'opposerait pas son veto, mais s'abstiendrait, sur une proposition fondée sur une augmentation de 3,6 % en 2005, composée d'une augmentation unique réelle de 1,6 %, majorée de 2 % en 2005 au titre de l'inflation et une augmentation annuelle de 2 % au titre de l'inflation pour la période 2006 à 2008 ;
- enfin, le groupe est parvenu à un accord sur une somme discrétionnaire de 134 000 euros par an pour la période 2005 à 2008, moyenne représentant la différence entre la proposition d'augmentation de 3,6 % que les États-Unis étaient prêts à accepter et celle de 5 % qui paraît acceptable pour les autres membres du Groupe de travail sur la dotation.

Le président du Groupe de travail sur la dotation peut donc présenter un projet de résolution modifié à la Conférence générale fondé sur le compromis ci-dessus. Toutefois le groupe fait remarquer que la somme résultant de ce compromis est moindre que celle proposée par le

Comité international et il demande donc au Comité international et au directeur du BIPM de ré-examiner le programme de travail du BIPM.

Le Comité international et le BIPM essaieront d'éviter toute réduction supplémentaire des services d'étalonnage offerts aux laboratoires nationaux de métrologie.

Comme plusieurs délégués l'ont suggéré, le Comité international et le BIPM examineront si d'autres organisations ne pourraient pas leur assurer d'autres sources d'aide financière.

La Conférence générale encourage fortement le détachement de personnel au BIPM et de chercheurs associés. Ceci permettrait aux États membres de fournir du personnel convenablement qualifié qui participerait aux programmes de base du BIPM ainsi qu'aux projets complémentaires répondant aux intérêts communs des États membres et du BIPM.

16.4 Discussion

Quand le projet de résolution J2 modifié est présenté le vendredi 17 octobre au matin, il fait l'objet de plusieurs autres commentaires.

M. Bement rappelle aux délégués que les instructions initiales du Gouvernement américain étaient d'opposer un veto à toute augmentation de la dotation. Il a indiqué quelles sont les conditions qui l'autoriseraient à retirer son veto et remarque que l'on a progressé. D'autres changements doivent néanmoins être encore apportés. Tout d'abord, changer le « décide ensuite » en « décide ensuite de soutenir la charge de travail croissante du BIPM par une contribution supplémentaire discrétionnaire », de manière que la part « à risque » de la dotation ne soit pas automatiquement affectée aux activités de coordination mais aux activités générales. Deuxièmement, après « demande » d'ajouter « demande aux États membres de déclarer au Bureau international, au plus tard le 1er avril 2004, s'ils ont l'intention de payer leur part de la contribution discrétionnaire ». Autrement, par un jeu de mots, la contribution discrétionnaire est changée en contribution non-discrétionnaire, ce qui obligerait la délégation américaine à opposer son veto à la Résolution.

M. Kaarls lui assure que ce n'était pas l'intention de faire de cette contribution discrétionnaire une contribution « discrétionnaire obligatoire », mais plutôt de savoir sur quelle aide le BIPM pouvait compter pour mener à bien son programme de travail. Les changements proposés par la délégation américaine sont approuvés, avec un changement rédactionnel mineur pour indiquer la répartition de la part discrétionnaire sur les quatre années et pour faciliter la rédaction en français.

M. Pákay (Hongrie) souligne que, bien qu'il ait l'intention de voter en faveur de la Résolution, les problèmes économiques actuels en Hongrie imposent des réductions de personnel à l'OMH et la fermeture de sa section des mesures aux hyperfréquences. Il demande aux décideurs du BIPM de garder à l'esprit ces problèmes. M. Quinn dit que le BIPM reste bien sûr sensible aux problèmes budgétaires des États membres.

M. Šafarik (Rép. tchèque) note qu'il est important de penser à ce qui se passera après 2008. Les États membres devraient être conscients que la dotation requise en 2008 sera fondée sur la somme des deux parts fixe et discrétionnaire. M. Kovalevsky souligne que la 22e Conférence générale ne peut pas prendre de décision concernant la 23e Conférence générale, mais il pense que ce commentaire est important et doit être noté dans les comptes rendus.

M. Jones (Nouvelle-Zélande) exprime sa préoccupation d'avoir une part discrétionnaire dans la dotation et demande des directives claires pour expliquer aux gouvernements pourquoi il y a cette part discrétionnaire et ce à quoi elle aboutit. Une somme d'argent infime pourrait être remise en cause en raison de la difficulté à expliquer cette décision de séparer la dotation en deux parts. M. Kovalevsky répond qu'une demande officielle concernant la part discrétionnaire sera bien sûr adressée aux gouvernements des États membres, précisant leur part à payer (le pourcentage de répartition est le même que pour la part fixe) et expliquant l'idée de la part discrétionnaire. Le bureau du Comité réfléchira à la meilleure façon d'expliquer le contenu de la Résolution.

M. Carneiro (Danemark) renvoie la discussion sur les trois paragraphes à puces concernant le détachement de personnel et le financement de postes de chercheurs associés au BIPM, suggérant qu'il serait plus approprié de mentionner ces collaborations scientifiques ailleurs que dans la Résolution sur la dotation. M. Quinn explique que le Groupe de travail sur la dotation a inclu ces points à cet endroit parce que, en raison des restrictions budgétaires, le BIPM a déjà cessé de financer lui-même des postes de chercheur associé. La Résolution demande officiellement aux laboratoires nationaux de métrologie d'aider le BIPM à mener à bien la surcharge de travail par des mises à disposition, ces trois points sont donc intimement liés aux parties financières.

M. Blevin (Australie) apporte son soutien à la suggestion de la délégation des États-Unis de changer la rédaction du « décide ensuite » concernant « le rôle accru de coordination » en « charge de travail accrue », rappelant aux délégués que la Convention du Mètre déclare que le BIPM est dirigé par le Comité international, et non par la Conférence générale. Si la Conférence générale commence à préciser l'affectation de la dotation à des chapitres budgétaires particuliers, elle va à l'encontre de la délégation de pouvoir au Comité international prévue dans la Convention du Mètre. Les participants constatent que cette modification a bien été apportée.

M. Quinn vérifie que la rédaction modifiée de la ligne finale du « demande » est acceptable pour tous.

16.5 Vote du projet de résolution J3

Après un vote préliminaire puis un vote définitif, le projet révisé de résolution J3 est adopté comme Résolution 12 avec aucun vote contre et une abstention (États-Unis) (*voir* page 171).

Au nom du CIPM, M. Kovalevsky remercie les délégués pour ce vote qui, dit-il, donne pleinement confiance pour les quatre ans à venir.

17 Propositions des délégués

M. Bordé rappelle aux participants qu'il est demandé dans la Convocation aux États membres de faire connaître au Comité international les vœux ou propositions qu'ils désirent soumettre à la Conférence générale au moins six mois avant la Conférence, conformément à la décision de la 9e Conférence générale (Résolution 10, 1948) : « 1) Les vœux ou propositions ainsi déposés seront transmis par le bureau du Comité à tous les États adhérents à la Convention, au moins

quatre mois avant l'ouverture de la Conférence, afin que les Délégués puissent recevoir les instructions et pouvoirs nécessaires. 2) Tout autre vœu ou proposition ne sera présenté à la Conférence qu'à la condition que le Comité ait eu le temps nécessaire de l'étudier et l'aura approuvé. »

M. Bordé dit que l'on n'a reçu aucune proposition officielle des États membres et aucune autre question n'est posée par les délégués.

18 Renouvellement par moitié du Comité international

Conformément aux articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la Conférence générale doit procéder au renouvellement par moitié des membres du Comité international par vote à bulletin secret. Les membres entrants (ceux qui ont été cooptés provisoirement depuis la précédente Conférence générale afin de pourvoir les sièges vacants) figurent en premier sur la liste ; si leur nombre ne suffit pas, d'autres membres doivent être tirés au sort parmi les membres restants du Comité international.

Les membres suivants (les six nouveaux membres élus provisoirement depuis la précédente Conférence générale, plus le nom de M. Semerjian remplaçant celui de Mme Brown, ainsi que deux autres noms tirés au sort pendant la 92e session du Comité international en 2003 (*voir* rapport de cette session) sont proposés pour être élus ou ré-élus par la 22e Conférence générale : MM. Bennett, Chung, Hengstberger, Inglis, Kaarls, Lusztyk, Schwitz, Semerjian et Tanaka.

M. Érard (France) et M. Jones (Nouvelle-Zélande) sont choisis comme scrutateurs pour le vote. Les neuf membres proposés sont élus à une large majorité. Quatre votes vont à trois autres candidats, qui sont tous déjà membres du Comité international.

19 Vote des Résolutions

Le projet de résolution A révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 1.

Le projet de résolution B révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 2.

Le projet de résolution C est adopté à l'unanimité comme Résolution 3.

Le projet de résolution D est adopté à l'unanimité comme Résolution 4.

Le projet de résolution E est adopté à l'unanimité comme Résolution 5.

Le projet de résolution F révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 6.

Le projet de résolution G révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 7.

Le projet de résolution H révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 8.

Le projet de résolution I révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 9.

Le projet de résolution L2 révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 10.

Le projet de résolution N révisé est adopté à l'unanimité comme Résolution 11.

Comme indiqué dans la section 16.5, le projet de résolution J est adopté comme Résolution 12, sans vote contre mais avec une abstention (États-Unis).

Le texte des Résolutions figure aux pages 161-172.

20 Questions diverses

Il est rappelé aux délégués que la réunion des directeurs du mercredi 15 octobre au matin, ne concerne que les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, mais pas les Associés.

Le président remercie le ministère français des Affaires étrangères pour la réception offerte aux délégués au Centre de conférences internationales le soir du lundi 13 octobre. Il remercie aussi l'ambassadeur de Grande-Bretagne, Sir John Holmes, pour la réception offerte à l'ambassade de Grande-Bretagne le soir du jeudi 16 octobre, pour faire ses adieux à M. Quinn et pour accueillir M. Wallard en tant que nouveau directeur du BIPM.

20.1 Visite du BIPM

Les délégués de la Conférence générale sont invités à visiter le BIPM le mercredi 15 octobre 2003. Ils ont ainsi l'opportunité de visiter les laboratoires, d'examiner les projets et les installations et de discuter avec le personnel.

20.2 Visite du dépôt des prototypes métriques : procès-verbal

Le 15 octobre 2003, à 16 h 00, en présence du président du Comité international des poids et mesures, du directeur du Bureau international des poids et mesures et du représentant du conservateur des Archives nationales de France, il a été procédé à la visite du dépôt des prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

On avait réuni les trois clés qui ouvrent le dépôt : celle qui est confiée au directeur du Bureau international, celle qui est déposée aux Archives nationales, à Paris et que Madame C. Béchu et Monsieur E. Rousseau, des Archives nationales, avaient apportée, celle enfin dont le président du Comité international a la garde.

Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes ainsi que le coffre-fort, on a constaté dans ce dernier la présence des prototypes et de leurs témoins.

On a relevé les indications suivantes sur les instruments de mesure placés dans le coffre-fort :

température actuelle :	22 °C
température maximale :	24 °C
température minimale :	21 °C
état hygrométrique :	61 %

On a alors refermé le coffre-fort ainsi que les portes du caveau.

Le directeur du BIPM,	*Pour le conservateur des Archives nationales,*	*Le président du CIPM,*
T.J. Quinn	C. Béchu	J. Kovalevsky

20.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM

Pendant la Conférence, M. Z. Nikolai, M. G. Sydorenko et M. G. Deitch signent l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM au nom des laboratoires nationaux de métrologie du Bélarus, de l'Ukraine et d'Israël respectivement.

21 Clôture de la Conférence

Le président de la Conférence remercie tous les présents, en particulier M. Kaarls, secrétaire de la Conférence, M. Kovalevsky, président du CIPM, et M. Quinn, directeur du BIPM. Il exprime ses remerciements et tous ses vœux à M. Wallard, futur directeur du BIPM, et toute sa reconnaissance au personnel du BIPM, en particulier à Mme Joly et au secrétariat, et à Mme B. Perent, administrateur du BIPM. Pour conclure, il remercie le ministère français des Affaires étrangères pour avoir hébergé la Conférence au Centre de conférences internationales et tous les participants, en particulier les présidents des Comités consultatifs et les interprètes.

M. Kovalevsky exprime aussi ses remerciements aux délégués pour leur présence et leur participation active et il les remercie, au nom du Comité international, pour la confiance qu'ils accordent au BIPM. Il dit que le programme de travail du BIPM devra être ajusté à la lumière de la Résolution 12 adoptée par la Conférence générale, mais il promet que M. Wallard fera de son mieux pour s'assurer que les activités scientifiques du BIPM et les services d'étalonnage offerts aux États membres seront maintenus, dans le cadre établi par le Comité international en 2002. Enfin, il remercie M. Bordé pour avoir présidé avec autant de brio la Conférence.

M. Bordé rappelle aux délégués que la prochaine Conférence générale se tiendra dans quatre ans, en octobre 2007, et clôt la Conférence à 15 h 15.

Résolutions adoptées par la 22e Conférence générale des poids et mesures (2003)

Liaisons avec d'autres organisations

Résolution 1

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les activités de la Convention du Mètre pour étendre la traçabilité des résultats de mesure et des étalonnages à de nouveaux domaines,
- l'utilité évidente de la collaboration et des comités communs déjà établis par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) avec d'autres organisations internationales,
- la nécessité de renforcer l'efficacité par la collaboration et le partenariat avec d'autres organisations internationales ayant des intérêts et objectifs communs,
- les relations de longue date avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML),

prend acte des arrangements officiels récemment établis par le BIPM avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), ainsi que des efforts déployés par le BIPM pour établir des arrangements similaires avec d'autres organisations,

accueille favorablement ces arrangements, et

invite

- les organisations internationales et intergouvernementales, ayant des activités liées à la métrologie, à coopérer avec le BIPM, à établir des relations officielles similaires et, si nécessaire, à participer à des comités communs,
- tous les États membres de la Convention du Mètre à aider à la mise en œuvre des mesures qui résultent de cette collaboration et des efforts conjoints pour étendre l'influence et l'impact de la Convention du Mètre et de la traçabilité des résultats de mesure et des étalonnages à d'autres communautés d'utilisateurs, lorsque les responsabilités mises en jeu se situent au niveau national plutôt qu'au niveau international.

Métrologie et commerce

Résolution 2

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante de la fiabilité des mesures et de l'équivalence des résultats de mesure dans le commerce international,
- le rôle joué par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) dans la réduction des obstacles au commerce de nature non tarifaire,

- le récent rapport demandé par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) à une société d'audit commerciale sur l'impact économique de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures sur le commerce international,

prend acte de la demande faite de longue date par le BIPM d'obtenir le statut d'observateur du Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'OMC, et

demande aux États membres de la Convention du Mètre de faire pression pour que cette candidature soit agréée dès que possible.

Coordination des initiatives en faveur des actions liées à la métrologie, à l'accréditation et à la normalisation dans les pays et les entités économiques en voie de développement

Résolution 3

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les avantages d'une extension des relations entre la Convention du Mètre et les organismes travaillant dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et des infrastructures liées à la normalisation dans les pays et les entités économiques en voie de développement,
- l'intérêt de mettre en œuvre une approche cohérente et coordonnée dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation,
- la création d'un Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS), comité composé de représentants du Bureau international des poids et mesures (BIPM), de la Commission électrotechnique internationale (CEI), de l'International Accreditation Forum (IAF), de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), de l'Union internationale des télécommunications (UIT), et de l'United Nations Industrial Development Organization (UNIDO),
- les initiatives prises par plusieurs États membres de la Convention du Mètre en faveur de la métrologie dans les pays en voie de développement,

prenant acte de relations indépendantes entre des États membres de la Convention du Mètre et un certain nombre de partenaires du JCDCMAS,

accueille favorablement et apporte son soutien à la participation de la Convention du Mètre aux activités du JCDCMAS, qui est chargé d'aider à une mise en œuvre technique cohérente dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation dans les pays et entités économiques en voie de développement, de façon à éviter tout conflit avec les politiques et activités indépendantes des laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre.

Valeur et avantages de la Convention du Mètre pour les États membres et les Associés à la Conférence générale

Résolution 4

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les avantages techniques et économiques évidents de la Convention du Mètre pour ses États membres et pour les États et entités économiques associés à la Conférence générale,
- combien il est souhaitable d'augmenter le nombre des États membres et des Associés afin d'accroître l'impact et les avantages de la participation à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- la nécessité de s'assurer que le MRA du CIPM n'est pas perçu comme un obstacle technique au commerce mais, au contraire, comme un arrangement offrant les mêmes possibilités à tous,

accueille favorablement

- les initiatives prises par le Bureau international des poids et mesures pour promouvoir l'appartenance à la Convention du Mètre et augmenter le nombre des membres et des Associés à la Conférence générale,
- le rôle potentiel joué par le Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS) pour sensibiliser ceux qui ne sont pas encore membres à l'intérêt de ce statut, et

invite les États membres à promouvoir l'accroissement du nombre des membres et des Associés par leurs initiatives, telles que des programmes d'aide aux pays en voie de développement, et lors de discussions dans des forums internationaux appropriés.

Rapport sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures

Résolution 5

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 11 de la 20e Conférence générale, qui recommandait au Comité international d'étudier les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie,
- la Résolution 1 de la 21e Conférence générale, qui a pris acte du Rapport à la Conférence générale sur les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie,
- le nouveau Rapport approuvé par le Comité international en octobre 2002,

prend acte

- du contenu du nouveau Rapport,
- de sa contribution à l'identification des priorités parmi les activités actuelles et à l'établissement de nouvelles priorités,
- de sa contribution aux décisions du Comité international sur le programme de travaux futurs du Bureau international des poids et mesures (BIPM),

remercie les nombreuses organisations et personnalités qui ont contribué aux travaux du Comité international, et

invite le Comité international

- à continuer de suivre de près les demandes croissantes faites aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM en ce qui concerne leurs activités actuelles et les activités métrologiques supplémentaires résultant de besoins nouveaux dans des domaines tels que la chimie, la biotechnologie, la médecine, l'environnement et les sciences de la nutrition,
- à présenter un rapport à la prochaine Conférence générale traitant du bien-fondé de la réponse du BIPM à ces besoins et les implications financières éventuelles, ainsi que sur le programme de travail du BIPM en réponse à de tels besoins internationaux, et
- si nécessaire, d'actualiser le Rapport de 2002.

Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures

Résolution 6

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

prenant acte de

- l'impact économique et social positif, en particulier la diminution des coûts liés aux obstacles au commerce de nature non tarifaire, pouvant résulter de l'adoption, par les organismes législatifs et réglementaires, de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- l'influence du MRA du CIPM pour établir la confiance entre partenaires commerciaux,
- l'intérêt qu'il a déjà suscité auprès de certaines autorités dans le domaine réglementaire, des organisations commerciales et des autorités nationales,
- l'utilisation du MRA du CIPM, par exemple, pour faciliter les accords commerciaux entre l'Union européenne et les États-Unis,
- ce que la crédibilité du MRA du CIPM repose sur des fondements techniques solides, à savoir les comparaisons clés, les Systèmes Qualité et les autres dispositions prises pour assurer la qualité,
- ce que le MRA du CIPM a été signé avec l'approbation des autorités officielles compétentes de chaque pays,

accueille favorablement l'intérêt manifesté par ces divers organismes, et

invite

- tous les États membres à promouvoir le MRA du CIPM auprès de leurs organismes nationaux de réglementation, d'accréditation et de normalisation, comme cadre pour l'acceptation des certificats d'étalonnage et de mesurage des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés, ainsi que des laboratoires accrédités pouvant faire la preuve de leur traçabilité au Système international d'unités par l'intermédiaire des étalons des laboratoires nationaux de métrologie signataires du MRA et des laboratoires désignés,
- le Comité international à préparer une déclaration sur l'importance et les applications du MRA du CIPM dans les domaines des échanges, du commerce et de la réglementation, et à porter cette déclaration à l'attention des Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre, en recommandant que les principes du MRA du CIPM figurent dans les accords intergouvernementaux si nécessaire,

encourage le Comité international à prendre toutes les dispositions possibles pour augmenter le nombre des signataires du MRA du CIPM, laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés qui font partie de l'infrastructure métrologique des États membres de la Convention du Mètre et des Associés à la Conférence générale.

Implication des laboratoires nationaux de métrologie dans les activités de la Convention du Mètre

Résolution 7

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance des questions relevant des missions des Comités consultatifs,
- que la compétence relative à certaines disciplines se trouve dans de nombreux organismes spécialisés qui ne sont pas des laboratoires nationaux de métrologie,
- qu'il est souhaitable de s'assurer que le plus grand nombre possible de laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires désignés participent aux comparaisons clés dans ces domaines,

prenant acte de la notification officielle au Bureau international des poids et mesures des changements apportés à la liste des laboratoires désignés dans l'annexe A de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM), par les laboratoires nationaux de métrologie signataires du MRA,

recommande

- aux Gouvernements ou aux autorités officielles compétentes des États membres de la Convention du Mètre de prendre les mesures nécessaires pour associer (ou relier) les activités et les moyens de ces autres centres nationaux d'expertise aux laboratoires nationaux de métrologie en les désignant comme participant à l'Arrangement et donc aux activités qui y sont liées, et

- qu'ils mettent leurs infrastructures au service d'autres organisations, dans les domaines industriel, scientifique, médical ou autres, qui ont besoin ou tireraient profit de résultats d'étalonnages traçables au Système international d'unités.

Révision de la mise en pratique de la définition du mètre

Résolution 8

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

rappelant

- qu'en 1999 la 21e Conférence générale a accueilli favorablement l'adoption de la révision de la mise en pratique de la définition du mètre approuvée par le Comité international des poids et mesures en 1997,
- que la Conférence générale a aussi recommandé aux laboratoires nationaux de métrologie de poursuivre les études expérimentales et théoriques entreprises pour améliorer les étalons optiques de fréquence et de longueur d'onde, et de mettre au point de nouvelles techniques pour comparer les différents étalons dans un domaine étendu de fréquences et de longueurs d'onde, afin d'améliorer le fondement expérimental du Système international d'unités (SI),

considérant que

- les nouvelles techniques fondées sur des ions et des atomes piégés permettent maintenant de réaliser des étalons de fréquence optiques et des horloges optiques de très haute exactitude et stabilité,
- ces systèmes semblent offrir la possibilité de servir de fondement à une amélioration future de la définition de la seconde,
- l'introduction de la technologie des peignes femtosecondes a facilité considérablement les mesures absolues de fréquence de sources de radiations optiques, y compris celles utilisées dans la mise en pratique de la définition du mètre,
- le Comité international a mis à jour en 2002 les valeurs recommandées pour un certain nombre de radiations publiées dans la mise en pratique de 1997 et y a ajouté les valeurs relatives à un certain nombre de radiations nouvelles,

accueille favorablement

- l'adoption de ces nouvelles valeurs et leur publication dans *Metrologia* en 2003, et
- la collaboration étroite et les discussions entre la communauté des longueurs et celle du temps et des fréquences, en vue du rattachement à venir des étalons de fréquence optiques et micro-ondes,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie continuent à mettre au point des techniques fiables et éprouvées pour la fabrication d'étalons de fréquence optiques et leur comparaison aux étalons de fréquence micro-ondes, et

invite le Comité international à suivre cette question en permanence, en particulier en vue d'une éventuelle redéfinition de la seconde.

Exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence

Résolution 9

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les récents événements qui, nous le comprenons bien, imposent un contrôle plus strict des conteneurs, bagages et objets personnels des voyageurs nationaux et internationaux, ainsi que des bagages non accompagnés,
- que ces contrôles rendent de plus en plus difficile, et parfois impossible, le transport des équipements, étalons et matériaux de référence nécessaires aux comparaisons d'étalons nationaux de mesure,
- que ces comparaisons reposent intrinsèquement sur le transport fréquent et sans encombre d'étalons, qui pour beaucoup ont une stabilité limitée et qui doivent donc être transportés rapidement,
- que certains échantillons et équipements sont fragiles et peuvent être contaminés ou endommagés jusqu'à devenir inutilisables, s'ils ne sont pas transportés avec soin par le personnel des aéroports, les agences de fret et les agents des douanes,
- que les dangers inhérents au transport de certains échantillons pour la métrologie dans les domaines nucléaire, chimique et pharmaceutique sont bien moindres que ne le craignent ceux qui cherchent à interdire ou restreindre systématiquement le déplacement de ces produits en grande quantité,
- la nécessité de mettre en œuvre de nouvelles procédures susceptibles de faciliter le transport sans encombre de tels matériels,
- que cela pourrait se faire par des modifications, directives ou autres adjonctions aux réglementations existantes informant les personnels sur les mesures à prendre pour les échantillons et équipements de mesure,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie, les organismes gouvernementaux et les organisations internationales responsables du contrôle et des règlements sur le transport des biens et substances travaillent tous avec les organismes concernés pour étudier, proposer et mettre en œuvre des procédures spéciales relatives au transport libre et sans encombre de matériaux et d'équipements métrologiques entre les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés et le Bureau international des poids et mesures,

et **recommande** aussi que le Comité international attire l'attention des autres organisations internationales ayant des responsabilités dans ce domaine sur cette Résolution.

Symbole du séparateur décimal

Résolution 10

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant que

- l'un des principaux objectifs du Système international d'unités (SI) est de permettre d'exprimer la valeur des grandeurs d'une manière aisément compréhensible dans le monde entier,
- la valeur d'une grandeur est normalement exprimée par un nombre qui multiplie une unité,
- souvent le nombre utilisé pour exprimer la valeur d'une grandeur contient plusieurs chiffres, avec une partie entière et une partie décimale,
- la 9e Conférence générale dans sa Résolution 7 (1948) avait décidé que « Dans les nombres, la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale »,
- conformément à la décision du Comité international des poids et mesures lors de sa 86e session (1997), le Bureau international des poids et mesures utilise maintenant le point (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes les versions en anglais de ses publications, y compris dans le texte anglais de la brochure sur le SI (la référence internationale sur le SI), tout en continuant à utiliser la virgule (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en français,
- néanmoins certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs documents en anglais,
- de plus, certaines organisations internationales, y compris certaines organisations internationales de normalisation, spécifient que le séparateur décimal doit être la virgule sur la ligne, dans toutes les langues,
- la recommandation d'utiliser la virgule sur la ligne comme séparateur décimal est, dans de nombreuses langues, en conflit avec l'usage courant, qui consiste à utiliser le point sur la ligne,
- le fait d'utiliser le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne comme séparateur décimal n'est pas toujours lié à la langue, car certains pays de même langue maternelle ont des usages différents, alors que d'autres pays pratiquant le plurilinguisme utilisent le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne suivant la langue,

déclare que le symbole du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne,

réaffirme que « Pour faciliter la lecture, les nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres ; ces tranches ne sont jamais séparées par des points, ni par des virgules », comme le recommande la Résolution 7 de la 9e Conférence générale de 1948.

Relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national

Résolution 11

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- le rôle pivot joué par les laboratoires nationaux de métrologie afin de promouvoir l'accréditation des services d'étalonnage et, dans certains pays, des laboratoires d'essais pour satisfaire les demandes croissantes d'étalonnages des étalons de mesure et des instruments assurant la traçabilité au Système international d'unités (SI),
- le caractère fondamental d'une coopération technique étroite entre le personnel des laboratoires nationaux de métrologie et celui des organismes d'accréditation reconnus au niveau national,
- l'importance primordiale pour le client d'être assuré que la procédure d'accréditation des laboratoires d'étalonnage et d'essais est effectuée avec les compétences techniques requises,
- la tendance récente à demander une séparation complète entre les activités des laboratoires nationaux de métrologie et celles des organismes d'accréditation reconnus au niveau national, au nom de l'impartialité, de l'indépendance et de l'intégrité de ces derniers,
- le danger évident qu'une telle séparation pourrait avoir pour les compétences techniques des organismes d'accréditation reconnus au niveau national et, par conséquent, pour l'accréditation des laboratoires d'étalonnage et d'essais,
- que la détermination et la mise en œuvre des pratiques nationales concernant la métrologie et les systèmes d'accréditation nationaux sont en dernière instance de la responsabilité des Gouvernements nationaux,
- que la relation entre le laboratoire national de métrologie et le ou les organismes d'accréditation reconnus au niveau national varie d'un pays à l'autre, ce ou ces organismes pouvant faire partie du laboratoire national de métrologie, être sous la responsabilité du laboratoire national de métrologie, ou en être complètement séparés,

soulignant l'importance d'une pratique équitable et harmonisée à l'égard des systèmes métrologiques et d'accréditation, petits ou grands, dans toutes les régions du monde,

reconnaissant l'importance de l'harmonisation mondiale de ces pratiques,

accueille favorablement le protocole d'accord entre le Comité international des poids et mesures (CIPM) et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) conclu récemment,

demande à tous les organismes d'accréditation de reconnaître que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires d'étalonnage accrédités fournissent ensemble l'accès indispensable à la traçabilité au SI et donc la fiabilité des mesures et de l'équivalence internationale des résultats de mesure pour l'économie et la société tout entières et travaillent ensemble étroitement,

recommande que

- les Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre s'assurent qu'une relation appropriée existe entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national,

- cette relation stimule la collaboration en matière de traçabilité des résultats de mesures et assure que des actions efficaces et complémentaires soient entreprises dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et de l'Arrangement de l'ILAC,

et **note** que les étalonnages ne sont pas une évaluation de la conformité.

Dotation du Bureau international pour les années 2005 à 2008

Résolution 12

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante de la métrologie pour les échanges commerciaux, l'industrie, l'environnement, la santé publique et la sécurité dans tous les États membres de la Convention du Mètre,
- le besoin correspondant d'une coordination internationale efficace et compétente des activités de métrologie,
- le rôle central joué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) dans cette coordination et les services qu'il rend aux États membres de la Convention du Mètre,
- les responsabilités élargies confiées au BIPM lors de la 21e Conférence générale en 1999, sans augmentation correspondante de sa dotation,
- l'augmentation de la charge de travail, non prévue lors de la 21e Conférence générale, à laquelle le BIPM a fait face depuis la précédente Conférence générale,
- l'extension des activités de la Convention du Mètre incombant aux États membres, notamment dans les domaines de la chimie, de la biotechnologie et de la médecine,
- la nécessité d'élargir le domaine de compétences du personnel scientifique du BIPM pour répondre aux demandes dans ces nouveaux domaines,
- les efforts considérables qui continuent d'être faits par le BIPM pour augmenter son efficacité, et son engagement à poursuivre ces efforts,

reconnaissant

- la situation économique difficile actuelle de certains États membres, qui a pour conséquence de limiter strictement les contributions directes aux organisations intergouvernementales,
- l'extrême importance du travail du BIPM pour tous les États membres,
- la nécessité d'assurer les moyens financiers et autres permettant au BIPM de répondre aux exigences croissantes auxquelles il doit faire face,

invite les laboratoires nationaux de métrologie

- à organiser, de manière continue et à leurs frais, la mise à disposition ou le détachement au BIPM, pour des séjours de courte durée, de membres de leur personnel afin de travailler sur des projets d'intérêt mutuel intégrés au programme de travail du BIPM,
- à accepter la participation de membres du personnel du BIPM aux activités de leur laboratoire pour travailler à des programmes d'intérêt mutuel,

- à subventionner un programme permanent de chercheurs associés au BIPM visant à mettre à sa disposition du personnel répondant aux besoins, sur la base de quatre chercheurs associés à la fin de l'année 2004, pour des projets d'intérêt mutuel au laboratoire national de métrologie qui fournit la subvention et au BIPM,

et invite aussi les Gouvernements, les laboratoires nationaux de métrologie, les organisations internationales, ainsi que les organismes et fondations privés à verser des contributions financières supplémentaires ou à effectuer des dons en nature au BIPM,

décide que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'article 6, 1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 22e Conférence porté à

9 587 000 euros en 2005
9 779 000 euros en 2006
9 974 000 euros en 2007
10 174 000 euros en 2008,

et décide aussi de soutenir la charge de travail croissante du BIPM par une contribution supplémentaire discrétionnaire de

130 000 euros en 2005
132 000 euros en 2006
136 000 euros en 2007
138 000 euros en 2008,

demande aux États membres de déclarer au BIPM, au plus tard le 1er avril 2004, s'ils ont l'intention de payer leur part de cette contribution discrétionnaire pour les quatre années ci-dessus.

Annexe A

Convocation de la 22e Conférence générale des poids et mesures

Note : Le texte de la présente Convocation a été envoyé aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre et aux Associés à la Conférence générale en décembre 2002. Trois projets de résolution sur le symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI) ont été ajoutés en avril 2003. Durant la Conférence générale un grand nombre de projets de résolutions ont été modifiés ; les Résolutions adoptées figurent aux pages 161 à 172.

Convocation de la 22e Conférence générale des poids et mesures

La Vingt-deuxième Conférence générale des poids et mesures est convoquée pour

le lundi 13 octobre 2003 à 10 h 00

au Centre de conférences internationales, 19 avenue Kléber, Paris 16e.

Constitution de la 22e Conférence générale des poids et mesures

Convention du Mètre (1875) : article 3

> « Le Bureau international fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un *Comité international des poids et mesures** placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence générale des poids et mesures*** formée de délégués de tous les Gouvernements contractants. »

Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) : article 7

> « La Conférence générale, mentionnée à l'article 3 de la Convention, se réunira à Paris, sur la convocation du Comité international, au moins une fois tous les six ans.
>
> Elle a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, ainsi que de sanctionner les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales qui auraient été faites dans l'intervalle de ses réunions. Elle reçoit le rapport du Comité international sur les travaux accomplis, et procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international.
>
> Les votes, au sein de la Conférence générale, ont lieu par États ; chaque État a droit à une voix.
>
> Les membres du Comité international siègent de droit dans les réunions de la Conférence : ils peuvent être en même temps délégués de leurs Gouvernements. »

---

* Mentionné souvent dans ce document comme CIPM ou Comité international.

** Mentionnée souvent dans ce document comme CGPM ou Conférence générale.

Lieu et dates des séances de la 22e Conférence générale

Toutes les séances se tiendront au

Centre de conférences internationales
19, avenue Kléber, Paris 16e

dans une salle gracieusement offerte par le ministère des Affaires étrangères de France avec traduction simultanée en français et en anglais.

Première séance,	lundi	13 octobre 2003	à 10 h 00
Deuxième séance,	lundi	13 octobre 2003	à 15 h 00
Troisième séance,	mardi	14 octobre 2003	à 09 h 30
Quatrième séance,	jeudi	16 octobre 2003	à 09 h 30
Cinquième séance,	vendredi	17 octobre 2003	à 09 h 30
Sixième séance,	vendredi	17 octobre 2003	à 15 h 00

Une réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre aura lieu le mercredi 15 octobre à 09 h 30 au Bureau international ; elle sera suivie d'une visite des laboratoires et d'une réception au Pavillon de Breteuil. La réunion des directeurs ne fait pas officiellement partie de la Conférence générale ; elle sera présidée par le président du Comité international.

Le Groupe de travail de la Conférence générale sur la dotation du Bureau international se réunira le mardi 14 octobre à 15 h 00 et, si nécessaire, le jeudi 16 octobre à 15 h 00, au Centre de conférences internationales.

Il est probable que la plupart des points principaux de l'ordre du jour jusqu'au point 10 compris seront traités au cours de la première séance ; la deuxième séance sera consacrée principalement aux points 11 et 15. La troisième séance concernera les points 12 et 13 et se terminera par l'examen d'un certain nombre de rapports de Comités consultatifs (point 14). L'examen du point 14 se terminera au cours de la quatrième séance, qui sera aussi consacrée au rapport préliminaire du Groupe de travail sur la dotation, afin que ce groupe puisse poursuivre l'examen de la dotation et présenter son rapport à la cinquième séance. Les cinquième et sixième séances seront consacrées au vote des Résolutions et aux points restants à l'ordre du jour.

Ordre du jour provisoire de la Conférence

1 Ouverture de la Conférence.
2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères de la République française.
3 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures.
4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, Président de la Conférence.
5 Présentation des titres accréditant les Délégués.
6 Nomination du Secrétaire de la Conférence.
7 Établissement de la liste des Délégués ayant pouvoir de voter.
8 Approbation de l'ordre du jour.
9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la Vingt et unième Conférence générale.
10 Activités en relation avec des organisations extérieures, telles que l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), et l'Organisation météorologique mondiale (OMM).
11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures.
12 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle.
13 Rapport sur l'admission d'Associés à la Conférence générale.
14 Rapports des présidents des Comités consultatifs :
  14.1 Comité consultatif des longueurs ;
  14.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées ;
  14.3 Comité consultatif du temps et des fréquences ;
  14.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme ;
  14.5 Comité consultatif de thermométrie ;
  14.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie ;
  14.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants ;
  14.8 Comité consultatif pour la quantité de matière ;
  14.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations ;
  14.10 Comité consultatif des unités.
15 Programme de travaux futurs du Bureau international.
16 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures.
17 Propositions des Délégués.
18 Renouvellement par moitié du Comité international.
19 Votes des Résolutions.
20 Questions diverses.
21 Clôture de la Conférence.

Commentaires sur les principaux points de l'ordre du jour

Note à propos des projets de résolutions : L'emplacement dans la Convocation des projets de résolutions ne reflète pas nécessairement le moment où elles seront traitées ou mises au vote dans l'ordre du jour. Dans tous les cas, le vote des Résolutions se déroule le dernier jour de la Conférence, après la fin des discussions.

1 Ouverture de la Conférence

La 22e Conférence générale se tient quatre ans après la précédente. Cette périodicité de quatre ans entre les Conférences générales est maintenant bien établie, car elle est suffisante pour permettre aux États membres de faire le point sur les activités importantes menées sous l'égide de la Convention, tout en maintenant une fréquence de réunions suffisamment basse pour que les coûts administratifs et annexes ne soient pas excessifs.

5 Présentation des titres accréditant les Délégués

Pour la bonne organisation de la Conférence, il est souhaitable que la composition de chaque délégation soit communiquée au Bureau international au plus tard quinze jours avant l'ouverture de la Conférence.

À leur arrivée, les Délégués accrédités à voter seront priés de présenter les titres remis par les autorités concernées de leur Gouvernement.

9 Rapport de M. le Président du Comité international des poids et mesures

L'article 19 du Règlement annexé à la Convention du Mètre stipule que « Le Président du Comité international rendra compte à la Conférence générale des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion ».

Dans son rapport à la 22e Conférence générale, le Président soulignera les avancées importantes concernant les activités menées sous l'autorité de la Convention du Mètre depuis la 21e Conférence générale.

Nous avons tout d'abord le plaisir d'accueillir les nouveaux États membres de la Convention du Mètre, la Grèce et la Malaisie, et la Yougoslavie qui a réintégré la Convention du Mètre, ainsi que les Associés à la Conférence générale : Cuba, l'Équateur, Hong Kong (Chine), le Kenya, la Lettonie, la Lituanie, Malte, les Philippines, Taipei chinois et l'Ukraine.

Les besoins nouveaux en matière de traçabilité des mesures identifiés par les laboratoires nationaux de métrologie ont provoqué un des changements majeurs intervenus depuis la 21e Conférence générale. Ils ont des implications importantes pour les activités menées sous l'autorité de la Convention du Mètre, ainsi que pour un certain nombre d'autres organisations intergouvernementales et internationales. Ce sont des domaines d'activité entièrement nouveaux pour les organes de la Convention du Mètre. Nous sommes en présence d'une demande permanente d'accroissement de l'exactitude dans les domaines traditionnels d'activité. Nous sommes aussi en présence d'applications nouvelles de la métrologie dans des technologies

majeures telles que la nanotechnologie, l'informatique et les communications, l'espace, la biotechnologie, la médecine et la pharmacologie, domaines que les États membres considèrent comme importants pour leur développement économique à long terme. Le Comité international et la Conférence générale doivent y réfléchir et les prendre en compte pour établir la traçabilité des mesures dans ces domaines. Une conséquence importante de ces besoins nouveaux pour la métrologie est la reconnaissance par les laboratoires nationaux de métrologie, même les plus grands, du fait qu'ils ne peuvent plus traiter seuls toutes ces demandes nouvelles et qu'il devient fondamental pour eux d'établir des collaborations. Ce point souligne l'importance de la coordination et du rôle du transfert des connaissances et des technologies assumé par le Bureau international, par l'intermédiaire des Comités consultatifs du Comité international. La possibilité pour le Bureau international de jouer un rôle accru dans ce domaine avait aussi été reconnue dans la Résolution 1 de la 21e Conférence générale et le programme de travaux futurs en tient compte.

Au cours de ces dernières années, de nombreux laboratoires nationaux de métrologie ont examiné l'importance économique de leurs domaines d'activité et ont établi des priorités qui se reflètent dans le choix de leurs projets et programmes de travail. La procédure d'établissement des priorités a été facilitée par les stratégies locales d'interdépendance mises en place par certaines organisations régionales de métrologie. Ce degré plus élevé d'interdépendance a des conséquences positives pour les laboratoires nationaux de métrologie pris individuellement. Il sera toutefois important de s'assurer que, en fonction des choix faits par les laboratoires nationaux de métrologie, il subsiste un nombre suffisant d'approches diverses pour améliorer les définitions et avoir des réalisations indépendantes du Système international d'unités (SI). Les Comités consultatifs du Comité international ont une position unique leur permettant d'avoir une vue globale sur les évolutions et d'alerter les laboratoires nationaux de métrologie en cas de lacunes.

Le Comité international a étudié avec soin la manière dont il doit réagir ; il a discuté avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et pris conseil auprès d'eux pour savoir comment étendre le SI aux nouveaux domaines. Le Comité international a aussi étudié avec un soin particulier le rôle joué par le Bureau international, en tant que centre unique de transfert des connaissances et des technologies dans le domaine de la métrologie aux laboratoires nationaux de métrologie, pour faciliter la coordination des activités des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que pour établir des contacts au plus haut niveau et des relations au niveau intergouvernemental. Nous avons examiné en détail l'assistance administrative et technique que le Bureau international apporte traditionnellement aux États membres de la Convention du Mètre et comment répondre aux besoins de la métrologie au niveau international au cours des dix prochaines années. Ces préoccupations étaient déjà en grande partie implicites dans les discussions de la 21e Conférence générale et dans le rapport sur les « Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie » (le rapport « Blevin »). Mais ce rapport et les débats à la 21e Conférence générale ont sous-estimé l'importance prise aussi vite par la métrologie dans ces nouveaux domaines. De même, on ne s'était pas rendu compte de l'importance que les Gouvernements et les organisations internationales attacheraient aux relations entre la métrologie, les échanges commerciaux, la santé publique et la sécurité. L'impact et les avantages de la métrologie, déjà sous-jacents dans l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, ainsi que le travail nécessaire à sa mise en œuvre dans les laboratoires nationaux de métrologie et au Bureau international ont aussi été sous-estimés. Le Comité international a donc demandé une mise à jour du rapport « Blevin » présenté à la 21e Conférence générale et une nouvelle évaluation des implications des évolutions récentes. Pour préparer ce rapport, le CIPM a consulté les laboratoires nationaux de métrologie pour

solliciter leur avis sur l'efficacité et l'utilité des activités du Bureau international. Cette étude fera l'objet d'un rapport séparé, qui soulignera les implications importantes pour l'avenir. Ce sera un point majeur de la Conférence. De plus, et en raison du rôle unique qu'il joue sur le plan international, le Bureau international a aussi commandité un rapport sur les avantages économiques que ses activités apportent aux membres de la Convention du Mètre. Ces rapports présentent des conclusions importantes quant à ses activités et aux implications financières pour le Bureau international qui en résultent. Lors de sa session en 2002, le Comité international a pris un certain nombre de décisions relatives au programme de travail futur du Bureau international, afin de pouvoir répondre à l'évolution des besoins tout en respectant les contraintes financières anticipées pour la période comprise entre 2005 et 2008. Ces questions seront discutées aux points 15 et 16 de l'ordre du jour.

La Résolution 1 de la 21e Conférence générale encourage aussi le Bureau international à étendre ses responsabilités au-delà du domaine classique de la métrologie et à couvrir les besoins émergents globaux dans les domaines, par exemple, de la chimie et de la biotechnologie. Il s'agit d'une projection clairvoyante pour le long terme et le Comité international considère que, pour promouvoir et étendre le concept du SI et de la traçabilité des mesures à ces domaines, il est vital de mettre en œuvre un partenariat avec les organisations qui y jouent un rôle clé. Une manière d'y parvenir est de suivre l'avis donné par la dernière Conférence générale et continuer à promouvoir les relations entre le Bureau international et les autres organisations internationales et intergouvernementales. Plusieurs protocoles d'accord et arrangements ont été signés avec des organisations clés et des programmes d'action ont été mis au point pour traiter des questions essentielles aux deux parties. Le président fera le point sur la question. Il discutera l'importance croissante des relations scientifiques et politiques avec les organisations internationales et l'intérêt qu'ils présentent pour la mise en œuvre d'initiatives ayant pour but d'accroître la confiance dans l'exactitude et la reconnaissance des mesures dans le monde. Le Bureau international occupe une position unique pour offrir de telles opportunités au nom des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, une tâche qui est généralement mieux acceptée par les partenaires que si elle émanait d'un seul laboratoire national de métrologie. Dans plusieurs cas, des comités communs ont aussi été créés. Ce sont maintenant des organismes crédibles, dont l'influence est croissante, et dont la nature multipartite assure que leurs décisions seront mises en œuvre dans les nouvelles communautés. La manière dont le Bureau international établit sa crédibilité technique dans ses relations avec ces organisations est un point crucial dont doit décider le Comité international et cette Conférence. Il est toutefois largement reconnu que le succès du Bureau international est très étroitement lié à sa crédibilité scientifique et technique et que celle-ci résulte directement de son programme scientifique.

La Résolution 1 de la 21e Conférence générale accueillait favorablement la collaboration entre le Bureau international et les organisations régionales de métrologie, les réunions entre le Comité international et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, et les collaborations avec les organisations internationales concernées. Ces interactions ont augmenté substantiellement et les « réunions des directeurs » constituent maintenant une part régulière, et hautement considérée, de la vie des laboratoires nationaux de métrologie et du Bureau international. Des échanges mutuels d'information ont été établis et les réunions permettent d'examiner les idées nouvelles et tiennent lieu de forum de discussion unique et de haute tenue sur les questions d'intérêt mutuel. De nombreux liens nouveaux ont été créés au niveau de la technique et du travail, et le personnel du BIPM est régulièrement invité à assister à un certain nombre de réunions des organisations régionales de métrologie, en particulier pour les discussions liées à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international. En contrepartie, le Bureau international s'assure que le point de vue de toutes les organisations régionales de métrologie est

représenté dans les réunions des Comités consultatifs du Comité international. Cela permet de s'assurer, par exemple, que le point de vue des organisations régionales de métrologie peut être efficacement pris en compte dans la même réunion et que les décisions peuvent leur être rapidement et efficacement communiquées. À un niveau différent, le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (le JCRB) se réunit deux fois par an ; c'est un forum de discussion sur les questions liées à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle où les décisions sont prises.

C'est toutefois l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (le MRA) du Comité international qui a eu sans conteste les effets les plus grands et les plus profonds sur les activités du Bureau international. De fait, les efforts consacrés à traiter toutes les activités découlant du MRA ont été bien plus importants que prévu lors de la précédente Conférence générale. Le MRA a bien sûr eu un impact considérable sur les activités des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie et suscite déjà, comme nous l'avions espéré, un intérêt considérable auprès des responsables de la réglementation, de l'accréditation, et des autres organisations intergouvernementales. Il a eu une influence importante sur la réduction des obstacles au commerce de nature non tarifaire et devrait avoir un impact sur les questions sanitaires et phytosanitaires. Ces activités seront présentées en détail séparément à la Conférence, mais parmi les résultats les plus marquants nous pouvons mentionner :

- Le fait que tous les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux au nom desquels ils ont signé l'Arrangement de reconnaissance mutuelle se consacrent entièrement aux activités découlant de l'Arrangement. L'impact le plus fort a été un niveau de participation accru aux comparaisons, malgré les lourdes implications liées aux ressources nécessaires.
- Un cadre plus officiel a été mis en place pour la mise en œuvre des comparaisons. Il en a résulté un niveau de collaboration plus élevé et des interactions plus nombreuses entre le personnel scientifique des laboratoires nationaux de métrologie.
- Un examen approfondi des déclarations de possibilités en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) est effectué au sein des organisations régionales de métrologie et entre ces organisations. De nombreuses CMCs ont été remises en question, ce qui a eu pour effet, dans la majorité des cas, d'établir des bilans d'incertitude plus réalistes.
- Des erreurs significatives et insoupçonnées dans la réalisation de certaines unités et grandeurs ont été identifiées dans plusieurs laboratoires nationaux de métrologie, qui seraient autrement restées inaperçues pendant plusieurs années.
- Plusieurs pays ont reconnu l'intérêt du statut d'Associé à la Conférence générale, en particulier en raison de la reconnaissance de leurs possibilités de mesure par l'intermédiaire de leur participation à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, et la valeur ajoutée que cela apporte aux relations commerciales et à la reconnaissance internationale.
- Les relations sont devenues plus étroites entre le Bureau international et les organismes d'accréditation, en particulier grâce à l'important protocole d'accord avec l'ILAC, à une intense activité intergouvernementale, et au travail des laboratoires nationaux de métrologie et des groupements économiques régionaux. Ces relations ont permis de prendre en compte les implications de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle dans la réglementation, la législation et les accords commerciaux internationaux.
- Les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux ont perçu l'intérêt d'avoir accès aux procédures établies et approuvées dans l'Arrangement et de les utiliser

pour étendre le cadre de la Convention du Mètre à de nouveaux domaines pour lesquels la traçabilité des mesures est nécessaire.

Depuis la précédente Conférence générale, nous avons achevé le programme à long terme de construction de nouveaux bâtiments au Bureau international, financé sur les réserves sans augmentation de la dotation. Un bâtiment pour les laboratoires des lasers avait été achevé en 1984, un bâtiment pour la bibliothèque et des bureaux en 1988, et enfin un bâtiment pour l'atelier de mécanique, des bureaux et des salles de réunion, en 2001. Le Bureau international est maintenant bien installé pour répondre aux besoins immédiats et prévisibles.

Durant la période écoulée depuis la précédente Conférence générale, le Bureau international a utilisé les techniques de pointe de l'informatique afin d'améliorer l'organisation de ses réunions et étendre la communication et les interfaces avec le monde extérieur. Notre site Web, toujours en évolution et en progrès, est utilisé par les Comités consultatifs et les comités communs pour héberger tous les documents des réunions et les informations utiles aux communautés d'utilisateurs entre les réunions. Toutes les réunions des Comités consultatifs et des comités communs se déroulent maintenant « sans papier » et le système informatique, en réseau dans la principale salle de conférence, permet aux délégués d'utiliser leur propre ordinateur personnel et d'avoir accès en temps réel à l'Internet.

Un événement d'une importance particulière a été la célébration du 125e anniversaire de la signature de la Convention du Mètre. À cette occasion, une conférence a été spécialement organisée en octobre 2000 en coopération avec l'Académie des sciences, lors de la réunion des directeurs et de la session annuelle du Comité international. La conférence a attiré un grand nombre de participants, et huit exposés techniques ont été présentés, dont cinq par des lauréats du prix Nobel.

Du point de vue du personnel, il y a eu plusieurs changements dans la composition du Comité international, notamment le secrétaire – M. R. Kaarls a remplacé M. W.R. Blevin – ainsi que le remplacement des deux vice-présidents par MM. G. Moscati et B. Inglis. Avec les nouvelles élections, nous espérons que la composition du Comité sera plus stable pendant les prochaines années, qui seront cruciales pour le Bureau international. Depuis la précédente Conférence générale, le Comité international a aussi nommé M. Andrew Wallard pour succéder à M. Terry Quinn comme directeur du Bureau international à dater du 1er janvier 2004.

Enfin, le Président présentera le rapport sur le travail accompli par le BIPM depuis la 21e Conférence générale.

10 Activités en relation avec des organisations extérieures

10.1 Depuis la précédente Conférence générale, le Groupe de travail commun à l'OIML, au BIPM et à l'ILAC s'est réuni plusieurs fois. Les réunions ont couvert un grand nombre de points, notamment :

- Les relations entre l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et les arrangements de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML).
- L'examen périodique des activités communes, comme le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM), en particulier sur la définition du terme « traçabilité » qui peut être utilisé par les trois organisations. Le JCGM travaille par l'intermédiaire de deux groupes : le Groupe de travail 1, sur le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (le GUM), et

le Groupe de travail 2, sur le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (le VIM).

- La discussion du projet de loi de l'OIML sur la métrologie au sujet duquel il a été demandé au BIPM de faire des commentaires.
- Les actions du CIPM et des autres comités liées au projet de norme ISO 17011 au sujet des laboratoires nationaux de métrologie qui ont des services d'accréditation. Ces actions ont permis de parvenir à un accord sur la démarche des laboratoires nationaux de métrologie pour éviter des conflits d'intérêt et ont abouti à un nouvelle rédaction de certains paragraphes.
- Une position commune sur la nécessité d'améliorer la coordination des activités liées à la métrologie dans les pays en voie de développement membres de ces trois organisations ainsi que de l'International Accreditation Forum (IAF), de la Commission électrotechnique internationale (CEI), de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). En conséquence, ces organisations ont formé un comité commun, le Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS). Ce comité a aussi pour but de promouvoir la métrologie, l'accréditation et la normalisation, et de fournir une assistance technique et des conseils aux agences chargées du financement, afin de financer plus efficacement les infrastructures de la métrologie dans les pays en voie de développement.

10.2 Le 3 novembre 2001, l'ILAC et le Bureau international ont signé un protocole d'accord, dont le texte figure sur le site Web du BIPM. Les deux organisations s'engagent à renforcer leur coopération et à se référer, autant que possible, aux arrangements de reconnaissance mutuelle établis par les deux organisations. De plus, il existe des arrangements officiels séparés entre le BIPM, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM). L'OMS et l'OMM sont invités à assister à la Conférence générale en qualité d'observateurs, ainsi qu'aux réunions des Comités consultatifs et des comités communs qui les intéressent. Les accords entre le Bureau international et ces organisations reconnaissent leurs responsabilités réciproques et leurs attributions dans les différents domaines d'intérêt commun, ainsi que l'intérêt de travailler ensemble. Le Bureau international est invité par ces organisations aux réunions qui le concernent. Ces arrangements de travail sont d'une importance fondamentale pour promouvoir la métrologie dans des domaines où, jusqu'à présent, elle n'était pas très reconnue.

10.3 Le Bureau international a aussi établi des relations de travail étroites, non officielles, avec un certain nombre d'organisations internationales et intergouvernementales à des fins de coopération et pour définir des activités conjointes d'intérêt commun. Le Comité international pense que ces relations devraient se poursuivre et note en particulier que, comme la Convention du Mètre étend son influence aussi bien sur le plan technique que dans des domaines nouveaux d'applications, il y a d'énormes avantages à travailler en collaboration avec d'autres organisations. Il y a, notamment, trois avantages spécifiques. Tout d'abord, cela aide à unifier et coordonner les activités du Bureau international et celles d'organisations comme l'ILAC et l'OIML, qui sont aussi concernées par la traçabilité et la fiabilité internationale des mesures d'une manière générale. Deuxièmement, cela permet au Bureau international de travailler avec

des organisations groupant des utilisateurs qui ont une connaissance, l'expérience et une crédibilité auprès de communautés avec lesquelles le Bureau international n'est pas familiarisé, telles que la santé publique ou les sciences de la nutrition. Les liaisons et partenariats avec ces organisations sont vitales pour assurer l'adoption efficace et effective, à large échelle, des pratiques liées à la métrologie. Troisièmement, et en particulier dans le domaine de la réglementation et de la législation sur le commerce, ces collaborations aideront à faire mieux reconnaître l'intérêt de la métrologie et en particulier le bien-fondé, la pertinence et l'utilité de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international en tant qu'infrastructure aidant les organisations dans leurs initiatives pour réduire les obstacles techniques au commerce.

Le Comité international souhaite donc proposer trois projets de résolutions à la Conférence générale. Le premier appelle à une collaboration générale avec d'autres organismes. Le second projet est relatif au bien fondé de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle pour les échanges commerciaux. À ce propos, le Bureau international a demandé le statut d'observateur du Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Pour le moment, il n'a pas obtenu d'y être représenté, malgré un bon niveau de coopération dans leurs activités. C'est un souci considérable pour le Comité international. Enfin, le troisième projet de résolution est relatif à la coordination des initiatives en faveur des actions liées à la métrologie, l'accréditation et la normalisation

Liaisons avec d'autres organisations

Projet de résolution A

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les activités de la Convention du Mètre pour étendre la traçabilité des mesures à de nouveaux domaines,
- l'utilité évidente de la collaboration et des comités communs déjà établis par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) avec d'autres organisations internationales,
- la nécessité de renforcer l'efficacité par la collaboration et le partenariat avec d'autres organisations internationales ayant des intérêts et objectifs communs,
- les relations de longue date avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML),

prend acte des arrangements officiels récemment établis par le BIPM avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), ainsi que des efforts déployés par le BIPM pour établir des arrangements similaires avec d'autres organisations,

accueille favorablement ces arrangements, et

invite

- les organisations internationales et intergouvernementales, ayant des activités liées à la métrologie, à coopérer avec le BIPM, à établir des relations officielles similaires et, si nécessaire, à participer à des comités communs,
- tous les États membres de la Convention du Mètre à aider à la mise en œuvre des mesures qui résultent de cette collaboration et des efforts conjoints pour étendre l'influence et

l'impact de la Convention du Mètre et de la traçabilité des mesures à d'autres communautés d'utilisateurs, lorsque les responsabilités mises en jeu se situent au niveau national plutôt qu'au niveau international.

▮ Métrologie et commerce

Projet de résolution B

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- le rôle croissant de la fiabilité et de l'équivalence des mesures dans le commerce international,
- le rôle joué par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) dans la réduction des obstacles au commerce de nature non tarifaire,
- le récent rapport demandé par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) à une société d'audit commerciale sur l'impact économique de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures sur le commerce international,

prend acte de la demande faite de longue date par le BIPM d'obtenir le statut d'observateur du Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'OMC, et

demande aux États membres de la Convention du Mètre de faire pression pour que cette candidature soit agréée dès que possible.

▮ Coordination des initiatives en faveur des actions liées à la métrologie, à l'accréditation et à la normalisation dans les pays et les entités économiques en voie de développement

Projet de résolution C

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les avantages d'une extension des relations entre la Convention du Mètre et les organismes travaillant dans le domaine de la métrologie, de l'accréditation et des infrastructures liées à la normalisation dans les pays et les entités économiques en voie de développement,
- l'intérêt de mettre en œuvre une approche cohérente et coordonnée dans le domaine de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation,
- la création d'un Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS), comité composé de représentants du Bureau international des poids et mesures (BIPM), de la Commission électrotechnique internationale (CEI), de l'International Accreditation Forum (IAF), de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), de l'Union internationale des

télécommunications (UIT), et de l'United Nations Industrial Development Organization (UNIDO),

- les initiatives prises par plusieurs États membres de la Convention du Mètre en faveur de la métrologie dans les pays en développement,

prenant acte de relations indépendantes entre des États membres de la Convention du Mètre et un certain nombres de partenaires du JCDCMAS,

accueille favorablement et apporte son soutien à la participation de la Convention du Mètre aux activités du JCDCMAS, qui est chargé d'aider à une mise en œuvre technique cohérente dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation dans les pays et entités économiques en voie de développement, de façon à éviter tout conflit avec les politiques et activités indépendantes des laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre.

10.4 Le Comité international prend aussi acte du souhait d'augmenter le nombre des membres de la Convention du Mètre et des démarches faites pour faire connaître les avantages qui résultent du statut de Membre de la Convention du Mètre et d'Associé à la Conférence générale. De nombreux États et entités économiques sont, par exemple, membres de l'OMC ou de l'OIML sans être membres de la Convention du Mètre. Le Comité international pense que le JCDCMAS attirera inévitablement l'attention des pays en voie de développement et des autres pays qui ne sont pas membres de la Convention du Mètre, mais sont membres d'organismes avec lesquels nous entretenons un partenariat, sur les activités de la Convention du Mètre. Ce sont des opportunités à saisir. Le Comité international est aussi conscient de la volonté d'organismes internationaux tels que la Commission européenne de faire référence à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international dans ses accords commerciaux avec les États-Unis ainsi que dans ses autres principaux accords commerciaux. C'est d'une part souhaitable et cela témoigne de la valeur attribuée à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle mais, d'autre part, son succès risque d'entraîner la possibilité que de telles demandes de participation au MRA n'apparaissent elles-mêmes comme des obstacles techniques au commerce. Il semble donc clair qu'il faudra renouveler les efforts pour augmenter le nombre des membres de la Convention du Mètre.

Le Comité international accueille favorablement les initiatives du Bureau international pour promouvoir la participation à la Convention du Mètre et attirer de nouveaux membres. Il propose donc le projet de résolution suivant à la Conférence générale.

▮ Valeur et avantages de la Convention du Mètre pour les États membres et les Associés à la Conférence générale

Projet de résolution D

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les avantages techniques et économiques évidents de la Convention du Mètre pour ses États membres et pour les États et entités économiques associés à la Conférence générale,

- combien il est souhaitable d'augmenter le nombre des États membres et des Associés afin d'accroître l'impact et les avantages de la participation à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- la nécessité de s'assurer que le MRA du CIPM n'est pas perçu comme un obstacle technique au commerce mais, au contraire, comme un arrangement offrant les mêmes possibilités à tous,

accueille favorablement

- les initiatives prises par le Bureau international des poids et mesures pour promouvoir l'appartenance à la Convention du Mètre et augmenter le nombre des membres et des Associés à la Conférence générale,
- le rôle potentiel joué par le Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS) pour sensibiliser ceux qui ne sont pas encore membres à l'intérêt de ce statut, et

invite les États membres à promouvoir l'accroissement du nombre des Membres et des Associés par leurs initiatives, telles que des programmes d'aide aux pays en voie de développement, et lors de discussions dans des forums internationaux appropriés.

11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures

Un rapport sur les *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie*, préparé par le secrétaire du Comité international de l'époque, M. W.R. Blevin, a été présenté et discuté à la précédente Conférence générale. Ce document a été largement cité et utilisé. Aussi, le Comité international considère-t-il qu'il est important de le mettre à jour et de le réexaminer pour être informé sur les choix à faire pour ses propres activités et sur les décisions que la 22e Conférence générale devra prendre. Cette mise à jour, préparée par M. R. Kaarls, est consultable sur le site Web du BIPM (www.bipm.org) et sera présentée par M. Kaarls à la Conférence.

Ce rapport met particulièrement l'accent sur le développement considérable dans des domaines nouveaux et ses relations avec les besoins de la société. Il insiste sur le rôle croissant du Bureau international au sein des nouvelles communautés concernées. Au vu de cette situation, le Comité international propose à la Conférence générale le projet de résolution suivant.

▮ Rapport sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures

Projet de résolution E

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 11 de la 20e Conférence générale, qui recommandait au Comité international d'étudier les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie,
- la Résolution 1 de la 21e Conférence générale, qui a pris acte du Rapport à la Conférence générale sur les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie,
- le nouveau Rapport approuvé par le Comité international en octobre 2002,

prend acte

- du contenu du nouveau Rapport,
- de sa contribution à l'identification des priorités parmi les activités actuelles et à l'établissement de nouvelles priorités,
- de sa contribution aux décisions du Comité international sur le programme de travaux futurs du Bureau international des poids et mesures (BIPM),

remercie les nombreuses organisations et personnalités qui ont contribué aux travaux du Comité international, et

invite le Comité international

- à continuer de suivre de près les demandes croissantes faites aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM en ce qui concerne leurs activités actuelles et les activités métrologiques supplémentaires résultant de besoins nouveaux dans des domaines tels que la chimie, la biotechnologie, la médecine, l'environnement et les sciences de la nutrition,
- à présenter un rapport à la prochaine Conférence générale traitant du bien-fondé de la réponse du BIPM à ces besoins et les implications financières éventuelles, ainsi que sur le programme de travail du BIPM en réponse à de tels besoins internationaux, et
- si nécessaire, d'actualiser le Rapport de 2002.

12 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international

Le directeur du Bureau international présentera à la Conférence générale son rapport sur l'état d'avancement de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA). Il commentera en particulier les changements et adjonctions qu'il est nécessaire d'apporter au MRA en réponse aux demandes des signataires. Il propose aussi que la fin officielle de la période de transition du MRA soit fixée au 31 décembre 2003, date à laquelle les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des signataires du MRA et des laboratoires désignés auront pour la plupart été revues et publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. De plus, les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés auront pour la plupart rempli ou seront prêts à remplir les conditions requises par les Systèmes Qualité.

L'intérêt considérable que le MRA a suscité parmi les organismes d'accréditation, de régulation, les organismes intergouvernementaux et les utilisateurs des services des laboratoires nationaux de métrologie sera présenté à la Conférence générale. Le Comité international note que le rapport d'audit d'un consultant privé sur les activités internationales du BIPM souligne l'importance de faire connaître l'intérêt, l'impact potentiel et les avantages globaux résultant d'un usage étendu du MRA. Le Comité international propose donc le projet de résolution suivant à la Conférence générale.

▮ Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures

Projet de résolution F

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

prenant acte de

- l'impact économique et social positif, en particulier la diminution des coûts liés aux obstacles au commerce de nature non tarifaire, pouvant résulter de l'adoption, par les organismes législatifs et réglementaires, de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- l'influence du MRA du CIPM pour établir la confiance entre partenaires commerciaux,
- l'intérêt qu'il a déjà suscité auprès de certaines autorités dans le domaine réglementaire, des organisations commerciales et des autorités nationales,
- l'utilisation du MRA du CIPM, par exemple, pour faciliter les accords commerciaux entre l'Union européenne et les États-Unis,

accueille favorablement l'intérêt manifesté par ces divers organismes, et

invite tous les États membres à faire pression sur leurs organismes nationaux réglementaires, d'accréditation, de normalisation, et législatifs afin qu'ils adoptent le MRA du CIPM comme cadre pour l'acceptation des certificats d'étalonnage et de mesurage des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés, ainsi que des laboratoires accrédités pouvant faire la preuve de leur traçabilité au Système international d'unités par l'intermédiaire des étalons des laboratoires nationaux de métrologie signataires du MRA et des laboratoires désignés.

13 Rapport sur l'admission d'Associés à la Conférence générale

Le président informera la Conférence générale de la situation actuelle.

14 Rapports des présidents des Comités consultatifs

Les présidents des dix Comités consultatifs du Comité international présenteront brièvement les travaux accomplis depuis la 21e Conférence générale. Les rapports des sessions des Comités consultatifs mentionnés par les présidents dans leur rapport ont été publiés et sont consultables sur le site Web du BIPM (www.bipm.org).

Considérant l'intérêt d'élargir au maximum le nombre des laboratoires impliqués dans les activités de ses Comités consultatifs, et parce que certains États membres ne confient pas toujours la responsabilité de certains étalons aux laboratoires nationaux de métrologie ou aux laboratoires désignés dans le MRA du CIPM, le Comité international propose le projet de résolution suivant à la Conférence générale.

▮ Implication des laboratoires nationaux de métrologie dans les activités de la Convention du Mètre

Projet de résolution G

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance des questions relevant des missions des Comités consultatifs,
- que la compétence relative à certaines disciplines se trouve dans de nombreux organismes spécialisés qui ne sont pas des laboratoires nationaux de métrologie,
- qu'il est souhaitable de s'assurer que le plus grand nombre possible de laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires désignés participent aux comparaisons clés dans ces domaines,

prenant acte de la notification officielle au Bureau international des poids et mesures des changements apportés à la liste des laboratoires désignés dans l'annexe A de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM), par les laboratoires nationaux de métrologie signataires du MRA,

recommande

- aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre de prendre les mesures nécessaires pour associer (ou relier) les activités et les équipements de ces autres centres nationaux d'expertise aux laboratoires nationaux de métrologie en les désignant comme participant à l'Arrangement et donc aux activités qui y sont liées, et
- qu'ils mettent leurs infrastructures au service d'autres organisations, dans les domaines industriel, scientifique, médical ou autres, qui ont besoin ou tireraient profit d'étalonnages assurant la traçabilité au Système international d'unités.

14.1 Comité consultatif des longueurs

Le Comité consultatif des longueurs (CCL) s'est réuni en septembre 2001 et a centré son attention sur les rapports de ses deux groupes de travail : le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et le Groupe de travail sur la mise en pratique de la définition du mètre. Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle se consacre principalement aux rapports et aux conclusions des comparaisons clés et à la publication d'informations appropriées dans l'annexe C du MRA. Le Groupe de travail sur la mise en pratique de la définition du mètre a présenté les changements qu'entraîne la mise au point des nouvelles techniques de mesure de fréquence fondées sur les peignes de fréquences, et en particulier sur la possibilité qu'elles offrent de relier les mesures de fréquences optiques et celles des micro-ondes. Ce groupe a préparé une série de valeurs recommandées de fréquences de sources lumineuses utilisées en

spectroscopie et pour les mesures dimensionnelles. Elles serviront de fondement à la révision de la « Mise en pratique », dont la rédaction et la publication sont en cours.

Révision de la mise en pratique de la définition du mètre

Projet de résolution H

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

rappelant

- qu'en 1999 la 21e Conférence générale a adopté la révision de la mise en pratique de la définition du mètre approuvée par le Comité international des poids et mesures en 1997,
- que la Conférence générale a aussi recommandé aux laboratoires nationaux de métrologie de poursuivre les études expérimentales et théoriques entreprises pour améliorer les étalons optiques de fréquence et de longueur d'onde, et de mettre au point de nouvelles techniques pour comparer les différents étalons dans un domaine étendu de fréquences et de longueurs d'onde, afin d'améliorer le fondement expérimental du Système international d'unités (SI),

considérant que

- les nouvelles techniques fondées sur des ions et des atomes piégés permettent maintenant de réaliser des étalons de fréquence optiques et des références de très haute exactitude et stabilité,
- ces systèmes semblent offrir la possibilité de servir de fondement à une amélioration future de la définition de la seconde,
- l'introduction de la technologie des peignes femtosecondes a permis d'effectuer des mesures absolues de fréquence de sources de radiations optiques, y compris celles utilisées dans la mise en pratique de la définition du mètre,
- le Comité international a mis à jour en 2002 les valeurs recommandées pour un certain nombre de radiations publiées dans la mise en pratique de 1997 et y a ajouté les valeurs relatives à un certain nombre de radiations nouvelles,

accueille favorablement

- l'adoption de ces nouvelles valeurs et leur publication dans *Metrologia* en 2003, et
- la collaboration étroite et les discussions entre la communauté des longueurs et celle du temps et des fréquences, en vue du rattachement à venir des étalons de fréquence optiques et micro-ondes,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie continuent à mettre au point des techniques fiables et éprouvées pour la fabrication et la comparaison d'étalons de fréquence optiques, et

invite le Comité international à suivre cette question en permanence, en particulier en vue d'une éventuelle redéfinition de la seconde.

14.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées

Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) s'est réuni en mai 1999 (7e session) et en mai 2002 (8e session). La première réunion était centrée sur les rapports des comparaisons clés du Comité international et sur l'examen de certains projets en cours sur les pesées de précision dans plusieurs laboratoires nationaux de métrologie ainsi que sur les procédures de nettoyage et de fabrication de prototypes en platine iridié et des étalons en acier inoxydable. Ces activités sont pour la plupart étroitement liées à celles de la section des masses du Bureau international. Le CCM a aussi examiné les rapports de ses groupes de travail sur la force, sur les basses, moyennes et hautes pressions, sur la constante d'Avogadro et sur la dureté. Le Comité international a approuvé les résultats du Groupe de travail sur la masse volumique maintenant publiés dans la nouvelle table de la masse volumique de l'eau.

En 2000, des problèmes communs liés aux comparaisons clés ont été discutés lors de la réunion des présidents des groupes de travail du CCM au National Physical Laboratory (Royaume-Uni). Les directives adoptées par le CCM sont très proches des directives pour les comparaisons clés du Comité international.

Lors de sa 8e session, le CCM a reçu le premier rapport du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides, créé en 1999, et a examiné ses activités, ainsi que celles d'autres groupes de travail, sur les comparaisons clés. Les relations avec les comités techniques des organisations régionales de métrologie ont été discutées en détail par les représentants de ces organisations. L'état actuel d'avancement de nombreuses comparaisons clés des organisations régionales de métrologie, leurs résultats et les programmes futurs ont été approuvés. Les problèmes pratiques associés aux comparaisons clés, comme le transport, la stabilité, l'incertitude liée aux artefacts, et la période entre deux comparaisons, ont été discutés par différents groupes de travail du CCM afin de maintenir le mode opératoire le plus approprié du point de vue métrologique.

Le nouveau groupe de travail sur la gravimétrie, créé en 2001 par le Comité international, s'est réuni et a discuté des résultats de la comparaison la plus récente effectuée au Bureau international en 2001.

Le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro, lors de sa réunion annuelle, a examiné son programme de travail futur visant à atteindre un niveau d'incertitude de 10^{-8} en valeur relative.

Un numéro spécial de *Metrologia* a été consacré aux dernières réalisations dans le domaine des étalons de pression et un numéro futur est prévu pour le domaine des masses et de la masse volumique.

14.3 Comité consultatif du temps et des fréquences

Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) a tenu sa 14e session en avril 1999 et sa 15e session en juin 2001. Le comité a pris acte et s'est félicité de l'utilisation croissante de fontaines à césium ainsi que de leur introduction progressive dans le calcul du Temps atomique international (TAI). Le CCTF a pris acte avec intérêt de l'évolution des mesures absolues de fréquences de radiations visibles, rendues possibles grâce aux progrès de la technologie des peignes femtosecondes, et il a souhaité établir des liens plus étroits avec le CCL. Le CCTF a aussi approuvé le travail de la section du temps du BIPM pour mettre au point de nouveaux algorithmes de calcul du Temps universel coordonné (UTC) et a examiné les implications d'une redéfinition éventuelle de l'UTC, qui pourrait conduire à l'abandon des secondes intercalaires. Le CCTF travaille en collaboration avec l'Union internationale des télécommunications, qui est responsable de ces questions. Le CCTF suit aussi l'augmentation du nombre d'horloges

atomiques utilisées dans l'espace et l'émergence d'un nouveau système européen dans le domaine du temps (Galileo).

14.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme

Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) a tenu sa 22e session en septembre 2000 et sa 23e session en septembre 2002. Lors de sa 22e session, il s'est particulièrement intéressé aux travaux sur la redéfinition éventuelle du kilogramme fondée sur la « balance du watt » et a examiné l'impact des ajustements périodiques des constantes fondamentales sur les mesures électriques. Les activités du CCEM et de ses groupes de travail ont été très influencées par le grand nombre de comparaisons clés dans ce domaine ainsi que par le nombre de possibilités en matière de mesures et d'étalonnages examinées pour publication dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Le Groupe de travail du CCEM sur les comparaisons clés s'est particulièrement intéressé aux méthodes utilisées pour relier les résultats des comparaisons du Comité international à ceux des organisations régionales correspondantes.

Les réunions du Groupe de travail du CCEM sur les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif, du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences et du Groupe de travail sur les comparaisons clés ont précédé immédiatement la 23e session du CCEM en septembre 2002. Le Groupe de travail du CCEM sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du Prototype international du kilogramme s'est réuni à Ottawa en juin 2002, juste après la CPEM 2002. Toutes ces réunions reflètent le haut niveau d'intérêt des laboratoires nationaux de métrologie dans le domaine de l'électricité et du magnétisme. Pour ce qui est des activités liées au MRA, le CCEM et ses groupes de travail se sont efforcés en particulier d'établir des procédures pour la mise en œuvre des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et du CCEM, pour l'approbation des résultats et leur publication dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Ce faisant, le CCEM s'est préoccupé d'accélérer les procédures mises en œuvre pour les comparaisons clés et de maintenir le nombre de comparaisons clés à un niveau qui ne soit pas trop lourd pour les laboratoires nationaux de métrologie. En ce qui concerne la partie scientifique du travail du CCEM, le comité a noté que le Comité international était d'accord avec sa déclaration sur la réduction de l'incertitude-type relative assignée à la valeur conventionnelle de la constante de von Klitzing à 10^{-7} en valeur relative. Lors de cette session, le CCEM a réaffirmé l'importance que les métrologistes du domaine de l'électricité attribuent à maintenir des liens directs des unités électriques au SI plutôt qu'à établir un lien indirect au moyen des constantes fondamentales et de calculs théoriques. Le CCEM a aussi pris acte de l'intérêt continu pour le condensateur calculable et de l'intérêt croissant d'utiliser des mesures électriques pour relier le kilogramme au watt. Enfin, le Bureau international a présenté une proposition de nouvelle expérience cryogénique dans ce but.

14.5 Comité consultatif de thermométrie

Le Comité consultatif de thermométrie (CCT) s'est réuni deux fois depuis la précédente Conférence générale : pour sa 20e session en avril 2000 et pour sa 21e session en septembre 2001. Il s'est consacré en grande partie au traitement et à l'analyse des comparaisons clés et aux activités, dans plusieurs laboratoires nationaux de métrologie, liées à l'extension de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) aux mesures des températures en-dessous de 0,65 K. Deux nouvelles comparaisons clés de cellules à point triple de l'eau et d'étalons d'humidité ont débuté. Le CCT a aussi mis en place un groupe de travail chargé d'organiser les

comparaisons clés dans le domaine des propriétés thermophysiques. Le comité a examiné et révisé les missions de ses groupes de travail et fixé de nouveaux objectifs pour leurs activités. La plupart des groupes de travail se sont réunis pendant le symposium sur la thermométrie à Chicago en octobre 2002 ; à cette occasion le CCT a tenu un atelier sur les faiblesses de l'EIT-90.

14.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie

Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) a tenu sa 15e session en mars 1999 et sa 16e session en avril 2001. Comme pour la plupart des autres Comités consultatifs, la question des comparaisons clés a dominé les activités du CCPR, donnant lieu à un important débat sur l'analyse de leurs résultats. Le CCPR a aussi dû examiner avec soin les implications de ses activités dans les domaines plus appliqués de la photométrie et de la radiométrie tels que les fibres optiques et les mesures relatives à l'apparence. Ce sont des domaines où les considérations commerciales jouent un grand rôle dans le programme de travail des laboratoires nationaux de métrologie ainsi que dans celui d'autres organisations, et le CCT a dû établir des priorités entre ces domaines et son intérêt actuel pour les techniques fondamentales. À la suite des résultats de la comparaison clé d'intensité lumineuse et de flux lumineux, le Comité international a approuvé en 2001 la recommandation du CCPR d'ajuster la valeur de la candela et celle du lumen conservées par le Bureau international. Le Groupe de travail du CCPR sur la radiométrie pour l'ultraviolet dans l'air a suivi de près les progrès importants dans la technologie des corps noirs et des rayonnements synchrotron, et leurs implications pour les activités du comité. Le CCPR a aussi pris acte de la poursuite de l'utilisation de radiomètres cryogéniques par les laboratoires nationaux de métrologie et de l'élévation du niveau de confiance accordée aux échelles fondées sur des récepteurs. Dans ses rapports, le CCPR a souligné l'importance croissante de la radiométrie absolue pour l'EIT-90 et la nécessité d'une liaison étroite avec le CCT.

14.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants

Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) s'est réuni en juin 1999 (16e session) et en mai 2001 (17e session). Lors de ces deux réunions, les résultats des comparaisons clés et leur traitement ont principalement occupé l'attention du comité, un intérêt particulier étant porté à la liaison des résultats des comparaisons clés du Comité international à ceux des organisations régionales de métrologie. L'analyse des données par le personnel du Bureau international et la charge de travail qui en résulte ont été particulièrement lourdes, parce que le Bureau international compte un grand nombre de comparaisons en cours, et qu'il a été le laboratoire pilote de nombreuses comparaisons du CCRI.

Le CCRI est particulièrement préoccupé de l'impact des procédures douanières pour le passage en douane dans de bonnes conditions des échantillons radioactifs échangés entre laboratoires, et des restrictions de plus en plus sévères pour le transport d'échantillons même de petite taille, compte tenu des préoccupations internationales liées au terrorisme. Le CCQM a exprimé des préoccupations similaires – en particulier liées à son implication dans de nouveaux domaines tels que les sciences de la nutrition et la pharmacologie. D'autres Comités consultatifs ont constaté des difficultés croissantes soulevées par le transport des étalons de transfert pendant les comparaisons clés du Comité international et des organisations régionales de métrologie. Dans certains cas, des étalons voyageurs ont été endommagés ou ont subi des interventions pouvant

réduire à néant les résultats des mesures faites à ce point de la comparaison. Le CCRI a donc pris l'initiative de formuler le projet de résolution suivant :

▮ Exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence

Projet de résolution I

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les récents événements qui, nous le comprenons bien, imposent un contrôle plus strict des conteneurs, bagages et objets personnels des voyageurs nationaux et internationaux, ainsi que des bagages non accompagnés,
- que ces contrôles rendent de plus en plus difficile, et parfois impossible, le transport des équipements, étalons et matériaux de référence nécessaires aux comparaisons d'étalons nationaux de mesure,
- que ces comparaisons reposent intrinsèquement sur le transport fréquent et sans encombre d'étalons, qui pour beaucoup ont une stabilité limitée et qui doivent donc être transportés rapidement,
- que certains échantillons et équipements sont fragiles et peuvent être contaminés ou endommagés jusqu'à devenir inutilisables, s'ils ne sont pas transportés avec soin par le personnel des aéroports, les agences de fret et les agents des douanes,
- que les dangers inhérents au transport de certains échantillons pour la métrologie dans le domaine nucléaire, chimique et pharmaceutique sont bien moindres que ne le craignent ceux qui cherchent à interdire ou restreindre systématiquement le déplacement de ces produits en grande quantité,
- la nécessité de mettre en œuvre de nouvelles procédures susceptibles de faciliter le transport sans encombre de tels matériels,
- que cela pourrait se faire par des modifications, directives ou autres adjonctions aux réglementations existantes informant les personnels sur les mesures à prendre pour les échantillons et équipements de mesure,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie, les organismes gouvernementaux et les organisations internationales responsables du contrôle et des règlements sur le transport des biens et substances travaillent tous avec les organismes concernés pour étudier, proposer et mettre en œuvre des procédures spéciales relatives au transport libre et sans encombre de matériaux et d'équipements métrologiques entre les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés et le Bureau international des poids et mesures.

14.8 Comité consultatif pour la quantité de matière

Le travail du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) continue à avoir des conséquences réelles sur les mesures chimiques. Il a pris l'initiative d'élargir ses relations avec des organisations internationales dans d'autres domaines. En particulier, le CCQM a pris l'initiative d'ouvrir des discussions avec la communauté des médecins de laboratoire, à la suite

de quoi le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (le JCTLM) a été créé. De plus, le CCQM joue un rôle moteur dans les réflexions relatives à la coordination des activités en biotechnologie et en pharmacologie. Pour commencer le travail dans ces domaines, le CCQM a organisé plusieurs symposiums internationaux déterminants et des ateliers pour rassembler les parties intéressées – souvent pour la première fois.

Le CCQM a tenu quatre sessions depuis la convocation de la précédente Conférence générale : la 5e session en février 1999, la 6e session en avril 2000, la 7e session en avril 2001 et la 8e session en avril 2002. La 9e session du CCQM devrait avoir lieu en avril 2003.

Les premiers succès comprennent l'établissement d'une infrastructure pour la traçabilité internationale dans le domaine de l'analyse de gaz et l'application du concept de traçabilité et d'incertitude aux mesures chimiques. Le choix par le CCQM des substances à analyser et des matériaux de référence certifiés pour les comparaisons clés a été effectué en faisant soigneusement référence à leur impact et à leur utilité dans le domaine des sciences de la nutrition, des denrées de base, de la santé publique, de la biotechnologie, de l'environnement, de la médecine légale, des matériaux modernes et de la chimie analytique en général. De cette manière, le CCQM est perçu comme réagissant aux besoins prioritaires des utilisateurs. Le Comité international apprécie fortement que les organes de la Convention du Mètre soient perçus comme répondant positivement et rapidement aux besoins de ces communautés qui ont beaucoup d'impact sur les consommateurs et sur la qualité de la vie. Ils ont aussi un impact sur les agences de régulation qui mettent en œuvre les nouvelles réglementations, par exemple celle relative aux dispositifs de mesure pour le diagnostic *in vitro* (directive de l'Union européenne sur le diagnostic *in vitro*).

Le CCQM s'est attaqué à de nouveaux défis largement spécifiques aux domaines de la chimie et de l'analyse chimique. En particulier, la classification des matériaux de référence certifiés et le format pour la publication des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages sont différents de ceux utilisés dans le domaine de la physique et des sciences de l'ingénieur. Il a fallu consulter largement les praticiens pour que les informations publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés le soient de manière aisément lisible et adéquate. Le CCQM a aussi reconnu que, pour progresser dans des domaines nouveaux, il était nécessaire de créer plusieurs groupes de travail spécifiques dans des domaines tels que l'analyse des gaz, l'analyse organique et minérale, l'analyse électrochimique, l'analyse de surface et la bio-analyse (y compris la protéomique et la génomique). De nombreux laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas d'activité dans les domaines couverts par le CCQM et il a donc été nécessaire de faire appel à un grand nombre d'autres laboratoires spécialisés désignés par les États membres. Ceci a été fait avec succès bien que le CCQM soit le Comité consultatif dont les participants sont les plus nombreux ; il utilise par conséquent toutes les ressources actuelles du BIPM.

Le CCQM a intensifié sa collaboration avec l'ISO, en particulier dans le domaine de la traçabilité et des incertitudes de mesure des matériaux de référence certifiés (ISO REMCO) et avec plusieurs autres organisations internationales, comme l'American Organization of Analytical Chemists (AOAC), l'Eurachem et la Co-operation on International Traceability in Analytical Chemistry (CITAC), et la National Conference of Standards Laboratories (NCSL). Il entretient aussi des liens forts avec les organisations régionales de métrologie pour aider aux progrès de la métrologie en chimie dans les régions.

Le CCQM a forgé des liens importants avec un certain nombre d'organisations internationales, comme l'OMM, et en particulier le Global Atmospheric Watch programme (GAW), l'OMS, et la Fédération internationale de chimie clinique et de médecine de laboratoire (IFCC). Ces deux

dernières organisations ont apporté un fort soutien et ont été très constructives dans l'établissement du projet de Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM). La composition de ce comité comprend aussi des représentants de l'ILAC, des organismes d'assurance de qualité, des agences de régulation des États-Unis, du Japon et de l'Union européenne, des fabricants de matériaux de référence, et des associations de fabricants de matériel pour le diagnostic *in vitro* des États-Unis, du Japon et de l'Union européenne.

D'autres coopérations devraient s'établir avec des organisations internationales dans le domaine de la vérification des produits alimentaires (Codex Alimentarius de l'OMS et Food and Agriculture Organization des Nations unies, FAO), des stupéfiants et de l'analyse légale.

Actuellement, une quarantaine de comparaisons clés et une soixantaine d'études pilotes ont été effectuées ou sont en cours, couvrant un nombre croissant de domaines de la chimie. Elles fourniront un fondement solide pour comparer et étayer les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie participants, et la reconnaissance des certificats d'étalonnage et de mesurage qu'ils émettent.

14.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations

Le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV) est le plus récent des Comités consultatifs ; il a tenu sa première session en juillet 1999, sa deuxième en octobre 2001, et sa troisième en octobre 2002. Le CCAUV a activement unifié et coordonné les efforts de ceux qui ont des responsabilités techniques et des intérêts dans les domaines relevant des missions du CCAUV. Son travail a été gêné d'une certaine manière parce que de nombreux États membres ne confient pas la responsabilité de certains étalons, comme ceux pour l'acoustique dans l'eau ou les mesures médicales, à des organismes connus ou liés au système national de métrologie.

Les premières réunions du CCAUV ont été très stimulantes, ce qui a aidé à attirer l'attention des laboratoires nationaux de métrologie sur les activités du CCAUV, augmenter le nombre de ses membres, offrir des opportunités de partager les connaissances techniques et accroître les possibilités et la compétence des nouveaux venus dans ce domaine. Lors de sa première session, le CCAUV a lancé un certain nombre de comparaisons clés et a été heureux de noter, lors de sa deuxième session, que certaines d'entre elles sont déjà terminées et que la procédure de liaison de ces comparaisons à celles des organisations régionales de métrologie est bien maîtrisée. Lors de sa deuxième session, le CCAUV a organisé une consultation pour identifier les priorités à appliquer à son programme de travail à venir et un projet de rapport a été présenté lors de la troisième session.

14.10 Comité consultatif des unités

Le Comité consultatif des unités (CCU) s'est réuni une fois, pour sa 14e session, en avril 2001, depuis la précédente Conférence générale, et a centré son attention sur la révision de la brochure sur le SI en vue de la publication de la 8e édition. Il a aussi commencé à examiner les implications des changements à la définition et à la réalisation de l'unité de masse en parallèle aux progrès expérimentaux internationaux, ainsi que l'examen des rapports du CCEM et du CCM.

Le CCU a continué à débattre des questions relatives au néper, au bel et au décibel, après le retrait du projet de résolution L lors de la précédente Conférence générale. Depuis cette date,

plusieurs membres du CCU ont publié un article à propos de cette question dans *Metrologia* et ont poursuivi le débat. Le Comité international ne souhaite pas faire de proposition à ce sujet tant qu'on ne sera pas parvenu à un consensus à ce sujet.

En avril 2003, les Gouvernements de l'Australie, des États-Unis et du Royaume-Uni ont présenté trois projets de résolution supplémentaires sur le symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI).

En anglais, le symbole utilisé pour séparer la partie entière d'un nombre de la partie décimale – appelée séparateur décimal – est le point sur la ligne. Ce symbole est aussi utilisé comme séparateur décimal dans de nombreuses autres langues, y compris celles des populations les plus nombreuses de la Terre. Cependant, en dépit de ces faits bien connus, certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs publications en anglais et, de plus, deux des organisations de normalisation les plus influentes au niveau international précisent dans leurs normes internationales que la virgule doit être le symbole utilisé comme séparateur décimal dans toutes les langues. Le fait que les normes de ces organisations soient souvent considérées, à tort, comme définissant le système métrique moderne, le SI, crée une grande confusion dans le monde au sujet du symbole correct du séparateur décimal à utiliser avec le SI. M. Castelazo (Mexique) avait déjà attiré l'attention de la 21e Conférence générale sur cette question, comme cela est mentionné dans les comptes rendus de la 21e Conférence générale (page 129 pour le texte français).

L'adoption d'une Résolution mettra fin à cette malencontreuse confusion, parce qu'elle explique clairement et sans équivoque que le point sur la ligne et la virgule sur la ligne sont tous deux des symboles SI du séparateur décimal, que le symbole à utiliser dans une langue donnée est celui communément utilisé dans cette langue et que, en particulier en anglais, le symbole SI du séparateur décimal est, et doit continuer à être, le point sur la ligne. Cette proposition est cohérente avec la décision prise par le Comité international lors de sa 86e session en 1997, à savoir de permettre au Bureau international des poids et mesures d'utiliser le point sur la ligne comme séparateur décimal dans toutes ses publications en anglais et de continuer à utiliser la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans ses publications en français.

Pour conclure, l'usage du point sur la ligne comme séparateur décimal est si profondément ancré dans la langue anglaise qu'il est impossible de concevoir de le modifier.

Le projet de résolution K est présenté à la 22e Conférence générale des poids et mesures par le Gouvernement de l'Australie.

▮ Symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI)

Projet de résolution K

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant que

- l'un des principaux objectifs du Système international d'unités (SI) est de permettre d'exprimer la valeur des grandeurs d'une manière aisément compréhensible dans le monde entier,

- la valeur d'une grandeur est normalement exprimée par un nombre et une unité,
- souvent le nombre utilisé pour exprimer la valeur d'une grandeur contient plusieurs chiffres, avec une partie entière et une partie décimale,
- la 9e Conférence générale dans sa Résolution 7 (1948), second paragraphe, avait décidé que « Dans les nombres, la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale. Pour faciliter la lecture, les nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres ; ces tranches ne sont jamais séparées par des points, ni par des virgules. »,
- le point sur la ligne reste, et est assuré de rester, le séparateur décimal en anglais, la langue de loin la plus utilisée aujourd'hui dans les sciences et la technologie, et qu'il est de plus le séparateur décimal préféré dans de nombreuses autres langues,
- néanmoins certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs documents en langue anglaise,
- de plus, certaines organisations internationales, y compris certaines organisations internationales de normalisation, spécifient que le séparateur décimal doit être la virgule sur la ligne en anglais, et dans toutes les langues,
- l'Organisation mondiale du commerce a décidé que les normes internationales doivent être utilisées autant que faire se peut,
- l'utilisation possible du point sur la ligne ou de la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans la même langue, en particulier en anglais, est source de confusion et a un impact potentiel négatif sur le commerce international, en particulier en ce qui concerne les notices figurant sur les emballages,

déclare

- que le symbole SI du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne, selon l'usage courant dans la langue en question,
- qu'en particulier, le symbole SI du séparateur décimal en anglais est, et doit continuer à être, le point sur la ligne.

Le projet de résolution L est présenté à la 22e Conférence générale des poids et mesures par le Gouvernement des États-Unis.

▮ Symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI)

Projet de résolution L

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant que

- l'un des principaux objectifs du Système international d'unités (SI) est de permettre d'exprimer la valeur des grandeurs d'une manière aisément compréhensible dans le monde entier,
- la valeur d'une grandeur est normalement exprimée par un nombre et une unité,
- souvent le nombre utilisé pour exprimer la valeur d'une grandeur contient plusieurs chiffres, avec une partie entière et une partie décimale,

- la 9e Conférence générale dans sa Résolution 7 (1948) avait décidé que « Dans les nombres, la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale »,
- conformément à la décision du Comité international des poids et mesures lors de sa 86e session (1997), le Bureau international des poids et mesures utilise maintenant le point (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en anglais, y compris dans le texte anglais de la brochure sur le SI (la référence internationale sur le SI), tout en continuant à utiliser la virgule (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en français,
- le point sur la ligne reste, et est assuré de rester, le séparateur décimal en anglais, la langue de loin la plus utilisée aujourd'hui dans les sciences et la technologie, et qu'il est de plus le séparateur décimal préféré dans de nombreuses autres langues,
- néanmoins certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs documents en langue anglaise,
- de plus, certaines organisations internationales, y compris certaines organisations internationales de normalisation, spécifient que le séparateur décimal doit être la virgule sur la ligne dans toutes les langues, y compris l'anglais,
- la recommandation d'utiliser la virgule sur la ligne en anglais, et dans de nombreuses autres langues, est en conflit avec l'usage courant, qui utilise le point sur la ligne dans ces langues, l'utilisation des deux séparateurs dans une même langue occasionnant une confusion non souhaitable,

déclare

- que le symbole SI du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne, selon l'usage courant dans la langue en question,
- qu'en particulier, le symbole SI du séparateur décimal en anglais est, et doit continuer à être, le point sur la ligne.

Le projet de résolution M est présenté à la 22e Conférence générale des poids et mesures par le Gouvernement du Royaume-Uni.

▮ Symbole du séparateur décimal dans le Système international d'unités (SI)

Projet de résolution M

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant que

- l'un des principaux objectifs du Système international d'unités (SI) est de permettre d'exprimer la valeur des grandeurs d'une manière aisément compréhensible dans le monde entier,
- la valeur d'une grandeur est normalement exprimée par un nombre et une unité,
- souvent le nombre utilisé pour exprimer la valeur d'une grandeur contient plusieurs chiffres, avec une partie entière et une partie décimale,

- la 9e Conférence générale dans sa Résolution 7 (1948) avait décidé que « Dans les nombres, la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale »,
- conformément à la décision du Comité international des poids et mesures lors de sa 86e session (1997), le Bureau international des poids et mesures utilise maintenant le point (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en anglais, y compris dans le texte anglais de la brochure sur le SI (la référence internationale sur le SI), tout en continuant à utiliser la virgule (sur la ligne) comme séparateur décimal dans toutes ses publications en français,
- le point sur la ligne reste, et est assuré de rester, le séparateur décimal en anglais, la langue de loin la plus utilisée aujourd'hui dans les sciences et la technologie, et qu'il est de plus le séparateur décimal préféré dans de nombreuses autres langues,
- néanmoins certaines organisations internationales utilisent la virgule sur la ligne comme séparateur décimal dans leurs documents en langue anglaise,
- de plus, certaines organisations internationales, y compris certaines organisations internationales de normalisation, spécifient que le séparateur décimal doit être la virgule sur la ligne dans toutes les langues, y compris l'anglais,
- la recommandation d'utiliser la virgule sur la ligne en anglais, et dans de nombreuses autres langues, est en conflit avec l'usage courant, qui utilise le point sur la ligne dans ces langues, l'utilisation des deux séparateurs dans une même langue occasionnant une confusion non souhaitable,

déclare

- que le symbole SI du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne, selon l'usage courant dans la langue en question,
- qu'en particulier, le symbole SI du séparateur décimal en anglais est, et doit continuer à être, le point sur la ligne.

15 Programme de travaux futurs du Bureau international

Un programme détaillé sur les travaux du Bureau international pour les années comprises entre 2005 et 2008, correspondant à la dotation qui sera demandée dans le projet de résolution J, sera présenté par le Comité international dans un document intitulé « Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2005 à 2008 ». Comme par le passé, ce document sera envoyé aux États membres au moins six mois avant la Conférence, c'est-à-dire au plus tard en avril 2003.

16 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures

En 1999, la 21e Conférence générale avait décidé d'augmenter la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures de 1,5 % par an pour la période comprise entre 2001 et 2004, montant qui ne permettait de faire face qu'à l'inflation prévue en France pendant cette période. Nous savions cependant déjà à l'époque que le programme de travail adopté par la Conférence générale entraînerait une augmentation significative des coûts, mais la Conférence générale n'avait pas adopté une augmentation en valeur réelle de la dotation. Au contraire, il avait été demandé au Bureau international d'absorber la majeure partie de cette augmentation de coûts en

améliorant son efficacité et, si nécessaire, en réduisant légèrement son programme de travail. Le Comité international, dans son rapport de 1998 sur les *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie*, avait attiré l'attention sur le fait que, sans une augmentation en valeur réelle de la dotation adoptée par la 21e Conférence générale, il serait nécessaire, lors de la 22e Conférence générale en 2003, d'adopter une augmentation substantielle de la dotation ou d'accepter des réductions importantes du programme de travail du Bureau international.

Depuis la 21e Conférence générale en 1999, la charge de travail du Bureau international a augmenté encore plus que prévu. Cette augmentation est due en grande partie à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international.

Le Comité international, en examinant le programme de travail futur, a aussi pris en compte l'extension rapide des besoins liés à une activité internationale dans les domaines de la chimie, de la bio-analyse, de la médecine, des sciences de la nutrition et dans d'autres domaines similaires. Les demandes d'activités internationales dans les domaines traditionnels n'ont par ailleurs montré aucune tendance à la réduction (*voir* le rapport du Comité international aux États membres, *Évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société, et le rôle du Bureau international des poids et mesures*, mentionné au point 11 de l'ordre du jour provisoire). La dotation supplémentaire nécessaire pour maintenir la totalité du programme en cours au Bureau international est estimée à environ 1,1 million d'euros au 1er janvier 2005, somme à laquelle vient s'ajouter l'inflation en France pour les trois années suivantes. Pour engager une activité en chimie dans les domaines de la bio-analyse et de la médecine, nous estimons qu'il faudrait augmenter encore la dotation de 0,8 million d'euros au 1er janvier 2005, ce qui porterait l'augmentation totale à 1,9 million d'euros.

Le Comité international a examiné avec soin les besoins actuels et futurs relatifs aux activités du Bureau international. Il a envoyé notamment des questionnaires aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre au sujet des services et activités actuels du Bureau international ainsi que sur les nouvelles activités dans le domaine de la chimie. Les directeurs ont discuté, lors d'une réunion qui s'est tenue au Bureau international en avril 2002, les diverses options relatives au programme de travail futur et leur coût respectif. D'autres propositions ont été envoyées en juillet 2002 aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, qui ont été invités à faire part de leurs commentaires avant la réunion du Comité international en octobre 2002.

Pendant la période comprise entre juillet et octobre 2002, il est devenu évident qu'une augmentation de la dotation de 1,9 million d'euros ne serait pas acceptable et que le Comité international devrait établir des priorités quant aux activités du Bureau international et demander une somme bien inférieure. Lors de sa session d'octobre 2002, le Comité international a pris acte des réponses à ces consultations. Il a examiné avec soin les priorités parmi les différents programmes du Bureau international et comment réduire au mieux certaines des activités en cours, tout en maintenant la compétence scientifique de base du Bureau international et en préparant un programme de travail futur qui réponde aux besoins prévisibles des laboratoires nationaux de métrologie pour les prochaines années. En conclusion, le Comité international propose l'augmentation de la dotation suivante.

Le point de départ pour établir la dotation pour les quatre années concernées est la somme adoptée pour la dernière année de la période de quatre ans couverte par la précédente Conférence générale. Dans le cas présent, il s'agit de la dotation approuvée par la 21e Conférence générale pour l'année 2004, c'est-à-dire 9 094 000 euros. Viennent s'y ajouter les contributions de trois États : la Grèce, la Malaisie et la Yougoslavie, qui ont adhéré (ou ré-intégré) à la Convention du

Mètre depuis la 21e Conférence générale. Leurs contributions représentent au total 1,76 % de la dotation globale. Le nouveau point de départ pour le calcul de la dotation pour 2005 est donc 9 254 000 euros. Le Comité international propose une augmentation de 8,5 % au 1er janvier 2005 (c'est-à-dire une augmentation de 6,7 % en valeur réelle, à laquelle vient s'ajouter 1,8 % au titre de l'inflation en France), soit une dotation de 10 041 000 euros pour l'année 2005, et une augmentation supplémentaire de 1,8 % au titre de l'inflation en France au 1er janvier de chacune des trois années suivantes de cette période de quatre ans.

Les sommes demandées au titre de la dotation pour les années 2005 à 2008, et qui figurent dans le projet de résolution J ci-dessous, permettront de mettre en œuvre le programme de travail qui répond aux besoins minimaux des États membres, tout en maintenant un budget en équilibre pour les années 2005 à 2008. Le programme de travail sera cependant réduit par rapport à celui approuvé lors de la 21e Conférence générale. Le programme détaillé pour les années 2005 à 2008 sera présenté dans le document mentionné au point 15 de l'ordre du jour provisoire.

Dotation du Bureau international pour les années 2005 à 2008

Projet de résolution J

La 22e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante de la métrologie pour les échanges commerciaux, l'industrie, l'environnement, la santé publique et la sécurité dans tous les États membres de la Convention du Mètre,
- le besoin correspondant d'une coordination internationale efficace et compétente des activités de métrologie,
- le rôle central joué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) dans cette coordination et les services qu'il rend aux États membres de la Convention du Mètre,
- les responsabilités élargies confiées au BIPM lors de la 21e Conférence générale en 1999, sans augmentation correspondante de sa dotation,
- l'augmentation de la charge de travail du BIPM, non prévue lors de la 21e Conférence générale, à laquelle le BIPM a dû faire face depuis la précédente Conférence générale,
- l'extension des activités effectuées par les États membres de la Convention du Mètre, notamment dans le domaine de la chimie, de la biotechnologie et de la médecine,
- la nécessité d'élargir le domaine de compétences du personnel scientifique du BIPM pour répondre aux demandes dans ces nouveaux domaines d'activité,
- les efforts considérables qui continuent d'être faits par le BIPM pour augmenter son efficacité, et son engagement à poursuivre ces efforts,

invite les laboratoires nationaux de métrologie

- à organiser, à leurs frais, la mise à disposition ou le détachement pour des séjours de courte durée au BIPM de membres de leur personnel pour travailler sur des projets d'intérêt mutuel intégrés au programme de travail du BIPM,
- à accepter la participation de membres du personnel du BIPM aux activités de leur laboratoire pour travailler à des programmes d'intérêt commun,

- à subventionner un programme permanent de chercheurs associés au BIPM pour lui fournir un personnel répondant aux besoins, sur la base de quatre chercheurs associés à la fin de l'année 2004, et

décide que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'article 6, 1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 22e Conférence porté à

10 041 000 euros en 2005
10 222 000 euros en 2006
10 406 000 euros en 2007
10 593 000 euros en 2008.

17 Propositions des Délégués

Il est demandé aux Délégués des États membres de faire connaître au Comité international les vœux ou propositions qu'ils désirent soumettre à la Conférence générale aussi rapidement que possible, et en tout cas au moins six mois avant la Conférence, conformément à la décision de la 9e Conférence générale (1948) : « les vœux ou propositions ainsi déposés seront transmis par le bureau du Comité à tous les États adhérents à la Convention, au moins quatre mois avant l'ouverture de la Conférence, afin que les Délégués puissent recevoir les instructions et pouvoirs nécessaires. Tout autre vœu ou proposition ne sera présenté à la Conférence qu'à la condition que le Comité ait eu le temps nécessaire de l'étudier et l'aura approuvé. »

18 Renouvellement par moitié du Comité international

Conformément aux articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la Conférence procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international. Les membres sortants sont d'abord ceux qui, en cas de vacances, ont été élus provisoirement dans l'intervalle de deux sessions de la Conférence, les autres sont désignés par le sort. Les membres sortants sont rééligibles.

Décembre 2002

Pour le Comité international des poids et mesures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

Le Secrétaire, R. Kaarls

Le Président, J. Kovalevsky

Annexe B

Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2005 à 2008

Introduction

Ce document détaille les points 15 et 16 de l'Ordre du jour provisoire de la 22e Conférence générale des poids et mesures. Le point 15 de l'Ordre du jour traite du programme des travaux futurs du BIPM et le point 16 de la dotation annuelle, comprenant le revenu total et les budgets annuels prévus pour chacune des quatre années 2005 à 2008.

Dans son rapport intitulé *Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, qui sera envoyé aux Gouvernements des États membres, le Comité international a défini le rôle du BIPM pour les premières décennies du 21e siècle.

Lors de sa 91e session en octobre 2002, le Comité international a aussi pris certaines décisions concernant les priorités pour chacun des programmes d'activité du BIPM. Elles sont présentées en annexe à ce document et sont extraites du rapport de la 91e session du Comité international. Le programme de travail présenté ici doit être examiné dans le contexte de ces décisions et du rôle du BIPM.

Dans chaque domaine scientifique, ainsi que dans les activités de service connexes, nos travaux doivent répondre aux demandes majeures formulées par le Comité international en 2002 dans le texte suivant :

Le rôle du BIPM

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures, en établissant les fondements scientifiques et techniques nécessaires à une telle uniformité et en collaborant avec les autres institutions et organisations qui accomplissent des missions connexes. En conséquence, les missions principales du BIPM consistent à :

Le Système international d'unités (SI)

- tenir à jour et diffuser le document sur le Système international d'unités, connu sous le nom de brochure sur le SI.

Activités scientifiques et techniques fondamentales

- conserver et disséminer l'étalon primaire de masse, le Prototype international du kilogramme ;
- établir et disséminer le Temps atomique international (TAI) et, en collaboration avec le Service international de la rotation terrestre, le Temps universel coordonné (UTC) ;
- réaliser d'autres unités de base et des unités dérivées du SI et, si nécessaire, des unités qu'il n'est pas encore possible de relier au SI ;
- participer à la mise au point de méthodes primaires de mesure et de procédures pour l'analyse chimique et la bioanalyse, et si nécessaire conserver des étalons dans ces domaines ;
- entreprendre des recherches sur la mise au point d'étalons et d'unités de mesure, actuels et à venir, et notamment des recherches fondamentales appropriées, des études sur les

fondements conceptuels des étalons primaires et des unités, ainsi que sur la détermination de constantes physiques, et publier les résultats de ces recherches.

Services techniques spécifiques offerts aux laboratoires nationaux de métrologie

- effectuer des comparaisons internationales des réalisations d'un certain nombre d'unités de base ou dérivées du SI, en réponse aux besoins de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service d'étalonnage spécialisé d'un certain nombre d'étalons nationaux de mesure pour les laboratoires nationaux de métrologie, lorsque c'est souhaitable et réalisable ;
- favoriser le transfert de technologie à l'occasion des étalonnages et des comparaisons organisées par le BIPM ;
- favoriser l'échange de personnel scientifique entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, en assurant l'examen de leurs activités par leurs pairs.

Coordination globale de la métrologie

- soutenir autant que nécessaire la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie du CIPM, le MRA, en maintenant la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, en assurant la gestion du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, en participant aux réunions des Comités consultatifs et aux réunions appropriées des organisations régionales de métrologie, et en publiant les résultats des comparaisons clés et supplémentaires ;
- assurer le secrétariat scientifique et administratif de la Conférence générale des poids et mesures, du Comité international et de ses Comités consultatifs, ainsi que des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et des divers comités communs, et publier des rapports sur leurs délibérations.

Relations avec les autres organisations

- établir des accords avec des organisations intergouvernementales et internationales, dans les cas où de tels accords aideraient à coordonner les activités de ces organisations et du BIPM, ou du CIPM, ou pourraient stimuler la coordination correspondante au niveau national et régional ;
- collaborer avec des organisations intergouvernementales et internationales accomplissant des missions connexes et, si nécessaire, établir des comités communs ;
- agir au nom des laboratoires nationaux de métrologie individuels des États membres de la Convention du Mètre afin de faire entendre leurs intérêts communs, si l'occasion se présente.

Information et communication

Promouvoir aussi largement que possible, et par tous les moyens appropriés, les activités de la Convention du Mètre, en particulier :

- maintenir sur le site Web du BIPM les informations relatives à la Convention du Mètre, au Comité international, à ses Comités consultatifs, aux comités communs, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, y compris la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, et sur les questions relatives à la métrologie au niveau international ;
- éditer et publier *Metrologia*, le journal scientifique international sur la métrologie ;
- tenir à jour et diffuser le plus largement possible, en collaboration avec les autres organisations concernées, les documents fondamentaux nécessaires à l'établissement de l'uniformité des mesures, comme le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* ;
- organiser des ateliers et des écoles d'été au bénéfice du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

Efficacité en termes de coût et évolution du rôle du BIPM

Le BIPM cherchera à accomplir les missions qui lui sont imparties de la manière la plus efficace possible, y compris en termes de coût. Il continuera à se tenir prêt à s'adapter aux besoins, en réponse aux décisions du CIPM, au nom des États membres de la Convention du Mètre.

15 Programme de travail du Bureau international des poids et mesures

Le programme de travail du Bureau international des poids et mesures, point 15 de l'Ordre du jour provisoire de la 22e Conférence générale, est traité ici sous les titres suivants :

15.1 Longueurs

15.2 Masse

15.3 Temps

15.4 Électricité

15.5 Rayonnements ionisants

15.6 Chimie

15.7 Services généraux et scientifiques des laboratoires

15.8 Services administratifs généraux

15.9 Bâtiments et parc

15.10 Personnel

15.11 Contribution à la caisse de retraite

15.1 Longueurs

Comparaisons internationales

Une part substantielle du programme de travail de la section des longueurs concerne deux services fondamentaux de comparaisons et de mesures : tout d'abord les mesures absolues de fréquence de lasers asservis au moyen du système à peigne femtoseconde du BIPM et, en second, les comparaisons de gravimètres. De plus, nous continuerons à effectuer des étalonnages de réseaux unidimensionnels et bidimensionnels dans le cadre de notre programme en cours sur la nanotechnologie, fondé sur les mesures de déplacement par interférométrie dans le domaine du micromètre.

La substitution des techniques de mesures absolues de fréquence fondées sur des peignes aux techniques hétérodynes traditionnelles (par battement de fréquence) offre la possibilité d'effectuer d'une manière relativement simple des mesures directes de fréquence d'un grand nombre de sources laser dans le domaine du visible et du proche infrarouge. Pour améliorer l'efficacité des comparaisons de lasers dans le visible, nous remplacerons le programme en cours de « service à la demande » par deux périodes de comparaisons chaque année. Nous continuerons à suivre les besoins des laboratoires nationaux de métrologie concernant ces mesures afin de déterminer les besoins à venir relatifs à ce type de service. Pendant la première partie du programme de travail, nous étudierons les performances et les limites des techniques fondées sur des peignes et nous déterminerons leurs caractéristiques par des études systématiques des deux systèmes du BIPM, ainsi que par des comparaisons internationales au moyen du système portable du BIPM, qui devrait être prêt en 2003. Selon que les performances des systèmes à peigne seront satisfaisantes ou pas, et conformes à nos prévisions, nous verrons s'il est nécessaire que le BIPM joue un rôle unique à plus long terme dans ce domaine.

Les projets actuels dans le domaine de l'infrarouge sont de terminer en 2003 les mesures directes de fréquence du laser asservi sur le méthane à 3,39 μm, puis de maintenir ce système en état de marche, mais sans le faire évoluer, pendant la période couverte par ce programme de travail, afin d'être capable d'effectuer des comparaisons si nécessaire.

Gravimétrie

La prochaine comparaison majeure dans le domaine de la gravimétrie sera la série de mesures ICAG-2005. Pour préparer cette comparaison, nous continuerons à améliorer nos capacités d'enregistrement et de traitement des données. Nous modifierons aussi le gravimètre absolu du BIPM ; nous serons donc en meilleure position pour améliorer la technique de comparaison des gravimètres et étudier les différences enregistrées pendant les mesures d'ICAG-2001. Le réseau local du BIPM sera contrôlé régulièrement au moyen du gravimètre absolu amélioré, afin de s'assurer que les écarts éventuels entre les résultats d'ICAG-2001 et d'ICAG-2005 ne résultent pas de variations locales.

Nanotechnologie

La nanotechnologie émerge à peine comme sujet majeur en métrologie ; le rôle futur du BIPM pendant la période couverte par ce programme de travail sera étudié pendant les réunions du Groupe de travail du Comité consultatif des longueurs sur la métrologie dimensionnelle et celles du groupe de discussion sur la nanotechnologie. Si un besoin apparaissait en matière

d'équipements de référence ou de programme de comparaisons, le niveau actuel d'activité au BIPM, relativement modeste, serait réexaminé.

Lasers asservis au BIPM

Au cours des prochaines années, tant que la technologie des peignes de fréquence ne sera pas parvenue à maturité, le BIPM continuera à maintenir des lasers de référence à 633 nm et à 532 nm, cette dernière longueur d'onde étant particulièrement utile pour améliorer la stabilité à court terme des peignes de fréquence. Le laser asservi sur le méthane à 3,39 μm sera conservé comme laser de référence pour les laboratoires nationaux de métrologie qui utilisent des chaînes de fréquence et ont besoin de comparaisons.

Le service actuellement offert par le BIPM en matière de remplissage de cuves à iode et de vérification de leurs performances sera maintenu tant qu'il y aura une demande des laboratoires nationaux de métrologie. Aucune amélioration à venir n'est prévue, si ce n'est l'automatisation de certains aspects de la procédure de remplissage demandant une intervention assez longue.

Interférométrie

Mesurer des distances avec précision est une compétence essentielle du BIPM. Nous allons travailler à la mise au point de sources lumineuses compactes et très performantes et de systèmes interférométriques répondant aux besoins des projets du BIPM sur la balance du watt, le condensateur calculable et le gravimètre absolu.

15.2 Masse

Fabrication et étalonnage d'étalons de masse

Le BIPM continuera à fournir aux laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre des prototypes en platine iridié de 1 kg. Ils sont fabriqués de manière que leur masse soit égale à celle du Prototype international du kilogramme à 1 mg près. Ces nouveaux prototypes sont actuellement étalonnés avec une incertitude de 5 μg ; ils participeront ensuite aux étalonnages périodiques organisés par le BIPM.

Bien que la mission principale du BIPM en matière d'étalonnages de masses concerne les prototypes de 1 kg en platine iridié, le BIPM effectue aussi des étalonnages d'étalons en acier inoxydable de 1 kg. Ces derniers sont effectués à la fois pour les laboratoires nationaux de métrologie ayant des étalons nationaux en acier inoxydable et pour les laboratoires qui utilisent des artefacts en acier inoxydable comme étalons secondaires. Les balances et autres équipements nécessaires non seulement à ces étalonnages, mais aussi aux étalonnages et mesures de masse volumique de prototypes en platine iridié, doivent être maintenus en permanence au plus haut niveau d'exactitude métrologique et pouvoir intégrer les dernières améliorations technologiques dès qu'elles sont disponibles. Nous effectuons nous-mêmes certaines mises à niveau, mais nous faisons appel à des services extérieurs pour d'autres. Nous avons besoin de contrôler la masse volumique de l'air pour ce service d'étalonnage.

En plus de ces équipements essentiels, la métrologie des masses requiert des laboratoires à l'abri des poussières et des socles très stables pour les balances. Nos laboratoires n'ont pas été rénovés depuis de nombreuses années et, ce qui est encore plus préoccupant, le sol devient instable, ce qui entraîne des problèmes chroniques. Même si l'on peut continuer à obtenir des résultats de

haute qualité, nous entrevoyons la nécessité de rénover les salles des balances au cours des cinq prochaines années.

Nous prévoyons une demande accrue d'étalonnage des étalons de masse de 1 kg à 100 g, utilisés par certains laboratoires nationaux de métrologie dans les expériences de balance du watt (*voir* ci-dessous). Ces étalonnages, qui dans ce contexte sont plutôt du domaine de la recherche appliquée, comprendront pour une grande partie d'entre eux la détermination des variations de masse entre l'atmosphère normale et le vide. Nous devrons améliorer notre technique pour effectuer les corrections de la poussée de l'air, et nous aurons besoin de techniques plus perfectionnées pour comparer des étalons de masse dans le vide aux étalons dans l'air. Nous avons déjà fait des progrès, mais nous envisageons de poursuivre nos efforts au moins jusqu'en 2008. Les étalons de masse destinés aux expériences de balance du watt doivent répondre à des critères très stricts en termes de susceptibilité magnétique et de magnétisation intrinsèque. Nous maintiendrons nos compétences pour la détermination de ces propriétés et nous les améliorerons, si nécessaire.

Études sur les balances

La balance FB-2 est opérationnelle dans l'air et dans le vide. Pour une comparaison de deux masses de 1 kg, elle présente une incertitude-type de type A meilleure que 0,1 μg. Un accord de licence a été passé avec un important fabriquant de balances lui permettant d'utiliser les caractéristiques essentielles de la technologie de la balance FB-2. Dans le cadre de cette licence, nous ferons l'acquisition d'un prototype de la balance commerciale en pré-production, ce qui augmentera nos aptitudes à effectuer des comparaisons de masse dans le vide.

Une nouvelle balance, fabriquée par Metrotec selon nos spécifications, vient s'ajouter à la balance Mettler-Toledo HK 1000 MC acquise il y a plusieurs années et qui n'est plus fabriquée. Nous utilisons la balance HK 1000 MC pour les étalonnages courants, mais nous utiliserons de plus en plus la balance de technologie nouvelle.

Stabilité des étalons de masse en platine iridié ou autres

Au 19e siècle, un alliage de 90 % de platine et de 10 % d'iridium avait été choisi pour la fabrication du Prototype international du kilogramme. Ce même alliage continue à être utilisé par le BIPM pour la fabrication des prototypes nationaux du kilogramme destinés aux laboratoires nationaux de métrologie.

Les techniques de métallurgie et d'usinage des métaux se sont améliorées au cours du temps, ainsi que les méthodes d'analyse de surface. En collaboration avec le NMIJ/AIST (Japon), nous envisageons d'étudier l'alliage de platine iridié tel qu'il est actuellement produit et usiné, afin de mieux déterminer ses propriétés physiques et d'introduire des techniques conduisant à améliorer la stabilité de sa masse. Un programme complémentaire, centré sur de nouvelles méthodes de nettoyage, sera mis en œuvre en collaboration avec le NPL (Royaume-Uni).

Projet sur la constante d'Avogadro

La mesure de la constante d'Avogadro fondée sur les propriétés d'un monocristal de silicium offre la possibilité (avec la balance du watt) de contrôler la stabilité de l'étalon actuel du kilogramme. Un groupe de travail du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées a été établi pour coordonner les efforts internationaux dans ce domaine ; il a donné

lieu à un accord plus officiel entre les parties intéressées. Une stratégie à long terme a été élaborée et un programme définissant les objectifs spécifiques a été établi. La section des masses jouera un rôle moteur dans la coordination des efforts réalisés pour déterminer la masse exacte de sphères en silicium de 1 kg. Nous assurerons aussi une aide technique pour maintenir une base de données accessible à tous les participants, un élément considéré comme essentiel, compte tenu de la complexité et du caractère international du projet sur la constante d'Avogadro.

Projet sur la balance du watt

Parmi les décisions prises par le Comité international en 2002 figure le démarrage d'une activité sur la balance du watt au BIPM. Il s'agit d'un programme à long terme, qui a pour objectif la mise au point d'une balance du watt capable de contrôler la masse du Prototype international du kilogramme avec une incertitude relative de l'ordre de 1×10^{-8}. Ce projet rassemble des membres du personnel de la section des masses, de l'électricité et des longueurs. De plus, nous espérons que lorsqu'il aura vraiment débuté, des stagiaires de laboratoires nationaux de métrologie viendront y participer. Les projets de conception de la balance du watt du BIPM devraient être finalisés en 2004, après une longue étude préliminaire en 2003. La majeure partie de l'étape de fabrication et de mise au point aura donc lieu pendant la période située entre 2005 et 2008 ; nous espérons qu'ensuite la balance sera opérationnelle.

15.3 Temps

Calcul et diffusion du TAI et de l'UTC

L'algorithme utilisé pour le calcul du TAI doit être mis à jour pour tenir compte de l'amélioration de la qualité des données d'horloges et des techniques de comparaisons horaires. À présent, environ 83 % des horloges sont des horloges commerciales à césium de nouvelle génération ou des masers à hydrogène actifs et auto-asservis, l'ensemble contribuant pour 89 % au poids total des horloges qui participent au TAI. L'algorithme qui produit le TAI assigne un poids aux horloges pour éviter une perte de la stabilité de l'échelle résultant du changement du nombre d'horloges participantes. Le fait d'affecter un poids maximal aux horloges empêche aux meilleures d'entre elles d'être sur-pondérées. Depuis le 1er janvier 2001, nous avons modifié la procédure de pondération en adoptant, pour chaque mois de calcul, un poids maximal qui dépend du nombre total d'horloges participant au calcul. Le TAI dépend ainsi davantage des horloges les plus stables, ce qui devrait améliorer sa stabilité. Quand nous disposerons d'une série de données suffisamment longue, nous étudierons l'évolution de la stabilité du TAI depuis la mise en œuvre de cette nouvelle procédure de pondération.

Les laboratoires horaires ont souvent fait part de leur désir de voir le TAI publié dans un délai plus court. Pour répondre à cette demande, et rendre la procédure plus fiable, nous avons automatisé le calcul du TAI. La première étape, fondée sur d'anciens programmes, est achevée. Les calculs seront entièrement automatisés quand nous aurons réécrit les programmes dans un langage plus souple et mieux adapté à nos besoins en matière de calcul et de traitement des données.

Comme il est maintenant possible d'obtenir des résultats de comparaisons d'horloges distantes en temps quasi-réel, la question de la production et de la diffusion d'échelles de temps disponibles en temps réel et constituant des prédictions de l'UTC de manière aussi précise que possible,

deviendra très importante. Nous devrons prendre en compte ces nouvelles applications, tout en maintenant le statut actuel des échelles de temps de référence, le TAI et l'UTC.

L'introduction de nouveaux étalons primaires de fréquence, plus exacts, a également amélioré l'exactitude du TAI. Ce sont des étalons « classiques » à jet de césium ; quelques-uns utilisent des techniques optiques pour la préparation et la détection des atomes. Des mesures de fréquence de deux fontaines à césium nous parviennent périodiquement ; nous les utilisons pour évaluer la déviation relative entre l'intervalle d'échelle de temps du TAI et la seconde du SI. Depuis avril 2000, les rapports des résultats des étalons primaires de fréquence suivent les directives du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) pour l'expression des incertitudes. Ces étalons ne fonctionnent que de manière intermittente et pendant des durées limitées, aussi des méthodes de comparaison de fréquence spécialisées sont-elles nécessaires afin de les comparer entre eux et afin de permettre de tirer profit de leur exactitude pour le calcul du TAI. La section du temps s'impliquera au cours des prochaines années dans la mise en œuvre de telles comparaisons, en collaboration avec les laboratoires maintenant des étalons primaires de fréquence. Compte tenu des incertitudes réduites de ces étalons, il faudra parvenir à mieux comprendre leur fonctionnement afin d'optimiser leur utilisation dans le calcul du TAI. La dérive qui a été observée récemment entre les horloges à fontaines et les horloges « classiques » à jet de césium sera étudiée, ainsi que les explications possibles, lors de collaborations à venir avec les laboratoires horaires.

Comparaisons d'horloges

Les comparaisons d'horloges pour le calcul du TAI sont réalisées au moyen de deux techniques : par la méthode des vues simultanées utilisant des récepteurs du code C/A du GPS à canal unique ou à canaux multiples, ainsi que par la méthode d'aller et retour. Le nombre accru de récepteurs du GPS à canaux multiples installés dans les laboratoires horaires et l'introduction de la méthode par aller et retour permettent de comparer des horloges à distance avec une incertitude proche de la nanoseconde. De plus, la fiabilité des comparaisons d'horloges a augmenté avec l'introduction de la méthode par aller et retour, alternative à la méthode des vues simultanées du GPS. Les éphémérides précises des satellites du GPS et les estimations du retard ionosphérique, fournies par l'International GPS Service (IGS), sont utilisées pour le calcul des vues simultanées. Le BIPM organise des campagnes d'étalonnage de récepteurs du GPS dans les laboratoires horaires. Environ 30 % des récepteurs ont été étalonnés à ce jour ; nous espérons étalonner tous les récepteurs participant aux comparaisons horaires d'ici deux ou trois ans. Il sera nécessaire à l'avenir de mettre à profit les techniques fondées sur la phase de la porteuse et sur le code précis (code P) ; des études sont en cours à ce sujet. L'amélioration de l'exactitude et de la stabilité des nouvelles horloges et étalons primaires (comme les fontaines) entraîne une demande d'exactitude accrue pour les transferts de temps. Par conséquent, il faut mettre en œuvre des techniques améliorées de comparaisons d'horloges et s'assurer que leurs progrès suivent ceux des horloges. Une étude pilote sur l'utilisation du code P3 du GPS observé par des récepteurs étalonnés de type géodésique, pour le calcul des liaisons horaires, a été réalisée avec succès en 2002 ; environ dix laboratoires y ont participé. Nous examinerons s'il est possible d'introduire officiellement ces mesures dans le calcul du TAI, mais il subsiste un certain nombre de questions au sujet de l'acquisition et du format des données.

À la demande du CCTF, nous publierons les incertitudes sur les comparaisons d'horloges du TAI. Des valeurs réalistes pourront leur être assignées, après étalonnage des récepteurs et des liaisons horaires.

Nous envisageons de publier les valeurs de la différence [*UTC* – *UTC*(*k*)] avec une résolution de 0,1 ns (au lieu de 1 ns) pour les laboratoires équipés de stations par aller et retour. Nous devrons pour cela modifier certains formats de présentation des données soumises par les laboratoires et corriger en conséquence les fichiers d'entrée/sortie et de transfert utilisés pour le calcul du TAI.

Systèmes de référence spatio-temporels

En 2000, l'Union astronomique internationale (UAI) a adopté les Résolutions proposées par le Comité mixte BIPM/UAI sur les systèmes de référence spatio-temporels et la métrologie dans le cadre de la relativité générale. Ce Comité a été dissous en janvier 2001 ; ses activités ont été reprises par le Groupe de travail de l'UAI sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et métrologie (RCMAM), auquel nous participons, et qui est sur le point d'appliquer les Résolutions adoptées par l'UAI en l'an 2000.

L'amélioration des horloges, et la perspective de leur utilisation dans l'espace, ainsi que celle des comparaisons d'horloges et les liaisons entre ces techniques et celles employées en géodésie spatiale, ouvrent de nouveaux domaines d'étude qui exigent une collaboration dans les domaines de la physique fondamentale et des systèmes de référence.

En collaboration avec l'U.S. Naval Observatory (USNO), la section du temps du BIPM assure la responsabilité d'établir des conventions pour l'astronomie et la géodésie dans le cadre du Service international de la rotation terrestre (IERS). La mise à jour du volume contenant les conventions en est au stade de la révision finale. Avant la fin de 2003, nous débuterons des études sur la cohérence entre les procédures utilisées par les centres d'analyse de l'IERS et les conventions adoptées, en vue de déterminer l'impact des incohérences éventuelles sur les produits de l'IERS.

Échelles de temps dynamiques

Le chronométrage des pulsars-milliseconde est l'une des expériences qui exigent des échelles de temps de référence une extrême stabilité à long terme. Inversement, il est possible que la stabilité de la période de rotation des pulsars fournisse des renseignements sur la stabilité à très long terme des échelles de temps atomiques. Nous continuerons à nous intéresser à ce domaine et à toute autre technique qui puisse produire des échelles de temps dynamiques (pulsars binaires, éphémérides du système solaire, etc.).

Laboratoire de mesure du temps

Le laboratoire de mesure du temps s'est considérablement enrichi pour ce qui concerne le nombre et la gamme des récepteurs du temps du GPS et du GLONASS qui y sont en fonctionnement, ceci afin de faire face à la demande croissante d'étalonnages de récepteurs pour le calcul du TAI. En décembre 2001, nous avons équipé le laboratoire de mesure du temps de deux masers actifs à hydrogène, qui viennent s'ajouter à l'horloge atomique de très haute qualité HP 5071A. Ces nouveaux étalons de fréquence sont utilisés pour tester les nouvelles techniques de comparaison d'horloges ; ils fournissent aussi une référence de fréquence à la section des longueurs. L'entretien du matériel à un très haut niveau de qualité et de fiabilité est nécessaire pour pourvoir aux exigences en matière d'étalonnages. Il est également indispensable que nous améliorions nos compétences dans la mise en œuvre des nouvelles techniques de comparaisons d'horloges, ceci en fonction des ressources du BIPM. Ce programme se poursuit.

15.4 Électricité

Conservation d'une représentation du volt, comparaisons internationales et étalonnages

Les réseaux de jonctions de Josephson de 1 V et de 10 V constituent les étalons de référence fondamentaux du BIPM pour les comparaisons internationales et les étalonnages d'étalons de tension. Le programme en cours de comparaisons de représentations nationales du volt, réalisées à l'aide d'étalons voyageurs de Josephson du BIPM, se poursuivra. À ce jour, quelque vingt comparaisons de cette sorte ont été réalisées et ce type de comparaison a été sélectionné comme comparaison clé du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM). La fabrication de réseaux de jonctions de Josephson programmables, dont la tension de sortie est remarquablement stable, constitue l'une des évolutions récentes les plus prometteuses de la métrologie des tensions. Le BIPM incorporera de tels réseaux au nouvel instrument portable, plus compact, qui sera utilisé pour les comparaisons clés d'étalons de tension de Josephson. Pour tous les laboratoires nationaux de métrologie, y compris ceux qui n'ont pas encore pour étalons de référence des réseaux de jonctions de Josephson, les séries de comparaisons bilatérales réalisées au moyen d'étalons à diode de Zener du BIPM seront poursuivies. Un petit nombre d'étalons à diode de Zener est à la disposition des laboratoires nationaux de métrologie qui souhaitent participer à ces comparaisons bilatérales. La partie la plus importante du travail du BIPM dans ce domaine vise à améliorer la stabilité, la fiabilité et la facilité d'emploi de ses étalons de Josephson et à mieux comprendre le comportement de ses étalons voyageurs à diode de Zener. Cette activité sera poursuivie, tout comme le sera le service d'étalonnage des étalons à diode de Zener envoyés au BIPM par les laboratoires nationaux de métrologie. Au cours de ces dernières années le BIPM n'a reçu que très peu de piles de Weston pour étalonnage ; cette activité a cessé.

Conservation d'une représentation de l'ohm, comparaisons internationales et étalonnages

Les étalons à résistance de Hall quantifiée constituent les étalons de référence fondamentaux du BIPM pour les comparaisons internationales et les étalonnages de résistances étalons. Le programme de comparaisons sur place d'étalons de Hall quantifiés se poursuivra, mais il sera vraisemblablement moins important que celui des étalons de Josephson, car les résistances bobinées, utilisées comme instruments de transfert, sont beaucoup plus stables que les étalons de tension qui ont la même fonction. Le programme de comparaisons bilatérales d'étalons de résistance, utilisant les étalons voyageurs du BIPM, permet la comparaison d'étalons de laboratoire avec une incertitude relative d'environ 5×10^{-8}. L'étalonnage des étalons de résistance pour les laboratoires nationaux de métrologie est une partie importante de notre activité et se poursuivra. Pendant la période allant de 2005 à 2008, des améliorations seront apportées aux systèmes à résistance de Hall quantifiée au fur et à mesure des progrès de la physique dans la compréhension de tels systèmes.

Étalons de capacité dérivés de la résistance de Hall quantifiée

Depuis 1998, le BIPM conserve des condensateurs étalons dont la capacité est reliée par une chaîne de ponts à impédance à la résistance de Hall quantifiée. Après que le BIPM ait apporté la preuve, dans les comparaisons internationales, de l'exactitude de la liaison entre la résistance de Hall quantifiée et les étalons de capacité à 10 pF et à 100 pF, le CCEM a donné son accord pour entreprendre de nouvelles comparaisons clés en continu de ces grandeurs au BIPM. Le nombre des étalonnages de condensateurs effectués au BIPM reflète l'importance pour les laboratoires nationaux de métrologie d'avoir un accès permanent à un étalon de capacité stable. Ce travail

requiert la mesure de la résistance de Hall quantifiée à une fréquence de 1,6 kHz et, par conséquent, notre participation à l'étude du comportement des systèmes de Hall quantifiés dans ce domaine de fréquence.

Condensateur calculable

Suite à la suggestion du NML CSIRO, le BIPM collabore à la construction d'un nouveau condensateur calculable conçu par le NML. Il est prévu de fabriquer deux appareils, l'un pour le BIPM et l'autre pour le NML. Sa conception est fondée sur celle d'un condensateur existant du NML, mais il incorporera un certain nombre d'améliorations destinées à réduire l'incertitude globale relative à environ 1×10^{-8}. Le BIPM contribuera à la conception d'un nouvel interféromètre optique qui sera utilisé à la fois pour le condensateur calculable et, avec quelques modifications, pour le projet du BIPM sur la balance du watt. L'étape de conception de l'appareil devrait s'achever en 2004 et la fabrication devrait avoir lieu entre 2005 et 2008.

Études de la stabilité des étalons électriques et des détecteurs

Nous continuons à utiliser des techniques d'analyse spectrale à basse fréquence (inférieure à 10 Hz) afin d'examiner la stabilité et les caractéristiques de bruit des nanovoltmètres, des détecteurs, des piles étalons et des étalons à diode de Zener. Les résultats d'une étude préliminaire menée en 1998 indiquent que ces méthodes ainsi que celles d'analyse de séries temporelles sont des outils puissants d'analyse de nombreux types de résultats de mesure qui jusqu'à maintenant n'avaient pas été examinés de cette manière. Ce travail se poursuivra.

15.5 Rayonnements ionisants

Dosimétrie

Les comparaisons dans le domaine de la dosimétrie continueront à jouer un rôle important pour les laboratoires nationaux de métrologie, car elles permettent de publier leurs degrés d'équivalence dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. La mise à niveau des équipements du BIPM pour les rayons x et les rayonnements gamma devrait s'achever pendant la période comprise entre 2005 et 2008, sans interruption du programme de comparaisons. Les étalonnages d'instruments de transfert, utilisés comme étalons secondaires par les laboratoires nationaux de métrologie qui n'ont pas d'étalon primaire, se poursuivront. Ils assurent leur traçabilité au SI et étayent leurs déclarations de CMCs pour l'annexe C du MRA. Le BIPM participe également à des comparaisons de dosimètres passifs, en particulier pour le réseau de laboratoires secondaires de dosimétrie de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et pour l'Organisation mondiale de la santé (OMS). L'étalon de l'AIEA est traçable à celui du BIPM.

Au cours des quatre prochaines années, la mise au point d'un étalon calorimétrique en graphite viendra compléter l'étalon ionométrique de dose absorbée dans l'eau dans le faisceau du ^{60}Co mis en œuvre au BIPM et comparé aux étalons d'un certain nombre de laboratoires nationaux fondés sur d'autres méthodes. Ceci augmentera la robustesse des résultats des comparaisons clés de dose absorbée dans l'eau. La demande des laboratoires nationaux de métrologie d'utiliser l'instrument de transfert fondé sur des mesures ionométriques pour les comparaisons de rayons x de haute énergie est en augmentation. Un étalon primaire calorimétrique portable pour les hautes

énergies sera toutefois mis au point : il remplacera à terme l'instrument actuel de transfert aux hautes énergies. Une étude sera menée pour appréhender les implications qu'entraînerait pour le BIPM l'extension de ses comparaisons aux faisceaux d'électrons de haute énergie et à la dosimétrie des sources pour la curiethérapie.

Dans le domaine de la dosimétrie des rayons x, le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a demandé au BIPM de mettre au point un système pour les comparaisons aux énergies utilisées pour la mammographie et cette activité a déjà débuté. De telles comparaisons devraient être initiées pendant la période en cours.

Les calculs de Monte Carlo fondés sur différents codes de transport de rayonnements ont permis d'améliorer les étalons de kerma dans l'air existants ; ces techniques seront étendues aux étalons de dose absorbée.

Radionucléides

Le Système international de référence (SIR) continue d'enrichir sa base de données et de fournir les valeurs de référence de comparaisons clés, pour les radionucléides émetteurs de rayonnement gamma, y compris les radionucléides à courte durée de vie utilisés principalement pour le diagnostic du cancer. Des émetteurs de rayonnement bêta purs sont envoyés au BIPM pour y être analysés et des valeurs de référence seront disponibles à l'avenir dans ce domaine. L'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement alpha pur, aux émetteurs de rayonnement gamma aux basses énergies et aux radionucléides qui se désintègrent par capture d'électrons se poursuit. Il faudra continuer nos activités dans le domaine des radionucléides qui présentent des schémas de désintégration plus complexes avant de pouvoir les intégrer au SIR. Le programme de travail du SIR se poursuivra.

L'organisation et l'analyse de comparaisons régulières utilisant un radionucléide spécifique continuent d'être une des tâches majeures du BIPM. Ces comparaisons clés sont sélectionnées par la Section II du CCRI et devraient devenir plus fréquentes, en réponse aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie. Il sera de plus en plus possible de lier ces comparaisons au SIR, de sorte que les valeurs des comparaisons des laboratoires nationaux de métrologie puissent être ajoutées à la base de données du SIR et à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Des travaux de recherche continueront dans le domaine de la mise au point de nouvelles méthodes de détermination d'activité : la méthode du rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles et l'identification des impuretés dans les solutions de radionucléides par spectroscopie à l'aide d'un récepteur au germanium d'extrême pureté, suivie de l'application aux mesures des corrections correspondantes.

15.6 Métrologie en chimie

Métrologie des gaz

Le programme de travail débuté en 2001 avait pour but de faire du BIPM le laboratoire pilote et le centre international des comparaisons d'étalons nationaux de référence mesureurs d'ozone, en collaboration avec le NIST. Nous avons pratiquement déjà atteint cet objectif initial et il ne nous reste plus qu'à terminer l'étude pilote du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) en cours. Pendant la période comprise entre 2005 et 2008, nous prévoyons d'effectuer dix à quinze comparaisons par an entre les étalons de référence du BIPM et les instruments d'une trentaine de laboratoires nationaux qui possèdent ce type d'étalons. Des études seront faites pour

déterminer les caractéristiques et éliminer les causes d'erreurs systématiques des photomètres étalons de référence mesureurs d'ozone. Ce programme étayera ainsi les mesures des réseaux de contrôle de l'ozone à la surface de la Terre au niveau national, régional et international.

L'automatisation du système de titrage en phase gazeuse, considéré comme une méthode primaire potentielle pour la mesure de concentrations d'ozone sera terminée. Si ce projet est mené à bien avec succès, nous pourrons évaluer l'exactitude des résultats obtenus pour la section efficace d'absorption de l'ozone à 253,7 nm. L'utilisation de ces équipements pour effectuer des étalonnages de mélanges de monoxyde et de dioxyde d'azote d'une fraction molaire totale, bien définie, inférieure à 1 μmol/mol fera l'objet d'une étude.

La stabilité des étalons gazeux de monoxyde d'azote préparés par gravimétrie sera évaluée.

Le domaine d'application de l'équipement primaire pour la préparation dynamique d'étalons gazeux de dioxyde d'azote sera étendu à des fractions molaires inférieures à 1 μmol/mol. Le domaine d'application de l'analyseur infrarouge à transformée de Fourier sera étendu à des fractions molaires inférieures à 1 μmol/mol pour les gaz réactifs, en intégrant une cellule de gaz dans laquelle le chemin optique sera de 40 m. Cette partie du programme de travail permettra au BIPM de participer à une comparaison internationale de gaz réactifs, d'intérêt pour les réglementations relatives à la qualité de l'air, et d'en être un des laboratoires pilotes.

Analyse organique

Le programme de métrologie en chimie sera étendu au domaine de l'analyse organique avec le recrutement de deux nouveaux membres du personnel. Après consultation de certains experts du CCQM, un programme de travail dans le domaine des matériaux de référence de substances organiques pures sera entrepris. Ce programme répond à la demande de démontrer la traçabilité des résultats de mesure, conformément aux normes internationales ISO/CEI 17025 et ISO 15915. Le programme de laboratoire au BIPM sera centré sur des méthodes déjà validées de détermination de la pureté, y compris une étude initiale sur des méthodes directes d'essai, comme la résonance magnétique nucléaire ou la calorimétrie à balayage différentiel. Ce programme sera lié aux activités des laboratoires nationaux de métrologie grâce à la création d'un réseau de collaboration dans les domaines d'intérêt. Une procédure de consultation avec les laboratoires a permis d'identifier les activités pour lesquelles un travail en réseau leur serait bénéfique : produits pharmaceutiques ; antibiotiques ; hormones ; mycotoxines ; pesticides ; herbicides et dioxines ; hydrocarbures organiques volatiles ; espèces organo-métalliques ; substances à analyser d'importance clinique en tant que composants d'un système de mesure de référence pour la médecine de laboratoire. Une liaison sera établie avec les organisations internationales de normalisation pour disséminer les informations sur ces activités, ce qui permettra de faire face à la demande internationale en termes d'objectifs de traçabilité des résultats de mesure dans ces domaines.

15.7 Services généraux et scientifiques des laboratoires

Atelier de mécanique

L'atelier de mécanique a emménagé dans le Pavillon du Mail en 2001. Le nouveau bâtiment comprend enfin des locaux pour l'atelier conformes aux normes actuelles de sécurité et de commodité, et a augmenté considérablement la productivité du service. L'utilisation de la conception assistée par ordinateur et de machines à commande numérique demeurera

fondamentale pour son bon fonctionnement. Le nouveau bâtiment dispose d'un espace climatisé pour la métrologie et également d'un emplacement pour les machines à mesurer les formes et les dimensions, et pour un microscope à balayage électronique. Autant que cela restera possible dans un contexte de contraintes budgétaires, l'atelier de mécanique continuera à être équipé des machines outils et des instruments de mesure les plus modernes et les plus efficaces, pour répondre aux exigences d'un laboratoire de métrologie.

Mesures de température et de pression

Le potentiel en matière d'étalonnages de routine, de très haute exactitude, de thermomètres à résistance de platine à la température ambiante et des pressions proches de la pression atmosphérique sera conservé en tant que service interne rendu aux autres sections du BIPM. Ces deux domaines sont considérés comme faisant partie de l'infrastructure essentielle d'un laboratoire de métrologie.

Informatique

Il est essentiel de disposer d'une infrastructure informatique interne au BIPM efficace et à jour. Cela est indispensable, non seulement pour le travail scientifique, mais également pour les activités de secrétariat et d'édition, la communication avec l'extérieur et pour la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (*voir* ci-dessous). Une partie importante du travail de la section du temps est fondée sur des résultats envoyés régulièrement par quelque soixante laboratoires et observatoires du monde entier. Il est essentiel que le système de réception et de traitement de ces données soit fiable et efficace.

Le site Web du BIPM continuera d'offrir des renseignements pratiques et constamment à jour sur le BIPM, la Convention du Mètre, les différents Comités consultatifs du CIPM et leurs publications. Il propose aussi des liens aux sites Web de la plupart des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'un puissant moteur de recherche appliqué à la métrologie.

Pour la plupart des réunions ayant lieu au BIPM, les documents de travail sont reçus et envoyés exclusivement sous forme électronique. Dans la salle de réunion, l'Internet est accessible à partir des tables où prennent place les délégués. L'infrastructure nécessaire aux présentations sous Power Point est aussi disponible.

La sécurité des communications électroniques et de l'infrastructure électronique interne est prioritaire ; nous maintenons un niveau élevé, mais raisonnable, de sécurité.

Base de données du BIPM sur les comparaisons clés

L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM a requis la création d'une base de données internationale unique au BIPM. C'est la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB, http://www.bipm.org/kcdb). Elle contient les résultats des comparaisons clés qui assurent le fondement technique de l'Arrangement, ainsi que les listes des CMCs des laboratoires nationaux de métrologie. Pendant la période initiale de quatre ans (décembre 1999 – décembre 2003) de mise en œuvre du MRA, la totalité du système, y compris les bases de données sous-jacentes et la structure du Web, a été mise au point et les premiers résultats publiés. Cela recouvre les résultats d'environ soixante comparaisons clés du CIPM et 13 000 CMCs dans un certain nombre de domaines de la métrologie. Pour la prochaine période de quatre ans, nous prévoyons qu'un grand nombre de résultats seront examinés pour publication

dans la KCDB. Cela représente environ 300 comparaisons clés du CIPM et des organisations régionales de métrologie en cours et de nombreuses CMCs, en particulier dans les domaines de la chimie, des rayonnements ionisants, de la thermométrie et du temps et des fréquences, qui en sont encore à l'étape préliminaire de l'examen intra-régional. De plus, le BIPM continuera à être très attentif aux demandes des utilisateurs de la KCDB pour qu'elle reste utile et à jour.

Système Qualité

Le BIPM met en place un Système Qualité pour ses services de mesure et d'étalonnage, conforme aux directives de la norme ISO 17025, avec un examen extérieur par des pairs.

Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM

Le BIPM assure la présidence et le secrétariat du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, le JCRB. C'est une activité nouvelle qui résulte de la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Le JCRB se réunit deux fois par an ; il est chargé de surveiller la mise en œuvre d'une grande partie de l'Arrangement, et notamment ce qui concerne l'entrée des données dans l'annexe C, sur les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie. Le bon fonctionnement du JCRB est un élément fondamental du succès de l'Arrangement ; c'est une tâche de plus en plus lourde qui est partagée avec les organisations régionales de métrologie et les laboratoires nationaux de métrologie.

15.8 Services administratifs généraux

Finance, personnel et administration générale

Les finances, le personnel, l'administration générale et les achats sont sous la responsabilité de l'administrateur, assisté du responsable des achats, d'une collaboratrice à plein temps et de deux autres à temps partiel. C'est un personnel très restreint pour assurer ces services.

Secrétariat

Le secrétariat du BIPM est composé de l'assistante personnelle du directeur, à plein temps, de la bibliothécaire, à temps partiel, qui collabore également aux publications du BIPM et aux traductions, et de deux secrétaires. La charge de travail du secrétariat, et des services administratifs, ne cesse d'augmenter du fait de l'augmentation du nombre de réunions des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail, et du nombre toujours croissant de participants assistant aux réunions. Ceci résulte en grande partie de la mise en pratique de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, mais c'est aussi une conséquence du nombre accru de réunions liées aux relations de plus en plus nombreuses avec d'autres organisations internationales. Nous nous efforçons d'améliorer le plus possible notre efficacité en utilisant les outils informatiques.

Publications

Les publications sont une composante essentielle des activités du BIPM et tous les moyens modernes de communication sont résolument employés. Les comptes rendus de la Conférence

générale, les rapports du Comité international et de ses Comités consultatifs, et les éditions successives de la brochure du SI sont les principales publications officielles du BIPM. Produites en français et en anglais, elles sont distribuées aux États membres, aux Associés à la Conférence générale, aux laboratoires nationaux de métrologie et aussi largement que possible au sein de la communauté de la métrologie. Ces documents sont disponibles gratuitement sur le site Web du BIPM. L'autre publication importante du BIPM est la revue *Metrologia*, maintenant dans sa quarantième année de publication. Depuis le volume 40 (2003) *Metrologia* est publiée par l'Institute of Physics Publishing (Royaume-Uni) sous licence du BIPM. Le contrôle éditorial continue à être pleinement exercé par le BIPM et le rédacteur continue à être membre du personnel du BIPM. Ce changement a été effectué pour améliorer l'efficacité de la production, de la distribution et du marketing, et aussi pour réduire la charge de travail du BIPM. Nous prévoyons d'augmenter en 2004 le nombre de numéros annuels de six à dix, y compris un ou deux numéros spéciaux ou comptes rendus de conférences. Il existe, en outre, un supplément technique à *Metrologia*, uniquement sous forme électronique, pour la publication des rapports finaux des comparaisons clés et supplémentaires. Le personnel responsable des publications est dirigé par le rédacteur de *Metrologia* et comprend un rédacteur adjoint, la bibliothécaire pour une partie de son temps, et une secrétaire à temps partiel.

En plus de sa contribution aux publications du BIPM, le personnel scientifique publie les résultats de son travail dans des revues avec comité de lecture, y compris, mais pas exclusivement, *Metrologia*, et les présente aussi lors de conférences scientifiques. Au cours des dix dernières années 1993-2002, le personnel du BIPM a publié annuellement une moyenne de vingt articles dans des revues soumises à des *referees*, une douzaine de publications dans des comptes rendus de congrès et une dizaine de Rapports BIPM.

Bibliothèque

La bibliothèque du BIPM continue à être un maillon essentiel à la poursuite efficace du travail scientifique. Le nombre d'abonnements à des revues reste pratiquement constant, mais certaines revues spécialisées sont abandonnées au profit de certaines autres, au fur et à mesure de l'évolution de l'intérêt qu'elles présentent et aussi de nos travaux. La création d'une nouvelle section de métrologie en chimie après la 21e Conférence générale a conduit la bibliothèque à s'enrichir dans ce nouveau domaine. Afin de maîtriser les coûts, cela s'est fait aux dépens des revues les moins utilisées dans les domaines traditionnels d'activité du BIPM. Malheureusement, l'expérience a montré que le coût des abonnements à des revues scientifiques augmente à un taux supérieur à celui de l'inflation. C'est ainsi que les revues les plus chères sont abandonnées, sauf si elles constituent une partie du noyau de la collection du BIPM. L'abonnement à des bulletins de sommaires de certaines revues est un moyen efficace et économique de se tenir au courant des publications qui ne sont pas conservées à la bibliothèque.

Voyages et transport de matériel

D'une manière générale, les voyages du personnel scientifique et du directeur dans les laboratoires nationaux, les congrès et les réunions liées à la métrologie, sont essentiels aux activités du BIPM et se poursuivront.

Entre 1999 et 2002, les frais de voyage et de transport de matériel ont augmenté de 60 % ; ils représentent actuellement environ 4 % du budget annuel. Cette augmentation provient du nombre accru de réunions auxquelles le personnel du BIPM doit assister, en liaison avec la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Nous nous efforçons de

répondre au mieux aux demandes de participation du BIPM à des réunions d'experts des organisations régionales de métrologie dans le monde entier. Le coût le plus élevé de ces déplacements n'est pas directement financier, mais relève plutôt du temps passé. Le nombre d'invitations à participer à des réunions, des congrès et visiter des laboratoires nationaux continue d'augmenter ; le personnel du BIPM est amené à en refuser beaucoup par manque de temps.

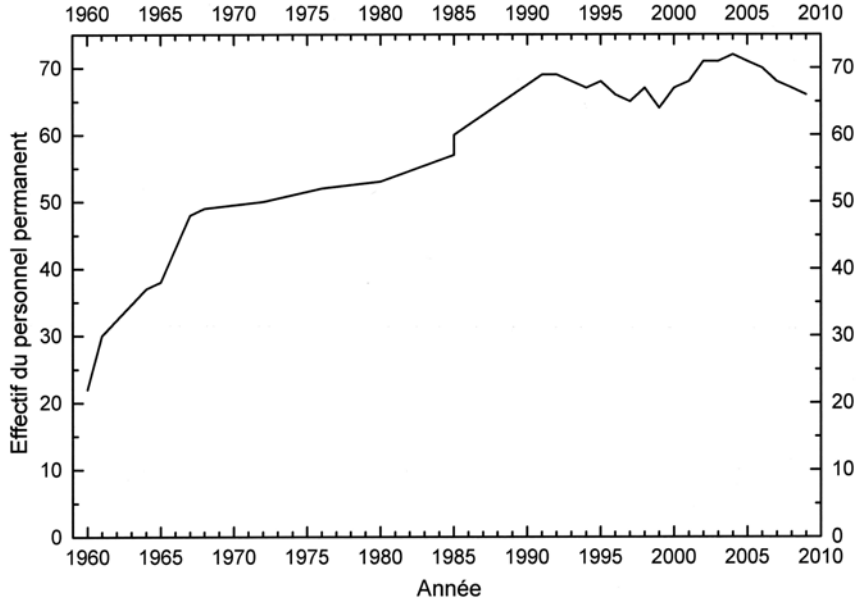
15.9 Bâtiments et parc

Le Pavillon de Breteuil est un site historique ; le Pavillon lui-même ainsi que les jardins qui l'entourent doivent donc être entretenus avec beaucoup de soin. L'entretien de l'ensemble des bâtiments, construits depuis l'époque de Louis XIV (le Pavillon de Breteuil) jusqu'à nos jours, est non seulement coûteux mais fait appel à un large éventail de métiers et de techniques. Pour la prochaine période de quatre ans, nous prévoyons des travaux importants de réparation de la toiture des deux bâtiments datant du dix-septième siècle, le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon. La mise en service en 2001 du Pavillon du Mail pour l'atelier, des bureaux et des salles de réunions supplémentaires, a complété le plan à long terme de construction qui avait été présenté à la 17e Conférence générale en 1983 et repris à chacune des Conférences suivantes. Depuis la mise en service du bâtiment, les équipements perfectionnés de la salle de réunion permettant d'accueillir une centaine de personnes ont été largement utilisés.

Il n'y a pas d'autres projets d'extension ou de construction de bâtiment au BIPM. Il faudra néanmoins continuer à conserver en bon état et à rénover les bâtiments quand cela s'avérera nécessaire, y compris le Pavillon de Breteuil. Ces travaux sont nécessaires, soit pour faire face à des changements du programme de travail, comme c'est le cas pour les nouvelles activités en chimie organique, ou l'installation d'une expérience sur la balance du watt, soit pour remettre à niveau d'anciennes installations. Le bon fonctionnement du conditionnement de l'air dans les laboratoires est une tâche majeure qui demande une surveillance continue et du matériel récent, mais il est indispensable à la métrologie moderne.

15.10 Personnel

Au 1er mars 2003, l'effectif permanent du BIPM s'élevait à 71 personnes pour un travail à plein temps, plus 5 chercheurs associés. Ce personnel est réparti selon les différentes sections représentées dans l'organigramme qui se trouve à la page suivante. L'évolution de l'effectif du personnel depuis 1960 et les prévisions jusqu'à l'année 2008 sont données dans la figure ci-dessous. Au 1er mars 2003, l'âge moyen de l'ensemble du personnel était de 48 ans et celui du personnel scientifique de 46 ans.



15.11 Contribution à la caisse de retraite

Suite à une étude actuarielle conduite en 1994, le Comité international continue à mettre en œuvre la décision prise à l'époque d'augmenter la contribution budgétaire annuelle à la caisse de retraite d'un montant équivalent à 2 % de la masse salariale chaque année de 1996 à 2008. L'étude faite en 2001 a confirmé les tendances indiquées en 1994, mais a montré que le nombre de retraités du BIPM avait augmenté plus vite que prévu du fait de départs à la retraite anticipés. En 1994, il avait été prédit que le nombre de retraités doublerait vers 2010, passant de 24 à 48. En fait, nous comptons déjà 42 retraités en 2003, et ce chiffre devrait atteindre 58 vers 2010 et 66 vers 2018, date à laquelle nous compterons un retraité par actif. L'étude actuarielle la plus récente indique cependant que les réserves de la caisse de retraite permettront de faire face aux obligations dans un avenir prévisible.

ORGANIGRAMME DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES AU 1er MARS 2003

DIRECTEUR
M. T. J. Quinn

Sous-directeur
Directeur désigné
M. A. J. Wallard [9]

JCRB
Mme A. E. Samuel [8]

KCDB
Mme C. Thomas [6]
Mme S. Maniguet [2]

LONGUEURS	MASSES et GRANDEURS APPARENTÉES	TEMPS	ÉLECTRICITÉ	RADIOMÉTRIE et PHOTOMÉTRIE	RAYONNEMENTS IONISANTS	CHIMIE
(M. A. J. Wallard)	**M. R. S. Davis**	**Mme E. F. Arias**	**M. T. J. Witt**	**M. M. Stock**	**Mme P. Allisy-Roberts**	**M. R. Wielgosz**
M. R. Felder	Mme H. Fang	M. J. Azoubib	M. F. Delahaye	M. R. Goebel	M. D. T. Burns	M. M. Esler
Mme S. Picard	Mme C. Goyon	M. Z. Jiang	M. D. Reymann	M. S. Solve	Mme C. Michotte	Mme J. Viallon
M. L. Robertsson	M. A. Picard	M. W. Lewandowski			M. G. Ratel	
M. L. Vitouchkine	M. H. Parks [2]	M. G. Petit			Mme C. Kessler [2]	
M. L. Ma [1]		M. P. Wolf [10/3]				
M. M. Zucco [2]						
M. J. Labot	Mme J. Coarasa	Mme H. Konaté	M. D. Avrons		M. C. Colas	M. P. Moussay
	M. J. Hostache	Mme M. Thomas	M. R. Chayramy		M. M. Nonis	
			M. A. Jaouen		M. P. Roger	
					M. C. Veyradier [6]	

FINANCE, ADMINISTRATION et SERVICES GÉNÉRAUX	SECRÉTARIAT	PUBLICATIONS	INFORMATIQUE et QUALITÉ	ATELIER et MAINTENANCE
Mme B. Perent	**Mme F. Joly**	**M. P. W. Martin**	**M. R. Köhler**	**M. J. Sanjaime**
M. F. Ausset	Mme D. Le Coz [3/6]	Mme J. R. Miles	M. L. Le Mée	M. F. Boyer
Mme D. Etter	Mme G. Négadi		M. G. Petitgand	M. M. De Carvalho
Mme M.-J. Martin [3]	Mme J. Varenne			M. J.-B. Caucheteux
Mme D. Saillard [6]				M. D. Rotrou
M. C. Dias Nunes [7]				M. P. Benoit
Mme A. Dominguez [3/7]				M. E. Dominguez [5]
Mme I. Neves [3/7]				M. P. Lemartrier
Mme R. Prieto [7]				M. C. Neves [5]
Mme R. Vara [7]				
M. A. Zongo [4/7]				

1 - Chercheur associé supérieur
2 - Chercheur associé
3 - À temps partiel
4 - Également à l'atelier
5 - Également gardien
6 - Également aux publications
7 - Entretien des bâtiments
8 - En détachement du NML CSIRO
9 - Également responsable de la section des longueurs
10 - En détachement au SYRTE, Observatoire de Paris, depuis le 1er septembre 2002

16 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures

Dans la Convocation de la 22e Conférence générale des poids et mesures, le Comité international des poids et mesures a demandé à la Conférence d'adopter les dotations suivantes pour les années 2005 à 2008 :

10 041 000 euros en 2005
10 222 000 euros en 2006
10 406 000 euros en 2007
10 593 000 euros en 2008.

Ces sommes sont justifiées en détail dans la Convocation de la 22e Conférence générale ; il n'est donc pas nécessaire d'y revenir dans ce document. Vous pouvez cependant vous reporter à l'annexe du présent document pour plus de détails.

On trouvera ci-après l'estimation des dépenses générales à engager pour assurer le programme de travail exposé dans la section 15 de ce document. Les têtes de chapitre (dépenses de fonctionnement, de laboratoire, de personnel etc) sont celles qui figurent dans la partie financière du « Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau international des poids et mesures » envoyé chaque année aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre. Les sommes sont données en milliers d'euros.

Les budgets annuels pour les années 2005 à 2008 figurent à la section 16.1. La répartition correspondante des dépenses par catégorie est donnée sous forme graphique dans les tableaux 16.1.2 à 16.1.5. Les prévisions budgétaires annuelles font apparaître des sommes totales supérieures d'environ 5 % aux montants des dotations. Cet écart correspond aux souscriptions des Associés à la Conférence générale, aux revenus estimés des intérêts des actifs disponibles et à des recettes annexes provenant de certains étalonnages, de la vente de prototypes en platine iridié, des abonnements à *Metrologia* etc. (*voir* le « Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau international des poids et mesures » pour les années les plus récentes).

16.1 Budget des années 2005 à 2008

16.1.1 Récapitulation des recettes (en milliers d'euros)

	2005	2006	2007	2008	4 années
A. Dotation	10 041	10 222	10 406	10 593	41 262
B. Souscriptions*	155	157	160	163	635
C. Divers	414	409	425	419	1 667
Total	10 610	10 788	10 991	11 175	43 564

* Cette somme correspond aux souscriptions des dix Associés de la Conférence générale en mars 2003.

16.1.2 Récapitulation des dépenses (en milliers d'euros)

	2005	2006	2007	2008	4 années
A. Personnel (15.10)	5 497	5 476	5 427	5 517	21 917
B. Contribution à la Caisse de retraite (15.11)	1 591	1 667	1 738	1 857	6 853
C. Services généraux (15.8)	1 123	1 093	1 154	1 115	4 485
D. Dépenses de laboratoire (15.1 à 15.7)	1 930	1 860	1 840	1 870	7 500
E. Bâtiments (15.9)	407	629	767	750	2 553
F. Divers, imprévus	62	63	65	66	256
Total	10 610	10 788	10 991	11 175	43 564

16.1.3 Personnel

	2005	2006	2007	2008
Personnel permanent	71	69	68	67
Chercheurs associés	1	0	0	0
Total	72	69	68	67

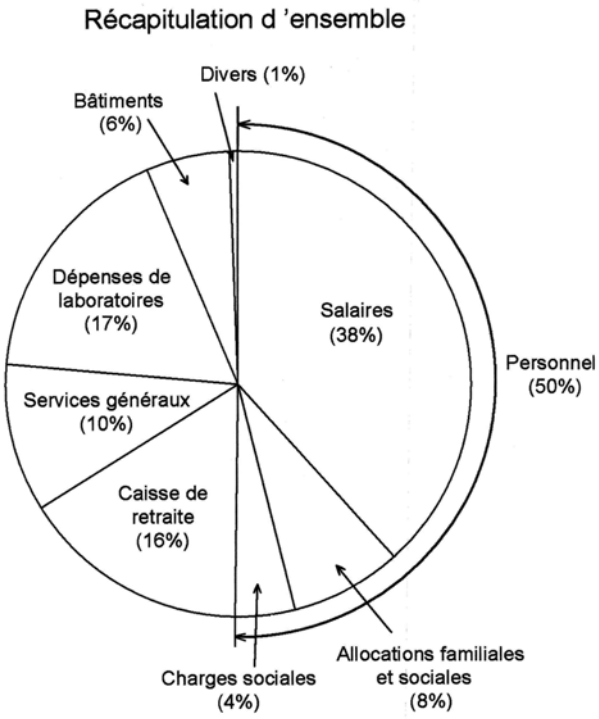
16.1.4 Services généraux (en milliers d'euros)

	2005	2006	2007	2008	4 années
Chauffage, eau, électricité	165	168	171	174	678
Assurances	34	36	38	40	148
Publications	97	58	59	60	274
Frais de bureau	156	158	161	163	638
Voyages et transport de matériel	362	358	345	351	1 416
Réunions	68	70	130	72	340
Bibliothèque	202	205	209	213	829
Bureau du Comité	39	40	41	42	162
Total	1 123	1 093	1 154	1 115	4 485

16.1.5 Dépenses de laboratoire (en milliers d'euros)

	2005	2006	2007	2008	4 années
Longueurs	156	120	60	61	397
Masse	180	183	187	190	740
Temps	83	84	90	92	349
Électricité	260	265	270	274	1 069
Rayonnements ionisants	206	210	214	217	847
Métrologie en chimie	360	366	374	380	1 480
Atelier	104	105	107	109	425
Services généraux et scientifiques des laboratoires, informatique, KCDB	291	296	302	307	1 196
Coût des nouveaux projets, y compris la chimie organique	290	231	236	240	997
Total	1 930	1 860	1 840	1 870	7 500

16.2 Représentation graphique des prévisions de dépenses pour les années 2005 à 2008



Récapitulation d'ensemble, incluant le détail des dépenses de personnel (16.1)

Annexe

Le texte suivant est extrait du rapport de la 91e session du Comité international qui s'est tenue en octobre 2002. Il présente les décisions concernant le programme de travail à venir du BIPM, décisions qui se reflètent dans le programme décrit dans le présent document destiné aux États membres.

Programme de travail du BIPM et budget pour les années 2005 à 2008

Une discussion approfondie a eu lieu au sujet du programme de travail et budget du BIPM pour les années 2005 à 2008. Le Comité international a examiné les conclusions des enquêtes effectuées auprès des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie (les questionnaires, la réunion d'avril 2002 et les réponses au document envoyé aux directeurs en juillet 2002) sur le programme de travail et budget à venir du BIPM. En conclusion, le Comité international a décidé de modifier le programme de travail du BIPM pour faire face à une diminution prévue de ses revenus tout en répondant à l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie. Le texte qui suit est un résumé des discussions et conclusions.

Selon le réglement de la Conférence générale, la Convocation officielle comprenant les éléments de l'ordre du jour provisoire, et en particulier les propositions du CIPM sur la dotation pour la prochaine période de quatre ans, doit être envoyée aux Gouvernements des États membres au moins neuf mois avant l'ouverture de la Conférence. La 22e Conférence générale débutant le 13 octobre 2003, ce document doit parvenir aux États en janvier 2003. En fait, la Convocation est toujours envoyée fin décembre.

Introduction

Les membres du Comité international et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie ont été informés qu'une augmentation de 1,1 million d'euros (soit 12 % de la dotation pour 2004) serait nécessaire en 2005 pour maintenir toutes les activités en cours au BIPM et qu'une augmentation de 1,9 million d'euros (soit environ 20 % de la dotation) serait nécessaire pour maintenir le programme actuel et débuter de nouveaux programmes en chimie organique, en bio-analyse et en médecine.

Les premières réactions des États membres à ces propositions ont montré qu'il était très peu probable que la 22e Conférence générale approuve et vote une augmentation du budget pour 2005 représentant plus de la moitié des 1,1 million d'euros nécessaires pour maintenir les activités en cours, plus une petite somme pour tenir compte de l'inflation pour l'année 2005 et les années suivantes. Nous avons été informés que si, lors de la Conférence générale, nous proposions une augmentation supérieure à ce montant, il serait probable que certains États membres opposeraient leur veto*.

* La procédure officielle pour l'adoption de la dotation lors d'une Conférence générale exige qu'il n'y ait aucun veto. Les abstentions sont autorisées, mais s'il y a un seul vote contre, la dotation ne peut être adoptée. La conséquence d'un rejet de la Résolution sur la dotation est que la dotation adoptée par la précédente Conférence générale est reconduite sans changement. C'est parce que les Résolutions successives sur la dotation modifient simplement la précédente. Si la nouvelle proposition est rejetée, la dotation de la dernière année de la période de quatre ans précédente n'est pas réévaluée jusqu'à ce que les États membres se mettent d'accord pour la modifier.

La différence entre ces estimations et la somme demandée était suffisamment élevée pour que le bureau recommande au Comité international de prendre des décisions stratégiques lors de sa session d'octobre 2002, afin de résoudre le problème et le régler avant la Conférence générale de 2003.

Pour émettre des propositions concrètes concernant le programme de travail et budget, nous sommes partis de l'hypothèse qu'une augmentation de 5 % (0,45 million d'euros) de la dotation au 1er janvier 2005, plus une augmentation de 1,5 % au titre de l'inflation pour 2005 et les trois années suivantes de la période comprise entre 2005 et 2008 était acquise.

Principales options stratégiques

Depuis la 21e Conférence générale en 1999, le BIPM a été incité à entreprendre, et a entrepris, beaucoup plus d'activités qu'il n'avait prévu de le faire à l'époque. Le rôle joué par le BIPM pour coordonner les activités internationales dans le domaine de la métrologie, les relations avec d'autres organisations, ainsi que les activités découlant de la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, ont été bien plus étendus que prévu. La réaction du BIPM a été bien accueillie par les laboratoires nationaux de métrologie et il est clair que toutes ces actions doivent se poursuivre.

D'après l'hypothèse énoncée ci-dessus, des réductions significatives au programme actuel du BIPM devront toutefois être effectuées.

Afin de savoir comment procéder, le Comité international a pris en compte un certain nombre de considérations :

1. Les besoins des laboratoires nationaux de métrologie concernant les services offerts par le BIPM et exprimés dans les réponses au second questionnaire envoyé aux directeurs ont été examinés. Ce sont notamment les activités de coordination et les relations internationales, ainsi que la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, les activités scientifiques et techniques effectuées dans les laboratoires concernant les étalonnages et autres services pour les laboratoires nationaux de métrologie, et celles qui assurent un fondement scientifique au BIPM.
2. Il n'existe pas d'économies marginales ayant un effet significatif.
3. L'étendue des économies qui doivent être faites est telle qu'il faudra fermer une des principales sections scientifiques.
4. Pour décider quelle section devra être fermée, des décisions stratégiques doivent être prises concernant le programme fondamental d'activités à venir.
5. Les conséquences de ces changements pour le personnel du BIPM doivent être examinées.

Une grande partie des idées avancées dans le Rapport sur « L'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie, pour le commerce, l'industrie et la société, et le rôle du BIPM », approuvé par le Comité international en 2002 et qui doit être publié prochainement, traitent des besoins émergents dans les domaines de la métrologie internationale en chimie, en biochimie et en médecine. Les contacts que nous avons eus avec les laboratoires nationaux de métrologie dans le monde confirment ce point de vue. Le Comité est d'avis que, s'il n'est de toute évidence pas possible de mener une importante activité dans ces domaines au BIPM pour le moment, il est indispensable d'avoir au minimum deux spécialistes de haut niveau dans chacun de ces domaines. Sinon, nous ne pourrons pas être présents à aucun des forums internationaux et nous

ne saurons même pas comment répondre aux demandes d'information à propos des besoins les plus pressants. Même si, comme l'ont suggéré certains directeurs, les activités du BIPM dans ces domaines peuvent être étayées par des personnes mises à la disposition du BIPM par certains laboratoires nationaux de métrologie, il reste nécessaire de disposer d'un minimum d'expertise au BIPM pour assurer la continuité, sinon le programme ne pourra pas fonctionner correctement.

Alors que l'on ne sait pas bien quel sera le niveau d'intervention à venir du BIPM, lors de la première réunion du nouveau Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) il a été demandé de créer une infrastructure pour répertorier des données fiables, éventuellement dans une base de données contenant les listes des matériaux et méthodes de référence qui seraient établies par le JCTLM. Le BIPM assure le secrétariat de ce nouveau Comité commun.

Il est largement reconnu que le succès dont jouit le BIPM, en tant qu'organisation intergouvernementale, dans ses activités de coordination internationale, repose sur sa crédibilité scientifique. Les consultations extérieures effectuées par la société KPMG l'ont aussi montré clairement. Sans activité scientifique, il ne serait pas possible d'attirer au BIPM des spécialistes de haut niveau, dans aucun domaine. Si le BIPM n'était qu'un bureau, il est probable qu'aucun de ses scientifiques de haut niveau n'accepterait d'y travailler. La brève expérience que nous avons en chimie indique qu'il est fondamental pour nos activités de coordination qu'un spécialiste fasse partie de notre personnel.

Donc, si le BIPM ne s'engage pas d'une manière ou d'une autre dans les domaines de la métrologie en chimie, en bioanalyse et en médecine, il est difficile d'envisager comment il pourra jouer dans ces nouveaux domaines de la métrologie le rôle pivot qu'il joue déjà dans le domaine des mesures physiques, ainsi que l'a montré l'étude récente effectuée par la société KPMG. Ce rôle est hautement considéré, non seulement par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, mais aussi par un nombre de plus en plus élevé d'organisations, en dehors du champ d'application direct de la métrologie, mais dont les intérêts sont étroitement liés à la métrologie.

La première décision importante prise par le Comité international est qu'il est essentiel d'entreprendre un programme minimal de laboratoire dans ces nouveaux domaines pour assurer l'avenir du BIPM et répondre aux demandes clairement formulées par les laboratoires nationaux de métrologie.

Pour prendre les décisions nécessaires à une nouvelle orientation du BIPM permettant une activité minimale dans ces nouveaux domaines, il était nécessaire d'avoir une vision claire sur les priorités à court et moyen terme pour chacun des programmes en cours au BIPM. En effet les nouvelles activités doivent nécessairement être mises en œuvre aux dépens de certains programmes existants. De plus, il est de première importance d'utiliser au mieux le personnel hautement qualifié et motivé du BIPM.

Les priorités du programme actuel

Il est clair que le BIPM est une composante essentielle de l'infrastructure métrologique internationale. Sa présence dans les réunions internationales pour représenter les intérêts des laboratoires nationaux de métrologie, son rôle de coordination dans le domaine de la métrologie internationale, ses contacts directs avec les autres organisations internationales et par l'intermédiaire des Comités communs, son aide aux Comités consultatifs et aux organisations régionales de métrologie, ainsi que son rôle clé dans la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle par l'intermédiaire de la base de données du BIPM sur les

comparaisons clés et du JCRB, sont des activités hautement prioritaires. Il est évident qu'il faut maintenir et développer ces activités, et en assurer un fondement scientifique.

Dans le programme scientifique et technique il existe cependant différents niveaux de priorité :

Niveau de priorité le plus haut : les programmes dans le domaine de la masse et des échelles de temps

Ces programmes constituent le noyau central des activités scientifiques du BIPM : la Convention du Mètre nous a confié un mandat spécifique concernant l'unité de masse et des Résolutions successives de la Conférence générale nous ont aussi confié un mandat spécifique concernant les échelles de temps. Les programmes dans les domaines de la masse et du temps sont reconsidérés en permanence, mais si le Comité international peut envisager de petites économies dans les activités liées au temps du fait d'une automatisation accrue, il pense que le programme dans le domaine de la masse devrait être étendu afin d'inclure un projet sur la balance du watt. Une nouvelle définition éventuelle de l'unité de masse fondée sur des constantes atomiques ou fondamentales repose sur un travail à long terme pour contrôler la masse de l'artefact actuel, le Prototype international du kilogramme. Le BIPM occupe une position unique dans ce domaine et est seul capable de prendre en charge cette activité.

Deuxième niveau de priorité : les rayonnements ionisants et la chimie

Le programme sur les rayonnements ionisants au BIPM fournit la principale référence pour la plupart des comparaisons nationales de dosimétrie et de radioactivité ; il permet de lier au SI le réseau des laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA. Il nous paraît très difficile d'effectuer des économies à ce sujet, car les activités actuelles sont déjà tout juste suffisantes. Le programme actuel, restreint, en chimie constitue un premier pas vers les nouveaux domaines évoqués précédemment et est très prioritaire.

Troisième niveau de priorité : programmes dans les domaines de l'électricité, des lasers et de la gravimétrie

Les programmes dans les domaines de l'électricité et des lasers ont chacun une importance particulière.

Le programme dans le domaine de l'électricité apporterait une contribution fondamentale à un projet éventuel sur la balance du watt au BIPM. Le BIPM détient aussi les seuls étalons voyageurs de tension à effet Josephson et de résistance à effet Hall quantique de haute exactitude. Ces étalons sont uniques et fournissent actuellement le seul moyen de vérifier la cohérence entre les étalons des laboratoires nationaux de métrologie au plus haut niveau d'exactitude. Une telle aptitude est fondamentale (que ce soit au BIPM ou ailleurs) pour les années à venir. Il a aussi été proposé, en collaboration avec le NML CSIRO (Australie), de fabriquer un condensateur calculable qui serait installé au BIPM pour fournir une des rares références mondiales à long terme dans ce domaine. Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie se sont déclarés intéressés à participer à ce projet. Notons aussi que la moitié des certificats d'étalonnage émis par le BIPM concernent des étalons électriques appartenant à presque la moitié des États membres de la Convention du Mètre. Les services concernant les mesures électriques font partie des compétences de base essentielles au BIPM.

En ce qui concerne les lasers, le nouveau programme est centré sur la technologie des peignes à impulsions femtosecondes. L'arrivée de cette nouvelle technologie a mis fin au programme de comparaisons fondé sur les lasers de référence du BIPM à He-Ne à 633 nm qui a duré une trentaine d'années. Les lasers à peigne marquent aussi un point de rupture pour les autres comparaisons de lasers dans le visible et l'infrarouge. Ces activités relèvent du domaine de la recherche scientifique fondamentale et préparent le rôle à venir éventuel du BIPM dans les comparaisons d'étalons de fréquence à un niveau d'exactitude supérieur à celui accessible par les techniques par satellite. Le but de ce nouveau programme du BIPM à court et moyen terme est donc de préparer les comparaisons de fréquences optiques, de valider les performances des peignes de fréquence et, en attendant, d'effectuer des mesures de fréquence pour les étalons à 633 nm des plus petits laboratoires laboratoires nationaux de métrologie.

Le programme sur la gravimétrie est très restreint mais très prisé et il est de plus en plus considéré comme fondamental par la communauté des géophysiciens, à la demande desquels nous avons récemment établi un groupe de travail officiel. Une nouvelle demande pour que les métrologistes aident à améliorer la liaison entre les différents aspects de la géophysique et le SI a récemment été formulée. La longue série de comparaisons de gravimètres absolus au BIPM bénéficie du soutien de l'Union géodésique et géophysique internationale. Les activités en gravimétrie au BIPM contribueront au projet sur la balance du watt.

Quatrième niveau de priorité

Au quatrième rang des priorités nous plaçons le programme en photométrie et en radiométrie, et une activité restreinte en nanométrologie. Dans le cas des programmes en photométrie et en radiométrie, les arguments pour effectuer des activités au BIPM sont moins forts que pour les activités mentionnées précédemment. Avec l'adoption presque universelle par les laboratoires nationaux de métrologie du radiomètre cryogénique comme référence pour les étalons en photométrie et radiométrie, le BIPM a cessé de jouer le rôle qu'il jouait précédemment dans la conservation du lumen et de la candela au niveau mondial au moyen d'une série de lampes à incandescence. De plus, le BIPM ne possède pas d'étalons voyageurs indispensables aux comparaisons de radiomètres cryogéniques. Il est clair, toutefois, que la conservation du lumen et de la candela au BIPM lui permet de poursuivre le service d'étalonnage, hautement apprécié par de nombreux petits laboratoires, qu'il assure de longue date. Il faut cependant noter que le personnel actuel composé de trois scientifiques, mais ne comportant pas de technicien, ne suffit pas à assurer le programme actuel.

Le programme sur la nanométrologie apporte une aide restreinte mais utile aux activités du Comité consultatif des longueurs (CCL) dans ce domaine, mais cette activité n'est pas considérée comme prioritaire pour le BIPM parce que les activités du CCL dans ce domaine sont relativement limitées.

Compétences de base

Pour étayer toutes les activités mentionnées ci-dessus, il faut préserver un certain nombre de compétences essentielles au BIPM. Celles-ci comprennent une connaissance fondamentale des mesures dans les domaines de l'électricité, de l'optique et de l'interférométrie, des pressions et de la température, ainsi que de l'électronique, de la conception en mécanique et un atelier de mécanique pour construire les équipements expérimentaux.

Décisions concernant le programme

Le Comité international a examiné ces priorités et pris les décisions suivantes :

1. Deux personnes au maximum seront recrutées pour la chimie organique et un programme restreint de laboratoire débutera pendant la période comprise entre 2004 et 2006.
2. Un projet sur la balance du watt sera entrepris et l'on poursuivra les activités sur le condensateur calculable en collaboration avec le NML CSIRO.
3. Le personnel chargé de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés sera renforcé et un secrétariat permanent sera créé pour le JCRB.
4. Il sera mis fin au programme sur la photométrie et la radiométrie en 2004. Les trois scientifiques de cette section seront transférés à la section d'électricité et, lorsque les trois scientifiques de la section d'électricité prendront leur retraite au cours des prochaines années, ils formeront le noyau de la section d'électricité. Il sera alors mis fin au service d'étalonnage de lampes à incandescence, mais le BIPM essaiera d'organiser des étalonnages pour les anciens utilisateurs du BIPM avec l'aide de quelques laboratoires nationaux de métrologie, dans le cadre de leur organisation régionale de métrologie. (Note : En moyenne vingt-cinq lampes au total sont étalonnées chaque année).
5. Le travail dans la section des lasers sera uniquement centré sur le projet de laser à impulsions femtosecondes, qui continuera jusqu'à 2006, date à laquelle la section sera fermée. Une poursuite à plus long terme du programme actuel demanderait des investissements lourds en équipements et en personnel scientifique de haut niveau, et ce n'est pas possible financièrement dans les conditions actuelles. Les quatre membres permanents de la section seront progressivement affectés à d'autres domaines d'activité du BIPM.

Personnel

Le Comité international prévoit que les changements présentés ci-dessus s'accomplissent sans qu'il y ait de personnel en doublon, en profitant des départs à la retraite, de transferts internes des personnels travaillant dans les domaines dont l'activité est réduite ou arrêtée, et par l'arrêt du recrutement de chercheurs associés.

L'effectif actuel comprend (octobre 2002) 71 employés permanents (en équivalent plein temps) plus 6 chercheurs associés. Il devrait être réduit en 2008 à 67 employés permanents, et il n'y aurait plus de chercheur associé. Notons que l'effectif varie d'année en année du fait des départs à la retraite et des recoupements dus à de nouveaux recrutements ; en 2003 il y aura un pic de 75 employés permanents mais seulement 5 chercheurs associés.

Les stages effectués par des scientifiques extérieurs au BIPM sont essentiels à son programme scientifique. Ils sont aussi nécessaires pour apporter une aide scientifique supplémentaire afin que les chefs de section puissent assister plus souvent aux réunions techniques des organisations régionales de métrologie, activité que nous estimons prioritaire et qui doit être accrue. Le Comité international demande aux laboratoires nationaux de métrologie d'être prêts à envoyer au BIPM des membres qualifiés de leur personnel, à leurs frais, pour des périodes d'un à deux ans, afin de maintenir une présence constante de quatre ou cinq chercheurs associés. Cette proposition est spécifiquement mentionnée dans le projet de résolution sur la dotation.

Financement supplémentaire

L'absence de financement supplémentaire pour les investissements destinés à la mise à niveau ou à l'implantation de nouveaux équipements essentiels, ou pour l'infrastructure de base, en dehors ou en plus de la dotation annuelle adoptée par les Conférences générales successives, distingue le BIPM de nombreux laboratoires nationaux de métrologie. Dans la période actuelle de faible inflation, il n'est plus possible de réaliser des économies sur le budget annuel dans ce but. Des économies équivalentes à quelques pourcent de la dotation par an ont pu être réalisées pendant les années 1970 et 1980, à une époque où l'augmentation de la dotation adoptée par la Conférence générale était légèrement supérieure à l'inflation en France. Compte tenu de l'impossibilité de réaliser des économies substantielles sur le budget annuel, le Comité international a envisagé de demander aux États membres, lors de la 22e Conférence générale, une somme forfaitaire (exceptionnelle) pour sa restructuration pendant la prochaine période de quatre ans. La somme envisagée était d'environ un million d'euros, et suffisait à couvrir les dépenses nécessaires à la mise à niveau du conditionnement d'air dans les laboratoires, à la rénovation des laboratoires, et à des réparations majeures de la toiture des deux bâtiments du site datant du dix-septième siècle, le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon. Finalement, nous n'avons pas demandé de somme forfaitaire supplémentaire parce que nous avons estimé que nous avions peu de chance de l'obtenir. Ces coûts sont toutefois inclus dans la proposition d'augmentation de la dotation du Comité international. La possibilité d'une contribution supplémentaire à la caisse de retraite du BIPM a aussi été discutée, mais il n'y a pas été donné suite.

Tout en considérant les conséquences d'une réduction à venir de financement par les États membres et les Associés actuels, nous ne devons pas oublier la possibilité d'une faible augmentation de revenus provenant d'une augmentation du nombre des membres de la Convention du Mètre, ou de toute autre origine ; cette éventualité doit être explorée.

BIPM
METPΩ XPΩ

Bureau International des Poids et Mesures

General Conference on Weights and Measures

22nd Meeting (October 2003)

Note on the use of the English text

To make its work more widely accessible the International Committee for Weights and Measures publishes an English version of its reports.

Readers should note that the official record is always that of the French text. This must be used when an authoritative reference is required or when there is doubt about the interpretation of the text.

Contents

List of delegates and invited **9**

Proceedings, 13-17 October 2003 **243**

Agenda **244**

1 Opening of the Conference **245**

2 Address on behalf of the Ministre des Affaires Étrangères de la République Française **245**

3 Reply by the President of the International Committee **246**

4 Address by the President of the Académie des Sciences, President of the Conference **247**

5 Presentation of credentials by delegates **251**

6 Nomination of Secretary of the Conference **251**

7 Establishment of the list of delegates entitled to vote **251**

8 Approval of the agenda **252**

9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 21st General Conference (October 1999 – September 2003) **253**

9.1 Introduction **253**

9.2 Progress on Resolutions since the last General Conference **254**

9.3 The CIPM Mutual Recognition Arrangement **256**

9.4 The Consultative Committees **259**

9.5 The CIPM **265**

9.6 The BIPM **266**

10 External relations **279**

10.1 Organisation Internationale de Métrologie Légale **279**

10.2 International Laboratory Accreditation Cooperation **280**

10.3 World Meteorological Organization **280**

10.4 World Health Organization **283**

11 Report of the CIPM on evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM **285**

12 Programme of future work at the BIPM **287**

13 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement **297**

14 Report on the admission of Associates of the General Conference **302**

15 Reports of Presidents of Consultative Committees **303**

15.1 The Consultative Committee for Length **303**

15.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities **308**

15.3 The Consultative Committee for Time and Frequency **317**

15.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism **321**

15.5 The Consultative Committee for Thermometry **325**

15.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry **332**
15.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation **338**
15.8 The Consultative Committee for Amount of Substance **341**
15.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration **353**
15.10 The Consultative Committee for Units **356**
16 Annual dotation of the BIPM **361**
16.1 Meeting of Tuesday 14 October **361**
16.2 Meeting of Thursday 16 October **364**
16.3 Report to the Conference **365**
16.4 Discussion **366**
16.5 Voting on Draft Resolution J3 **367**
17 Proposals by delegates **368**
18 Renewal of half of the International Committee **368**
19 Votes on all Resolutions **369**
20 Other business **368**
20.1 Visit to the BIPM **369**
20.2 Visit to the depository of the metric prototypes **370**
20.3 The CIPM Mutual Recognition Arrangement **370**
21 Closure of the Conference **370**

Resolutions adopted by the 22nd General Conference 373

Links with other organizations (Resolution 1) **374**

Metrology and trade (Resolution 2) **374**

On the coordination of the initiatives to support the implementation of metrology, accreditation, and standardization in developing countries and economies (Resolution 3) **375**

Value and benefits of the Metre Convention for Member States and for Associates of the General Conference (Resolution 4) **376**

Report on evolving needs for metrology in trade, industry and society, and the role of the International Bureau of Weights and Measures (Resolution 5) **376**

On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (Resolution 6) **377**

Involvement of National Metrology Institutes in the complete range of work of the Metre Convention (Resolution 7) **378**

Revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre (Resolution 8) **379**

Requirements for cross-border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials (Resolution 9) **380**

Symbol for the decimal marker (Resolution 10) **381**

Relationship between National Metrology Institutes and Nationally recognized Accreditation Bodies (Resolution 11) **382**

Dotation of the BIPM for the years 2005 to 2008 (Resolution 12) **383**

Appendix A. Convocation of the 22nd General Conference on Weights and Measures **385**

Appendix B. Programme of work and budget of the BIPM for the four years 2005 to 2008 **415**

List of acronyms used in the present volume 443

Proceedings
of the 22nd General Conference
on Weights and Measures
13-17 October 2003

Agenda

The provisional agenda of the 22nd General Conference (see Appendix A page 389) is adopted as the final agenda.

1 Opening of the Conference

Professor Étienne-Émile Baulieu, President of the French Academy of Sciences of the Institut de France and President of the 22nd General Conference on Weights and Measures (CGPM), opened the Conference by inviting Mr Gilles Barrier, representing the French Minister for Foreign Affairs, to address the Conference.

2 Address on behalf of the Ministre des Affaires Étrangères de la République Française

Mr Barrier, French Ministry of Foreign Affairs, Department of the United Nations and international organizations, gave the following speech:

"Mr President, Ladies and Gentlemen, Delegates,

M. Dominique de Villepin, Minister for Foreign Affairs, has asked me to represent him here today as he is, unfortunately, unable to be present. In his name and in the name of the Government of the French Republic, I have the great honour and pleasure of welcoming you today and to open the 22nd General Conference on Weights and Measures.

It was 128 years ago, on the 20th May 1875 to be precise, that the Metre Convention was signed, which lead to the creation of the International Bureau of Weights and Measures, the International Committee for Weights and Measures, and instigated the General Conference on Weights and Measures, for which we are here assembled today.

There has been considerable evolution since then, marked by technological progress and, in parallel, by the multiplication and diversification of the needs of users of metrology services. These needs are increasingly manifest through international institutions, which are not only increasing in number but also becoming more varied. This evolution accompanies the continuous development of the metrological activities of the International Bureau of Weights and Measures, at the scientific level – and we know the immensity of this domain of activity – and at the level of international cooperation, for the sake of an increasing number of countries, and in closer partnership with many international organizations.

Since the last General Conference, in particular, there has been a great deal of tangible progress. It is appropriate at this point to mention the Mutual Recognition Arrangement, which assists the establishment of international exchange, and which can be seen in the important service represented by the BIPM Key Comparison Database on the website of the International Bureau of Weights and Measures.

We owe this development to the guiding personalities of the International Bureau of Weights and Measures, who I would like to congratulate. In particular, I would like to pay tribute to Dr Terry Quinn, who will this year come to the end of his period as Director of the International Bureau of Weights and Measures after a brilliant career in international metrology. I will also take this opportunity to send my best wishes to his co-director, Professor Andrew Wallard, who

will succeed him at the beginning of next year as Director of the International Bureau of Weights and Measures. I wish him well.

New pages in the history of the institutions of weights and measures remain to be written, and I know that the discussions, animated by the International Committee, on the future orientations of the International Bureau of Weights and Measures to be discussed at this General Conference will be fundamental. This is why I am sure that this Conference will be a huge success, which is what I wish with all my heart

I thank you for your attention."

3 Reply by the President of the International Committee

Professor Kovalevsky, President of the International Committee for Weights and Measures (CIPM), thanked the representative of the Minister of Foreign Affairs for hosting the CGPM in the Centre de Conférences Internationales, and complimented the Centre on the modern, well-equipped conference room.

Following on from the words of Mr Barrier, he drew attention to the increasing needs for precise measurements in more and more fields, some of which had not even been anticipated a few years ago. Metrology, he said, is now an essential basis not only for industry and commerce, but also for health and the environment, which means that the traditional fields of study must be extended to cover a whole range of new areas, such as inorganic and organic chemistry, medical analyses (including *in vitro* testing), the monitoring of air, water and ground pollution, pharmacology, the food industry, and anti-doping testing. In all these subjects we increasingly need high-quality references and absolute measurements of the best possible precision, and need to deal with their application to day-to-day measurements.

The diversification of these fields has led and will continue to lead to an inescapable increase in new activities in the BIPM and the National Metrology Institutes (NMIs). These developments cannot be undertaken entirely at the expense of existing activities, and one of the key issues to be resolved by this Conference will be to decide to what extent the budget of the BIPM should be increased to meet these needs.

Professor Kovalevsky noted that Mr Barrier had drawn attention to the extension of the cooperation between an increasing number of States and Economies. This situation is an important development, due in part to internationalization, and in part to the needs of developing countries for techniques to demonstrate the coherence of their measurements with those carried out elsewhere. Resolution 3 of the 21st General Conference introduced the notion of Associates of the CGPM. This has opened up the work of the BIPM – including, but not limited to, the CIPM Mutual Recognition Arrangement – to fifteen additional States or Economies. This number is expected to continue to increase over the coming years.

France, the initiator of the Metre Convention, has always strongly supported the BIPM and Mr Barrier's talk proved this continues to be the case. Professor Kovalevsky concluded by expressing his confidence that the Minister's wishes would be fulfilled, and expressed his thanks again to the French Minister for Foreign Affairs for his support of the Conference.

4 Address by the President ofthe Académie des Sciences, President of the Conference

Professor Étienne-Émile Baulieu, President of the French Academy of Sciences, opened the 22nd General Conference on Weights and Measures with the following address:

"Ladies and Gentlemen, Delegates, Mr Barrier, President of the CIPM Jean Kovalevsky, Dr Quinn, Professor Wallard, Dear Colleagues.

In the name of the Academy of Sciences, I have pleasure in saluting you and to thank you for your work. Our Academy of Sciences is, as always, pleased and honoured to have the opportunity of attending the General Conference every four years.

For us scientists, an event such as the General Conference is one of the best examples, perhaps the best example, of the process of globalization. Such activities with their interactions between international experts represent the positive side of human progress. This is particularly important at the moment because, as everyone is aware, the rapid evolution of modern science has meant that the majority of people do not understand what science means today and have, as a consequence, a certain fear of what it might imply.

I praise the remarkable breadth of your activities. In particular, I see from the documents for the General Conference that you have created a working group on the expression of uncertainty in measurement. This is a particularly useful development, as it is important to attempt to communicate what modern science has and is able to give us. Scientific progress needs to be understood widely and used wisely.

The problems you are addressing cover a wide range of domains. As a biomedical scientist, I notice with interest that problems as fundamental as the redefinition of the metre, the redefinition of the kilogram, the study of electrical units, indeed, all that has to do with the field of nanotechnology, including the biomedical sciences, are in the list of topics for your studies. Consequently, I wish you well and thank you. Your interests are in the *avant-garde* of what is happening in science today and what will arrive tomorrow.

It is perhaps surprising for someone, who like the majority of us, undertook his studies some time ago, to find himself talking to a group who are looking again at Avogadro's number, the definition of the electron volt, the curie, and Planck's constant. This work is important in demonstrating how the human spirit is forever continuing to search, to perfect, and to invent.

As a bio-medical scientist, I would like to make a few simple observations. Like all of you, in the course of my research I am confronted by a variety of measurements; measurements on living systems which must be considered in terms of their scale or dimension. The dimensions found in living systems cover a range of scales. Starting, of course, at the level of organic molecules composed of chemical bonds (e.g. carbon-carbon bonds), which have a length scale of about one and a half ångstroms, but one rapidly encounters larger-scale dimensions such as small energy-supplying molecules, proteins where there are small structural elements that constitute protein ensembles, which give us a dimension scale of about 30 nm. After this, one passes into living organisms such as bacteria, where the dimension scale increases to a level of about a micrometre. We are all composed of billions and billions of cells which range in size from a micrometre to tens of micrometres; for example, a red blood cell typically has a diameter of seven micrometres. An understanding of these small scales is essential to comprehending the various phenomena found in living systems.

A study of the speed of chemical reactions, or of how things vary with time, is also fundamental for the study of living systems. The primary events of the process of vision involve reactions that occur in tens of picoseconds, which is all together difficult to comprehend on the usual scale of human reflexes. However, it is by investigating the picosecond domain that we can begin to understand the world around us. In the unwinding of the double helix strands of DNA, the dynamics takes microseconds, whereas the dynamics of proteins may take much longer, of order, a second – a difference of a million fold. To have a coherent picture of living systems, we must learn to manipulate all these events. Of course, the gestation of living organisms takes time; for example, the simple bacterium reproduces in about 30 minutes. However, considering the time life has been evolving on this planet, one has the time for such studies.

For the moment, I wish to consider measurements made at the dimensions of genes, which I mentioned earlier, and which will allow me to remind you of the extraordinary diversity of ranges of size which such measurements involve. There are the very smallest viruses; organisms that are not truly living but which survive and sometimes have a deleterious effect on the survival of cells. For example, a virus like SV40 or the Polio virus are barely a micrometer in length and contain only 5000 nucleic acid base pairs. From this scale one passes to the scale of a bacterium, such as *Escherichia coli*, where the strand of nucleic acid is, of order, a millimetre in length; a molecule of nucleic acid which can code the production of a number of protein molecules, of order, 3000 to 5000 per bacterium. In man, we each have billions upon billions of cells, each containing a strand of nucleic acid (DNA) which is upwards of a metre in length, and which allows us to generate hundreds of thousands of different protein. Interestingly, man contains about 30 000 different genes, which is only ten times more than the microbe.

An understanding of these different levels of complexity is fundamental, because it is here that the quantitative mixes with the qualitative; that is to say, that at a first glance these are single chemical entities, but they also contain an efficient mechanism of transcription and other parts which are there to regulate the ensemble. There are different scales of quantitative complexity, which have not yet been fully explored and which we now know to be essential in fully understanding the relationship between the qualitative and the quantitative. That is to say that beyond the genes, that code for proteins, which have a well-understood structure with few variants, there are modifications possible through single nucleotide polymorphisms; that is, variations in the structures which regulate the function of the genes. Thus, everything in life happens over a range of differing scale. At a simplistic level, we can talk of life and death, but there exists a huge range of fine structure in functionality. At a variety of levels of scale there are different, but linked functionalities which are not only linked in the scale over which the function operates but also the degree to which it operates.

I am particularly impressed by the international efforts to create, through an international arrangement which is referred to as the Mutual Recognition Arrangement of the CIPM (CIPM MRA), a validated list of reference materials and procedures of measurement, particularly for medical laboratories, and the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) demonstrating that the BIPM is the main actor in questions of the traceability of measurements. In this context, the word traceability has become widely used in both the technical and general press, and figures in the thoughts and worries of the general public; it is particularly important in relation to the quality of foodstuffs and medications where it plays a large part in all aspects of human health, and also in questions of terrorism and criminality. I congratulate Joseph Thijssen, Willie May and Terry Quinn for having set up this committee, which has already met three times this year and established a list of hundreds of materials and about a hundred methods of

reference measurements. This is all together a remarkable achievement, one that is not only important from the point of view of technology but also from an ethical viewpoint.

It is with this consideration that I wish to conclude this short introduction. With the extraordinary progress of modern science in the fields of matter, in the understanding of the phenomena of energy and in the control of the difficult, which all rest on the idea of human society. Measurements are essential; they assist in our understanding. As we have seen, there must always be ever greater degrees of precision. There must also be rapidity of execution, which is particularly essential when it involves the wider community such as those involved in justice, politics and medicine. One must have an idea of the importance of the spirit of community of the scientific enterprise. It is this that I sensed when I read the papers relating to the work of this General Conference. You are not simply applying methodologies but are also innovating and honing new technology, evaluating such advances with judgement and responsibility, which is fundamental. I thank you for demonstrating that the close relationship between the countries and between the scientific disciplines make of your work a humanistic activity.

I thank you."

Professor Baulieu then announced that, due to other commitments, he was obliged to leave the Conference, and Prof. Christian Bordé, a physicist, corresponding member of the French Academy of Sciences and scientific advisor to the Bureau National de Métrologie, would replace him for the remainder of the meeting.

Professor Christian Bordé then gave the following address:

"It is a great pleasure for me to meet you again after these four years, which I hope have been happy and productive for all of you. It has been a time when I have been thinking a lot about the International System of Units (SI) and I would like to share with you some ideas that have come out of this reflection. We know that the SI is not fixed, but necessarily evolves with our increasing understanding of the physical world and rapid progress in technology. It is our duty to guide and work with this evolution so that it moves in the right direction: that of a greater coherence and a greater universality, to make the SI benefit from the richness of today's science.

An important step was taken in 1983 when we linked the metre to the second by fixing the fundamental constant the speed of light c. We should now look to see whether this step can and should be followed with other fundamental constants, such as the Planck constant h, the Boltzmann constant k_B, and the mass of the electron m_e.

I will mention two examples:

- At the quantum level, the quantity mass is indissolubly linked to the Planck constant. All of the equations of quantum mechanics bring in mass only in the ratio h/m_e. How can we translate this link to the macroscopic level? The watt balance gives a very elegant solution to this question, in giving us a method, absolutely ideal and well adapted, of linking the de Broglie wavelength, and therefore the ratio h/m_e for a macroscopic mass such as a kilogram standard, uniquely by measurements of frequency. Should we redefine the unit of mass by fixing the Planck constant? In a few years there will be a crucial choice to be made for the future of the SI and perhaps a unique opportunity to go in the right direction.

- In the same way, we can today measure the Boltzmann constant k_B, or rather k_B/h, by means of a frequency measurement, the measurements of the Doppler width, and perhaps in due course we may imagine the redefinition of the unit of temperature by fixing the Boltzmann constant.

One can see that the majority of the base units at present, like the metre, could be attached to the second. The definition of the second itself could perhaps evolve in the future, taking into account of the developments of optical clocks and femtosecond lasers; for example, using the spectrum of hydrogen.

At the dynamic level it is necessary that the system of units should integrate the consequences of the unified vision of fundamental interactions that comes from the standard model of physics. This standard model treats fundamental interactions as gauge fields coupled to matter by a set of fundamental constants without dimension. For example, we know that all of electromagnetism is described by a single fundamental coupling constant without dimension, the fine-structure constant α. At the microscopic level this vision is now very well established. How can we transfer this to the macroscopic level?

In general, we are seeing the emergence of a quantum metrology. For example, in electricity with the Josephson effect, the quantum Hall effect and the electron tunnelling effect of an electron; or in the domain of atomic physics with the use of cold atoms in atom interferometry. This quantum metrology allows the linking of the microscopic to the macroscopic world. We must close the metrological triangle at a level of accuracy sufficient to give us full confidence in the accuracy of these measurements. We should also pursue the determination of the fine structure constant by atomic interferometry.

These are marvellous tools that we have been offered, and it is our historic responsibility to use them well. Of course, it is also necessary to better understand these fundamental constants, their origin, and their possible variations in space and time.

The present SI is just one step towards a more unified, more coherent system. With all the prudence that is necessary, it is up to us to pursue this effort to find the right direction that will also assure the continuity and renewal of our system of units, while at the same time maintaining traceability and continuing to listen to the needs of society.

We have set up a working group at the French Academy of Sciences that is studying this question in close cooperation with the BIPM. I would imagine that this sort of work is being carried out in a number of countries, and the BIPM will of course be the crossroads and perhaps the focal point of all these thoughts.

As a particularly successful example of the spreading of the scientific word, the BIPM organized in July this year a summer school at which I had the great pleasure of participating. It had some eighty students from National Metrology Institutes from twenty-two countries, and it was a great success in terms of scientific communication as well as human contact. This was an occasion where we were all able to understand how much the BIPM is important in its role of driving and coordinating metrological science at the world level.

This is only possible if the BIPM has among its staff people at the highest level, and to attract such people at this level we all know it is necessary to have an experimental laboratory activity which is also of the highest level. We should therefore be very careful this week to maintain this critical mass, which itself is the only way of giving scientific credibility to the BIPM.

Finally, on the occasion of the reports of the Presidents of the Consultative Committees, I would like us to take up some of these points concerning the possible evolution and definitions of the base units as I have mentioned here very briefly."

5 Presentation of credentials by delegates

The Convocation required that details of the composition of each delegation be sent to the BIPM at least two weeks before the opening of the Conference. On arrival, delegates were required to present their credentials from their Government.

6 Nomination of the Secretary of the Conference

Professor Bordé, the new President of the Conference, proposed Dr R. Kaarls, Secretary of the CIPM, as Secretary of the Conference; this proposal was adopted.

7 Establishment of the list of delegates entitled to vote

The Secretary, having examined the credentials of the delegates, proceeded to the establishment of a list, by Member State, of those delegates eligible to vote on behalf of their Government. The list, in alphabetical order, was as follows:

Argentina	J. Valdés
Australia	B. Inglis
Austria	R. Dittler
Brazil	J.A. Herz da Jornada
Bulgaria	A. Todorova
Canada	J. Lusztyk
Chile	R. Nuñez Brantes
China	WANG Qinping
Czech Republic	A. Šafařik-Pštrosz
Denmark	K. Carneiro
Egypt	S.Z. Zahwi
Finland	T. Hirvi
France	L. Érard
Germany	E.O. Göbel
Hungary	P. Pákay
India	V. Kumar

Ireland	J. Kane
Israel	G. Deitch
Italy	P. Vigo
Japan	A. Ono
Korea (Republic of)	LEE Sekyung
Malaysia	A.R.Z. Abidin
Mexico	H. Nava-Jaimes
Netherlands	E.W.B. de Leer
New Zealand	K. Jones
Norway	H. Kildal
Poland	B. Lisowska
Portugal	C. Nieto de Castro
Romania	F. Iacobescu
Russian Federation	L.K. Issaev
Serbia and Montenegro	D. Milošević
Singapore	V. Tan
Slovakia	D. Podhorský
South Africa	T. Demana
Spain	Á. García San Román
Sweden	H. Andersson
Switzerland	W. Schwitz
Thailand	P. Totarong
Turkey	A. Şahin
United Kingdom	D. Walker
United States	A. Bement

Of the fifty-one Member States of the Metre Convention, forty-one were represented. In addition, Dr Kaarls welcomed the representatives of eight Associates of the CGPM: Belarus, Chinese Taipei, Hong Kong (China), Kenya, Latvia, Lithuania, Slovenia, and the Ukraine.

8 Approval of the agenda

The agenda printed in the Convocation (see page 389) was approved, with a slight modification of the order: Item 15 on the "Programme of work of the BIPM" was moved forward in the programme, to be addressed during the afternoon session of the first day of the Conference.

The President then asked Prof. Kovalevsky to present his report.

9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 21st General Conference (October 1999 – September 2003)

Professor Kovalevsky, President of the CIPM, presented the following report:

"In conformity with Article 7 of the Rules annexed to the Metre Convention, it is my pleasure as President of the CIPM to report on the work accomplished since the 21st General Conference held in October 1999.

Let me first welcome Greece and Malaysia, which have joined the Metre Convention since the last CGPM as new Member States, as well as Serbia and Montenegro (the former Yugoslavia), which was reintegrated into the Convention. Let me also welcome the first fifteen countries and economies that have taken advantage of the new Associate status of the CGPM agreed by the 1999 CGPM. These are Belarus, Chinese Taipei, Cuba, Ecuador, Hong Kong (China), Jamaica, Kenya, Latvia, Lithuania, Malta, Panama, the Philippines, Slovenia, Ukraine and Viet Nam.

9.1 Introduction

The Metre Convention is among the oldest intergovernmental conventions, but its work continues to make a very substantial impact on many aspects of business, science, and economic and social life. No one questions the fundamental objectives of the Convention. Indeed, as shown later in my report, there is strong international encouragement to extend its activities and influence still further. This places great strains on the BIPM, the CIPM and its Consultative and Joint Committees and, again as pointed out later, these pressures have led the CIPM to make decisions on priorities that should be set for the future. This has not been a painless task. I am however convinced that, with the support of the General Conference, we will be able to agree on a clear direction for the next few years and that the future of the Convention is a sound and challenging one.

Before I move into the detail of my report of activities over the last four years, there is one notable event that took place in 2000 and which I believe we ought to comment on at the beginning of this Conference. This was the 125th anniversary of the signing of the Convention. To mark the occasion, a special conference was organized in cooperation with the French Academy of Sciences, and we were pleased to welcome the directors of many National Metrology Institutes, past colleagues who had played an important part in the development of the Convention, and many others with an interest in metrology. The conference included a number of technical presentations, among them five from Nobel prizewinners. It was a fascinating day and we reviewed the many contributions that the Convention and metrology have made to science, to commerce, and to society. It is impossible to comment on all the presentations but I thought that I might mention just one remark from Prof. Steve Chu. Metrology can sometimes be portrayed – unfairly, as we all know – as the pursuit of ever more accurate measurements. Sometimes this is needed for commercial reasons but, scientifically, metrology is always at the forefront of understanding. "In my experience," said Prof. Chu, "accurate measurement is at the heart of physics, and new physics starts at the next decimal place." A glance at the list of Nobel laureates over the last fifty years or more confirms this: metrology is often among the earliest applications of work that is eventually recognized through Nobel prizes. This is testimony to our scientific efforts in which we take pleasure and pride, but

we must never forget that metrology also serves society, industry, international trade and the international economy. Indeed, these are probably the main motivations today for membership of the Convention. This, you will find, is a reoccurring theme in my report to you.

I intend first to comment on the progress made on some of the key Resolutions that were passed at the last General Conference. I shall then report on the great success of the CIPM MRA that was signed at the time of the last Conference, and then draw your attention to some of the more significant achievements in the work of the CIPM, the Consultative Committees and the BIPM. In some areas, my report will be relatively brief as the topics are considered in greater depth within other agenda items.

9.2 Progress on Resolutions since the last General Conference

Let me begin with a general survey of progress on some of the key Resolutions from the last General Conference.

Resolution 1 of the 21st CGPM welcomed the CIPM report, written by Dr W.R. Blevin, then Secretary to the CIPM, and entitled *National and international needs relating to metrology: International collaborations and the role of the BIPM*. This seminal report set the scene, and the priorities, for the work of the CIPM and the BIPM over the past four years. In addition, it proved to be a valuable and farsighted review of the issues with which metrology needed to deal. It was widely used by NMIs and governments as a blueprint for the pattern of work of NMIs and national metrology programmes.

In particular, it highlighted the explosion – if I may use that word – of metrology in chemistry. At that time, the BIPM had hardly begun to develop its activities in chemistry although the Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM), as it was then called, had been created in 1993 and had begun its work. Similarly, many NMIs had only just begun to develop chemical metrology as a major topic. Many of them started to create alliances with other suitable national laboratories in the field of chemistry in order to address the metrological issues outlined in the "Blevin's Report" and recommended by 1999 CGPM Resolution 10.

This report also drew attention to several other topics that are also now part and parcel of our day-to-day concerns as metrologists. Presciently, on the technical side, the report highlighted nanotechnology, the environment, software and acoustics. It also pointed to the need for the BIPM and the CIPM to develop international collaborations and partnership with organizations that are involved in precise measurements in order to achieve its objectives more effectively. Since then, Memoranda of Understanding (MoUs) have been drawn up with the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Meteorological Organization (WMO) and the World Health Organization (WHO). The CIPM is looking forward to establishing similar arrangements with other international organizations. Draft Resolution A, presented for your consideration, deals with these initiatives.

However, in the last four years, the evolution and the extension of needs in metrology have increased even faster than predicted by the report. This is particularly true in the fields of application to social and economic needs in medicine, environment, safety and food. This led the CIPM to commission a similar report entitled *Evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM* in the run-up to this General Conference. I have to resist the temptation to go into detail about the latest report, which was drafted for the CIPM by its Secretary, Dr Robert Kaarls, as it is a substantial agenda Item itself. I simply want to say that not only does it highlight new needs for metrology but it also identifies changes in the way that the

Metre Convention operates and in its relationships with other international and inter-governmental organizations. Furthermore it comments on the way in which the role of the BIPM is changing to meet the new challenge. You will have the opportunity to discuss this important piece of work later in the Conference.

However, it is clear that this report will not be the last. The next years will obviously bring new developments and unexpected events are sure to occur. For these reasons, drafting such documents must be a continuous task, as is the consequent need to update the activities of the BIPM. Draft Resolution E invites the CIPM to pursue its efforts in this direction.

The BIPM has also increased its close liaison with the NMIs, and meetings of NMI directors have been a regular and, we hear, a much-valued part of the international metrology scene. They bring together the actors of the Metre Convention and have themselves stimulated additional networks and collaborations among NMIs. Indeed, deeper regional collaborations and mutual dependencies as well as strategic development plans have featured strongly in the minds of NMI directors and the regional metrology organizations (RMOs) over the last few years. This clearly helps NMIs to work together in order to address new needs while still being able to meet their national responsibility for the provision of a national measurement system. Directors' Meetings have additionally proved to be an invaluable sounding board and discussion forum for the BIPM itself and we have received much good advice and many strategic steers from these meetings.

Resolution 3 of the 21st CGPM in 1999 on Associates of the General Conference of Weights and Measures also pointed to the need to extend the benefits of the CIPM MRA to more States and Economies. This is a topic of debate and a corresponding Resolution at this Conference. I am pleased to report that various initiatives to promote the value of membership of the Metre Convention and Associate status have resulted in an increase in membership. At the time of the last CGPM there were forty-eight Member States. There are now fifty-one Members and fifteen Associates, with several new applications for Associate status in the pipeline. In addition, there are also indications from groups of countries that they are interested in "group membership" under the Associate status. I draw your attention to the fact that this growth is at a time when proposals to governments about membership and financial contributions to international bodies are scrutinized very carefully indeed. Hard questions are asked about value for money and the necessity of such memberships. Our growth is, therefore, testimony to the way in which the Metre Convention still meets a real need in today's world.

I am also delighted to see that a similar growth in membership has taken place in the regional metrology organizations. This has been particularly evident in the Asia Pacific and African RMOs as well as in the Americas. But the RMO initiatives – and especially those that support and encourage smaller or newer metrologically active countries and economies – serve to unite and to share best metrological practice among members. This mutual support is invaluable and is often carried out with financial help from regional economic bodies as well as those NMIs that have development and international collaboration programmes. We have seen clear evidence that countries which, as recently as ten years ago, had little or no metrology are now playing a significant role regionally and, in many cases, internationally. Many are attending this Conference and we hope to see many more join the activities of the CGPM as well as the Convention as they grow in confidence, competence and metrological maturity. These developments also serve to show that metrology is not just for the top-level NMIs, and that the Convention has a role to play in supporting countries' needs whatever the level of measurement uncertainty that meets the needs of their economies and their societies. In this respect, the BIPM and several other international organizations are working together with a view to the formal creation of a "Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in

Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS)". This Committee is still at the preliminary organizational stage. It will be discussed later, as it is the object of Draft Resolutions C and D.

The last General Conference passed a number of Resolutions relating to scientific and technical matters. These are all being pursued actively in NMIs and in the work of the Consultative Committees. For example, Resolution 4 addressed the need to place Earth resources, environmental and human well-being measurements on a sound, SI-traceable footing. While we have made significant progress on medical measurements we have had, somewhat disappointingly, less success with certain parts of the space and atmospheric studies communities. However, the recent initiatives between the BIPM and the WMO – while heavily resource-intensive from the BIPM side – are well placed to pursue this issue more vigorously and I hope that progress will indeed be made on this important issue.

9.3 The CIPM Mutual Recognition Arrangement

The implementation of the *Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by National Metrology Institutes* established by the CIPM (in short, the CIPM MRA) is expected by many to be the most far-reaching metrological development since the Metre Convention itself.

I believe that this is for three reasons. First, because it places metrology at the heart of fair trade and demonstrates its essential role in helping to provide objective evidence of compliance with international specification standards. Second, it has developed much greater levels of confidence in the world measurement system, especially through key comparisons. Finally, the economic and financial benefits are considerable. In order to provide some basis for this assertion, we asked independent analysts to assess the economic benefits of the MRA at an international level. The resulting report, *Potential Economic Impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement*, shows that, even taking the relatively limited impact on NMIs from the establishment of multilateral equivalence, the total annual saving to all NMIs is about 85 million euros.

We began the MRA initiative with the belief that it would be important and with the knowledge that all of us would be committing substantial resources to make it work effectively. The level of resource commitment may have been larger than we estimated but we did not underestimate the value and significance of the results. On the technical side, there are now more than 15 000 reviewed and reliable calibration and measurement capabilities (CMCs) on the BIPM key comparison database (KCDB). There have been over 300 CIPM and more than 120 RMO key comparisons, together with many more related regional comparisons. We have learned a great deal and many participants – large and experienced as well as small and new – have, for the first time perhaps, entered into key comparisons and found out that they sometimes had unsuspected errors in their realizations of the International System of Units, SI. Generally these differences were more of metrological interest than of significance in the marketplace, but this has not always been the case and it has been a valuable experience for all concerned. The transition period may be drawing to a close but it is clear that the processes that have been set up to launch the CIPM MRA will have to be maintained and continued. For example, NMIs will wish to see their KCDB entries revised as they improve their measurement capabilities. In addition, there will, of course, be the continuing need for key comparisons at some appropriate repetition interval to ensure the long-term credibility of the CIPM MRA.

One important issue that has emerged during the discussions on the CIPM MRA has been that of traceability and equivalence. In some cases there has been some confusion between the terms and a number of bodies have looked to us for clarification. Our position is that traceability is the familiar "unbroken chain of calibrations" to the units and quantities of the SI as realized at NMIs or similar organizations. The important point is that the concept of traceability to any named organization is metrologically meaningless. We know however that some bodies – usually NMIs – are mentioned in legislation or regulations and, of course, these bodies have a responsibility to realize and maintain the SI units and quantities in their particular country. I believe that our reformulation of the traceability concept is a helpful interpretation of the issue and that it should help to remove what some may regard as a technical barrier to trade. So, for the purpose of meeting existing legislative and regulatory requirements in cases where a calibration is requested by a company in another country, the company has to do two things. First, it has to demonstrate that any calibration is traceable to the SI as realized in the country where calibrations were made. Second, it then has to rely on the CIPM MRA for evidence of the equivalence that the SI realization in that country is equivalent to the SI realization in the country of that company. It is my understanding that the NMIs in question share a similar broad interpretation of the process and the Conference may wish to discuss this issue during the week.

We have created the framework for enhanced confidence in the world metrology system and the NMIs have now done the majority of the initial technical work. The next step is to work with the accreditors, the legislators and the regulators to encourage them to use the results. We have made a start and have seen some encouraging signs of progress – real indicators of success for the CIPM MRA. Let me give just four examples:

- First, we have signed a MoU with the ILAC and set up a joint working party to make recommendations on how we can work more closely together and strengthen the connections between our two MRAs. For the first time, we now have a way in which we can provide evidence of the equivalence of the national standards to which accredited laboratories trace their own measurements.
- Second, international trade negotiators see the MRA as crucial to the underpinning of trade between the United States and Europe. As a result, the EU/US trade agreement drawn up in 2000 – only a year after the signing of the MRA – cites the CIPM MRA as providing objective evidence of the equivalence of standards as well as recognition of the measurement capabilities of NMIs that are signatories to the MRA.
- Third, the European Union has launched a project – REGMET – which helps regulators to use the MRA as evidence of equivalent measurements. This is a huge step forward and I am pleased to see that colleagues in EUROMET have established collaborations with the APMP and the SIM in order to draw in the regulators from their regions. Regulator support is critical to the impact and success of the MRA, and I also welcome the hard work of colleagues from the National Institute of Standards and Technology (NIST, United States) to raise awareness of the MRA with US regulators. All this is a huge service to world trade and will reduce transaction costs and help to reduce the technical barriers to trade that are targeted by the World Trade Organization (WTO).
- Finally, we have signed an MoU with the World Health Organization (WHO) and can offer a sound, internationally robust and proven framework that the organization can use to help meet its own objectives for accurate and traceable measurement in medicine. The CIPM MRA allows the WHO to do this in a way that helps to ensure that measurements are accepted and are reproducible worldwide.

As one of the major aims of the MRA was to help to reduce technical barriers to trade, our consultants asked a number of questions about how metrology impacted on the costs of trade. Surprisingly, no robust estimates of this existed and we learned from the assessment that, even at a very conservative estimate, the MRA should have a direct impact on trade worth over 4 000 million euros. In addition, the MRA is a tool in reducing the technical barriers to trade by avoiding multiple, and not necessarily consistent, metrological controls of goods.

In view of this major involvement of the CIPM MRA in international trade, it appeared important that the Metre Convention should be accepted as an observer on the WTO Committee on Technical Barriers to Trade. Despite several applications, we have not yet succeeded. Draft Resolution B requests the help of Member States to obtain this status.

We are quite confident that the decision to proceed with the MRA was the correct one. As we are aware that NMIs are investing a great deal of time and resources in key comparisons, Quality Systems and the analysis of comparison results; we are working hard, in collaboration with the NMIs, to raise awareness of the MRA and of the benefits of participation. This is especially important in the world of regulation, legislation and accreditation and we hope to do more in years to come. Draft Resolution F calls for a general adoption of the CIPM MRA as a framework for international acceptance of calibration and measurement certificates. This is especially important in view of the extension of metrology into new fields. Draft Resolution G invites the inclusion of new designated laboratories in the MRA list to fill the domains not covered by the NMIs.

In the context of the MRA, I can also report that the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) has met regularly and has, I believe, become an extremely useful body. In early days it naturally enough focused on some of the problems that inevitably emerge when a complex arrangement like the MRA is implemented. These problems were steadily solved and the JCRB issued regular guidance notes and papers that amplified and explained the details of the MRA and how it was to be interpreted among signatories. One early success for the JCRB was the work it did on the minimum criteria that NMI Quality Systems would have to meet to fulfil the requirements of the MRA. This was a useful process and led to provisional agreement on best practice and the need for RMO chairpersons to report to the JCRB that individual NMIs and designated institutes had presented details of their system to RMO members and that the systems met the agreed criteria.

We are now approaching the end of the transition period and many of the early technical issues have been resolved. The JCRB is therefore turning its attention to a range of issues of general interest to RMOs and NMIs. Among these is the MoU that BIPM has established with the ILAC and the JCRB has set up a joint working party with ILAC to address common issues. The JCRB also discussed more strategic matters. Recent meetings have, for example, dealt with the Metre Convention's efforts to promote the benefits of membership to developing countries. It has also discussed the strategies adopted by NMIs within regions and which are leading to mutual dependence and the selective provision of calibration and other services. The JCRB currently meets twice a year – once at the BIPM and once within an RMO. We welcome this as it brings the BIPM into greater day-to-day contact with NMIs and allows us to learn in detail about the needs of members. In this connection, BIPM staff are regular attendees at RMO technical committee meetings. This gives us valuable knowledge about the implementation of the MRA and any problems that are encountered "on the ground". It also means that the BIPM is better informed about technical programmes in the RMOs and, therefore, how we can decide on research programmes and other technical activities at the BIPM that fill gaps in the field and meet the real needs of NMIs. I am pleased to report that the RMOs are growing in strength and

effectiveness – they have launched initiatives to increase their membership and they make a real impact on economic and technical infrastructures worldwide. It is now almost impossible to see how the Convention could meet and address its responsibilities without a strong RMO network.

9.4 The Consultative Committees

I now turn to the work of the Consultative Committees. In many ways these are the Metre Convention in action. All are lively and all develop a style and personality that best meet the requirements of their field. Demands and requests for membership and observer status are growing and the CIPM regularly reviews the membership as well as the criteria for membership. There have been twenty-seven full Consultative Committee meetings since January 1999, compared with nineteen in the previous four-year period. In addition, Committees are helped by specialized working groups, and in recent years new ones were created in technical areas such as viscosity, hardness and gravimetry, as well as several in various domains of chemistry, while other working groups deal with the analysis of key comparison results.

This is essential work but it is putting an increasing demand on BIPM resources. The problem is exacerbated because of the continued, but essential, expansion of the Metre Convention into new areas. In some cases, chairs or secretariats of Committees can be, and are being, shared with NMIs and we are already finding new ways of dealing with the problem. However, as will be seen later in the agenda when the Conference discusses the future work and programme of the BIPM, we cannot expect NMIs to come to our rescue on every occasion that a new activity is proposed. The issue of balance between the BIPM as a technical and as an administrative organization is also always uppermost in our minds and there is no doubt that we would be less effective if the BIPM were to become entirely an office-based body. Of course, the BIPM provides secretariat expertise to all the Consultative Committees but does not always maintain a laboratory-based activity at Sèvres. Acoustics, force and radiofrequency measurement provide just three examples. However, the BIPM manages to sustain its high level of technical support because of the general metrology skills it maintains, as well as the considerable experience it has in the technical and other issues that arise in international metrology. We may return to this later in our discussions.

I would like to mention a few highlights of the Consultative Committee work. These will be brief as you have more extensive reports in the regular communications from the BIPM. You will also have an opportunity to hear the Presidents of Consultative Committees present reports on the results and the importance of their work later in the Conference.

The **Consultative Committee for Length (CCL)** met in 2001 and 2003. One of its main preoccupations is the practical realization of the definition of the metre and a new edition was published under the auspices of *Metrologia* and placed on the BIPM website earlier this year. This remains a useful document but we are conscious that there are new developments in optical frequency standards and that the user community is interested in the most up-to-date values for optical frequencies from trapped atoms and ions. This interest is stimulated by the development of femtosecond “comb” systems that now allow absolute frequency measurements, related to the microwave frequency standard, of optical sources. These developments demand a regular dialogue between the “length” and the “frequency” community. In fact a joint meeting of the CCL and the CCTF will have discussed such matters in September this year. The CCL also organized a highly successful workshop on the practical issues associated with new comb technology that was attended by over fifty people from twenty-five NMIs. The aim of the

workshop was to give an opportunity for NMIs that were considering entering this field to discuss practical issues with those that already have combs. The BIPM is well placed to organize such events and we are pleased to have feedback that indicates that they fill a valuable need among the NMI community. The CIPM, through Draft Resolution H, requests the CGPM to approve this policy.

The CCL's main dimensional measurement work is carried out in its Working Group on Dimensional Metrology. This group has been concerned with a number of key comparison results and with the issue of how best to link RMO and CIPM key comparisons. The group also has an active discussion group on nanotechnology that has been encouraged to look closely at whether there are any specific international needs that could require coordination or action by the CCL.

The **Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM)** met in 2002. In addition to considering the results of key comparisons, the CCM has a lively and important set of permanent and *ad hoc* working groups. Those on hardness, flow, and viscosity deal with industrially important quantities and all are evaluating how best to deal with their areas of responsibility. The CCM Working Group on Density has published a very useful review of the density of water that resulted in a new density table published in *Metrologia* in 2001.

The CCM Working Group on Gravimetry was established under the auspices of the CCM in order to organize and discuss the periodic comparisons of relative and absolute gravimeters, the last of which was successfully completed in 2001.

The CCM Working Group on the Avogadro Constant continues to stimulate debate and collaboration between NMIs. The target is a relative standard uncertainty of N_A of 2 parts in 10^8 in six years. The project is a collaboration between several organizations, and when the CIPM discussed the report of the Avogadro working group last year it decided to accept the CCM offer to help to coordinate this effort.

This is in itself an interesting initiative and I expect to see other proposals for coordination of major projects that require several partners. It also stimulates a few additional remarks. This element of our work is mentioned in the Convention but has reduced to some extent in recent years. However, several Consultative Committees have shown signs of reviving such an approach. This is happening in "new" areas such as the measurements of the properties of pure materials in the CCQM, as well as in more traditional areas. I welcome it and expect it to be a growing trend as NMIs become more technically selective. There are two reasons for this selectivity: first, because budgetary limitations mean that no NMI today can do everything. Collaboration is then the only real option and the BIPM can help to facilitate this process. Second, as RMO policies concerned with mutual dependence begin to be implemented, NMIs that reduce their activity in certain areas will want to maintain their technical competence by relying on others. While these moves are inevitable in today's climate, and are probably to be welcomed, there are dangers. The General Conference, supported by the CIPM, must, I believe, keep an eye out for situations in which the totality of NMI activity becomes sub-critical in any one field, especially if this threatens the integrity of the world measurement system. We also need to ensure sufficient long-term research into new measurement techniques, especially if they are likely to result in new determinations or realizations of SI units and quantities. The BIPM can help to identify such long-term or worldwide trends as well as specific requirements for metrology in what are often referred to as "metrology roadmaps".

I return to the work of the Consultative Committees with a few remarks on the **Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF)**. At the last General Conference I drew your attention to the CCTF's interest in new optical frequency standards, many of which challenge the performance of the best caesium atomic clock techniques that realize the SI second. One of the major problems reported to you in 1999 was that conventional time-transfer systems were showing limitations in their ability to compare caesium fountain clocks as well as optical trapped ion or atom sources. To some extent, femtosecond laser-based frequency combs may have come to our rescue at the high-accuracy, high-frequency end of the scale but the CCTF is still concerned to ensure that improvements are made in two-way, satellite-based, time and frequency transfer. Indeed a highly successful workshop was held on this topic in 2001 and a more recent meeting in May 2003 discussed the current situation. This is an important area of CCTF work and is an excellent example of the way in which the BIPM works to help improve the effectiveness of the work of individual NMIs.

A major improvement in the calculation of International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC) has also been made through the initiative of the CCTF and the BIPM Time section. Proposals for careful analysis of the weighting of individual clocks as well as attention to the algorithms used to calculate TAI were discussed at a workshop held in 2002. At this, the BIPM was able to report a number of improvements in the TAI service, the most notable being a faster turnaround in the production of *Circular T*. This is important, of course, for individual NMIs as it helps them steer their national time scales more effectively. However, it is also increasingly important to the international navigation community as was clear from collaborations we have had with the projected European high-accuracy Galileo system for global positioning. The Galileo consortium was asking for much earlier access than we had generally made available to any differences in its time scale and the world mean. We have now responded and can now provide them, and others, with this service. As part of this collaboration, we are also negotiating a contribution from the Galileo time scale to TAI. Other improvements in the accuracy of TAI will come from contributions from more caesium atomic fountain clocks, and we look forward to receiving time scale contributions from more NMIs in the next few years as the systems that they have under construction come on line with regular data.

I should also mention current thinking on the future redefinitions of UTC. In addition to the *status quo*, several possibilities exist for its replacement and the future of the current leap second system is under discussion. The leap second, while often of fascination to journalists and the media, is increasingly an expensive nuisance to global positioning systems as well as to other computer-based timing systems that have to update their scales if a leap second is inserted. One possibility is to let TAI and UTC diverge, and only to realign them when the difference becomes of practical significance to the ordinary person. This matter is, of course, not simply one for the CCTF, and we shall continue to work with the International Telecommunication Union and other interest groups on this issue.

The **Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM)** has seen no diminution in the importance and need for work on electrical quantities. CCEM delegates report that NMIs are continuing to expand the range and accuracy of electrical services required by their customers. This has meant that the CCEM continues to deal with a wide range of electrical issues as well as key comparisons under the CIPM and RMO management. Like the CCL, it has devised a satisfactory way of linking these comparisons when there is no common use of a reference standard. But it is also mindful of the load on NMIs in this active area of metrology and has thus sought to limit the number of key comparisons. It has also reorganized the work of its radiofrequency and low-frequency working groups.

The CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram continues to review the progress of major projects on watt balances. However the group feels that some further progress is still needed before beginning to monitor the kilogram artefact at better than 1 part in 10^8.

The CCEM has also discussed the need for an improved calculable capacitor and a collaborative project between the BIPM and the NML CSIRO in Australia is currently at the planning stage. This will help to create a link between the electrical and mechanical units and improve confidence in the robustness of the SI.

As I am sure the President of CCEM will remind us later, the CCEM has set up a Working Group on ac Measurements of the Quantized Hall Resistance. This group has studied the frequency dependence effects in existing sample devices, identified a number of modifications to chip design, and set up a project to see if these results are reproducible in different NMIs. It is a good example of the worldwide collaboration that can be stimulated by the Consultative Committees.

The CCEM keeps an eye on developments in current measurements, especially single electron tunnelling. This work is making interesting progress but there is still some way to go, as well as a number of practical problems to be overcome, before the technique performs at levels of accuracy that are of interest. In passing, I should note that this area is again one that benefits from collaboration and the sharing of tasks at the international level.

Finally, the CCEM has revised the very popular and useful Guidelines to Reliable Measurements of the Quantized Hall Resistance.

After a four-year break, the **Consultative Committee for Thermometry (CCT)** met in 2000, 2001 and 2003. The Committee has agreed guidelines for key comparisons and is expanding its work in low-temperature scales, humidity and thermophysical properties. As far as key comparisons are concerned, the CCT has debated, and successfully resolved, significant differences in the results of several NMIs. In low-temperature measurement, the CIPM accepted a CCT recommendation on the use of a provisional scale below 0.65 K. The CCT is also looking hard at the current performance and limitations of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) and the techniques such as gas thermometry used to make temperature-related measurements. One immediate outcome of this work will be in the uncertainty budgets used by NMIs in their key comparisons as well as in the reviews of CMCs at RMO level.

The **Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR)** met twice since the last General Conference, holding meetings in 2001 and 2003. Its Working Group on Key Comparisons pioneered the use of “cut-off values” for the analysis of early key comparison results – a concept that was taken up by several other key comparison groups. The UV Working Group has also done a great deal of good work in bringing together the efforts of several NMIs in the ultraviolet (UV) region. Part of its original remit – that of helping to understand and resolve some of the large differences in national scales – has been completed. But the CCPR felt that as the UV was an important area with medical as well as human well-being applications, the work of the group should continue and should be extended to shorter wavelengths. It has also recognized that there are an increasing number of users of synchrotron radiation in the UV.

In scientific metrology recent developments of cryogenic radiometers have made it possible to cover a far wider range than before and the CCPR continues to see a trend towards greater use of cryogenic radiometers in many NMIs. It has noted growing confidence in the potential of a detector-based scale for radiometric measurements.

The CCPR also began to take an interest in many of the new industrial requirements that were changing the pattern of work at some NMIs and so has developed what has come to be called "measurement of appearance". The Committee will continue to operate in this area as well as other "downstream" or market-related quantities and measurements of industrial and commercial interest.

The CCPR has also dealt with high-temperature eutectic techniques of relating temperature and radiometric measurements as some interesting developments are expected to take place in this field over the next few years.

The **Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI)** manages a very large number of key comparisons. In many cases, the BIPM is also the pilot laboratory because of the unique nature of the facilities and reference standards maintained at Sèvres. It has established a number of additional collaborations with international bodies. Most of the work of the CCRI is through working groups – or Sections as they are traditionally called. Section II (Radionuclide measurements) has a particularly interesting project concerned with a review of high-efficiency detection systems. This should result in the development of a prototype ionization chamber to extend and reproduce aspects of the International Reference System (SIR) regionally and therefore help to extend the capability of smaller NMIs.

The CCRI is very concerned over restrictions on the international movement of radioactive material. In some cases, the Committee believes that these restrictions will have the, perhaps unintended, effect of hampering movement of the small calibration and verification samples that are actually needed to monitor radioactive materials worldwide. The CCQM and the CIPM support the CCRI's concerns and are proposing Draft Resolution I to the General Conference on this issue.

The newest of the CIPM Committees, the **Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV)** held its first meeting just before the last CGPM since when it has held three additional meetings in 2001 and 2002. I can report to the Conference that the Committee is working well and clearly fulfilling the need identified at, and reported to, the 1999 Conference. Perhaps understandably, the early work of the Committee centred on the identification of key comparisons and their analysis. Several have already been completed and a correspondingly large amount of activity has been established at RMO level. The CCAUV has most recently turned its attention to a review of emerging needs at NMIs. This review should help to shape the future pattern of work and priorities of the CCAUV as well as stimulate thinking about whether some of this activity should be carried out as research collaborations between the NMIs. Other Consultative Committees are also tackling similar reviews of long-term detailed scientific needs that should be of help to NMIs as they formulate their programmes. The relatively traditional areas of airborne acoustics and vibrations are well covered by CCAUV work, and this has increased confidence in the standards and in microphones used as transfer devices. The growing work in underwater and medical acoustics is proving to be a particularly interesting development, which is creating new collaborations and activities at NMIs.

It is now difficult to think of the work of the Metre Convention without chemistry, yet the **Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry (CCQM)** has only been in existence for ten years. In that time its membership has grown and now it is the largest of all the Consultative Committees. A "CCQM event" now includes many working group and ancillary meetings as well as workshops and seminars. This way of working is an exciting one, and it is clear that inclusion of chemical metrology in the work of the Metre Convention was well justified. Although the CCQM may have started out as a relatively modest activity in

analytical chemistry, gas analysis and certified reference materials; the CCQM remit now covers inorganic chemistry, surface science, organic chemistry, laboratory medicine, and bioanalysis. The subject of food is already part of the work of the Committee and a meeting is to take place in November between the BIPM/CIPM and the Codex Alimentarius Commission of the United Nations Food and Agriculture Organization and the World Health Organization. This meeting may well be the beginning of a major new activity for the Metre Convention as it seeks to translate the concepts of traceability and uncertainty from physics and engineering into chemistry and into new areas of measurement.

Not only has the CCQM changed our way of working but it has brought new concepts with which to wrestle. We are closer than before to the market, we interact strongly with regulators and legislators, and we are asked to fill gaps in the provision of lists of validated material and processes for them. This means we have to think hard, and be open minded, about the use of terminology and methods of analysis that have their basis in the mature areas of physical measurements but which do not always carry over into chemical metrology. In meeting these challenges, the CCQM has to establish close collaborations with those that have specialist knowledge and competence in these new fields. So it is perhaps no surprise that two of the Memoranda of Understanding that have been signed by the BIPM/CIPM come from the chemistry area: MoUs and exchanges of letters of understanding with the WMO and the WHO.

Finally I turn to the **Consultative Committee for Units (CCU)**. This committee is small but essential as one of its responsibilities is the revision of the brochure that deals with SI units and quantities. Interestingly, analysis of the "hits" on the BIPM website shows that the most popular section is the one devoted to the SI Brochure!

The CCU has met twice since the last Conference and is now well on the way to a final draft of the eighth edition of the Brochure. It is a painstaking and thorough task that also leads the work of the Committee into the need to consider revisions or new names for certain units and quantities. The CCU believes that when considering the case for a new name or unit, it must be confident that its proposals are likely to be taken up in the relevant community and must fill a specific user need. It therefore needs to work with other international scientific unions and to take advice from the Committee on Data for Science and Technology (CODATA) and other revisions of the fundamental constants.

The CCU is increasingly asked to consider units and measurements of quantities that are not within the current system. This is particularly true in chemistry.

One particularly important role of the CCU is to act as an independent think-tank in relation to new definitions of the base units and it has developed our understanding and appreciation of the implications and meanings of current definitions of SI units. It has, therefore, specifically contributed to thinking on the kilogram. Informal discussions also take place on the possibility and implications of redefinitions of other units on a "quantum" basis.

A topic relating to the work of the CCU concerns the symbol for the decimal marker in the SI. The tradition in BIPM publications is to use the point on the line in English language texts and the comma in French language texts. However, some international standardizing bodies specify that the comma on the line should be used in all languages. In response to this, three Draft Resolutions (K, L and M) from Australia, the United Kingdom and the United States, propose that the BIPM's procedures be adopted as best practice worldwide. These Resolutions are very similar in their wording. It is expected that representatives of these countries will work together to harmonize their versions and present a single common Draft Resolution to the CGPM.

In completing my report and review of the work of the CIPM Consultative Committees I should draw the attention of the Conference to the changing nature of their work. To begin with there is, of course, the enormous work associated with the CIPM MRA. I have already mentioned some others:

- an increase in formal relations with international organizations;
- more attention to workshops and other knowledge or technology transfer events; and
- a move towards measurement issues that may – only a few years ago – have been thought to be too industrial an activity for NMIs and the Metre Convention.

In addition, the Consultative Committees have to take note of what is agreed on Quality Systems within the RMOs and they sometimes have to make tough, often technically challenging, decisions during the process of key comparison analysis. Much of this is new to the Committees but it has been carried out well, with an openness and spirit of collaboration that bodes well for the future work of the Convention.

The workload of the Committees has increased. We can help reduce some of the burden through electronic paper provision and more rapid reporting to NMIs of the outcomes of the Consultative Committee meetings and other relevant work through e-mail and by publication of working and other papers on the BIPM website. In many cases, meetings and reports are now "paperless". This is something that I believe will aid, and simplify, the speed of communication. I hope that the Conference will support this trend as an efficient, effective, appropriate and quick way of disseminating the work of the Convention and its activities.

Some of this increased workload is, of course, because we are a victim of our own success and the influence of the CIPM MRA is being widely appreciated and welcomed in new communities. This is to be welcomed and we simply have to find ways of meeting our objectives while remaining consistent with our remit under the Metre Convention.

9.5 The CIPM

Traditionally, I also report to you on changes within the CIPM. At the last CGPM, I commented on the principles that lie behind the election of members of the CIPM. I also commented on the relatively rapid changes that have taken place in membership, and the destabilizing effect or loss of "folk memory" that this can have. I repeat the same point this year. The CIPM is an important body in a number of respects and we therefore need to attract senior and well-connected individuals as members. For example, we obviously value its scientific and technical contributions and the time that its members give to it and to the Consultative Committees. We also value the advice and guidance that it can give to the BIPM on its role in a changing metrological world and in a world of changing management styles and priorities at the NMIs. I can reassure the CGPM that the CIPM is taking all these responsibilities seriously and is working effectively. I can also report that the geographical balance of the International Committee is about right but that in looking for new members; we shall need to consider carefully how we cover the new areas of work of the Metre Convention and the BIPM. In some cases, we have dealt with this in the past through the appointment of Consultative Committee Presidents from outside the main CIPM membership. This will continue to be an option although we also need to continue our close relations with senior NMI metrologists who are active in their own countries and regions. We must keep this under review and the next President of the CIPM will, I am sure, wish to update the next General Conference on our success in this respect.

I have several changes to report. You will recall that the last CGPM confirmed the eight provisional elections made by the CIPM under Article 14 (1875) of the rules annexed to the Metre Convention. Resignations received since the last Conference were from: Dr William Blevin; Dr Katharine Gebbie; the late Dr Olli Lounasmaa; Dr Kozo Iizuka; Dr Paul Pâquet; Dr Roy VanKoughnett; and Prof. Andrew Wallard. New provisional members are: Dr Karen Brown, Deputy Director of the National Institute of Standards and Technology (NIST, United States); Dr Seton Bennett, Deputy Director and Director of International Metrology of the National Physical Laboratory (NPL, UK); Dr Franz Hengstberger, Manager of Regional and International Metrology of the National Metrology Laboratory (CSIR-NML, South Africa); Dr Barry Inglis, Director of the National Measurement Laboratory (NML CSIRO, Australia); Dr Janusz Lusztyk, Director of the Institute for National Measurement Standards (NRC-INMS, Canada); Dr Mitsuru Tanaka of the National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST); and Dr Wolfgang Schwitz of the Federal Office for Metrology and Accreditation (METAS, Switzerland). There are no outstanding vacancies on the CIPM.

As was announced at the last CGPM, Dr T.J. Quinn has reached retirement age and will leave his duties on 31 December 2003. The CIPM has reviewed the *curricula vitae* of seventeen applicants and interviewed several of them. Finally, the CIPM elected Prof. Andrew Wallard as his successor, with effect from 1 January 2004. In the meantime, Prof. Wallard has joined the BIPM as Director designate**.**

At present, the bureau of the CIPM consists, in addition to the President and the Director, of two Vice-Presidents (Prof. Giorgio Moscati and Dr Barry Inglis) and a Secretary (Dr Robert Kaarls). In addition, taking into account my wish to terminate my duties in the CIPM during 2004, Prof. Ernst Göbel has been nominated President-elect and participates in bureau meetings.

9.6 The BIPM

First of all, I wish to mention the conclusion of a twenty-year programme of construction on the Pavillon de Breteuil site. The last building, the Pavillon du Mail, was inaugurated in April 2001. The decision to construct it has proven be a far-sighted one. It provides excellent meeting and conference facilities without which we could not cope with the demands for the number, as well as the size, of Consultative Committee and Working Group meetings. It also houses the BIPM workshop that previously was in cramped and unsuitable conditions, offices and a low-vibration room for highly sensitive experiments. We are proud of this and I hope that many of you will come to see it on Wednesday, during this Conference.

At each General Conference, Member States are required to examine the work of the BIPM and its proposals for the work to be carried out in the next four years. The CGPM is then asked to vote an appropriate budget – the subject of Draft Resolution J.

The BIPM holds a special place in the work of the Metre Convention. There are two basic and interlinked tasks. The first is the essential administration of the Convention and the management of the CIPM Consultative Committees, Joint Committees, and liaison with international and intergovernmental bodies on behalf of Member States and NMIs. Secondly, there is the technical and scientific work that goes on at the BIPM which gives it credibility internationally and which allows staff to understand the issues involved in international metrology. The BIPM technical programme, which is carefully chosen to avoid duplication with NMI programmes and to maintain essential and unique facilities such as the mass artefact, the SIR comparison apparatus, the international time scale TAI, and many others. These are all good examples of the benefits to

NMIs from sharing the cost of unique facilities and capabilities. The consultants' report on the international impact of the CIPM MRA stressed the importance of the technical credibility that comes from a scientific programme at the BIPM and we have seen, from the 2002 questionnaire completed by NMI directors, that the scientific work of the BIPM is greatly valued. In order to ensure that the BIPM technical programme is up to date and that it meets the needs of Member States, however, it is important to maintain flexibility and to respond to changing priorities. This is the task of the CIPM, to which the BIPM Director and senior staff present their past achievements and future plans each year. Other inputs come, of course, from the regular contact that staff have with NMI colleagues through visits as well as through Consultative Committees, each of which has the BIPM work programme on its agenda. We welcome these inputs and while it is clearly not always possible to do everything that NMIs and Member States might want us to do, and it is not always sensible to make too rapid a change of direction, the essential priorities and orientations of the programmes are clear. As the tasks of the BIPM under the Convention have been the object of recent debate, I should like to draw your attention to the statement of the "role of the BIPM". This was discussed by NMI directors and by the CIPM and was quoted in the "Kaarls' Report". For ease of reference, I reproduce the statement in the following paragraphs:

The goal of the BIPM is worldwide uniformity of measurement.

The BIPM will achieve this goal by providing the necessary scientific and technical basis for such uniformity and by collaborating with other institutions and organizations that have related missions. Therefore, its principal tasks are:

The International System of Units (SI)

- to keep up to date and disseminate the text of the International System of Units known as the SI Brochure.

Basic scientific and technical tasks

- to conserve and disseminate the primary standard of mass, the International Prototype of the kilogram;
- to establish and disseminate International Atomic Time and, in collaboration with the International Earth Rotation Service, Coordinated Universal Time;
- to make its own realizations of other base and derived units of the SI and, if necessary, other units that are not yet possible to link to the SI;
- to participate in the development of primary methods of measurement and procedures in chemical analysis and bioanalysis and where necessary to maintain its own standards in these fields;
- to undertake research focused on the development of present and future measurement units and standards, including appropriate fundamental research, studies of the conceptual basis of primary standards and units and determination of physical constants, and to publish the results of this research.

Specific technical services delivered to NMIs

- to carry out certain international comparisons of practical realizations of certain base and derived units of the SI, as may be necessary to meet the needs of the ensemble of the NMIs;
- to provide a specialized calibration service for NMIs for selected national measurement standards whenever this is desirable and feasible;
- to provide opportunities for technology transfer during calibrations and comparisons organized by the BIPM;
- to provide facilities for the exchange of scientific staff between the BIPM and NMIs;
- to provide certain consultancy services to NMIs related to peer review of their activities.

Global coordination of metrology

- to provide support as necessary in the operation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement for national measurement standards and for calibration certificates issued by NMIs through the operation of the BIPM key comparison database, the management of the JCRB and through participation in meetings of Consultative Committees and appropriate meetings of the RMOs and through the publication of the results of key and supplementary comparisons;
- to provide the scientific and administrative Secretariat for the General Conference on Weights and Measures, the CIPM and its Consultative Committees as well as the secretariat for meetings of directors of NMIs and the various Joint Committees and to publish reports of their deliberations.

Relations with other organizations

- to enter into agreements with intergovernmental and international organizations where such agreements would help in the coordination of the work of these organizations with that of the BIPM or the CIPM and where it may stimulate corresponding coordination at the national or regional level;
- to collaborate, and where appropriate enter into agreements to establish Joint Committees with intergovernmental and international bodies having related missions;
- to act on behalf of the NMIs of Member States of the Metre Convention in representing their common interest as the occasion arises.

Information and publicity

To promote as widely as possible using all appropriate methods, the activities carried out under the Metre Convention, in particular:

- to provide through the BIPM website, a centre for information on matters related to the Metre Convention, the CIPM, its Consultative Committees, Joint Committees, the CIPM MRA, including the BIPM key comparison database, and matters related to international metrology;
- to edit and arrange for the publication of *Metrologia*, the international scientific journal of metrology;
- to ensure, with other appropriate organizations, that basic documents needed for uniformity of measurements, such as those on vocabulary in metrology (VIM) and on the expression of uncertainty in measurement (GUM), are kept up to date and widely disseminated;

- to organize workshops and summer schools for the benefit of staff from the NMIs.

Cost-effectiveness and evolving role of the BIPM

The BIPM will carry out these tasks in the most cost-effective and efficient way possible designed to achieve its goal and will continue to be ready to adapt and change its tasks as the need arises and as decided by the CIPM acting under the authority of the Member States of the Metre Convention.

Work of the BIPM

In addition to the regular reports to the CIPM and to Consultative Committees, the work of the BIPM is reported regularly to governments and to meetings of NMI directors in a variety of ways. First there is the *Director's Report on the Activity and Management of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM)*, prepared in July each year and widely distributed. Administrative and financial matters are reported to governments through the annual report to Member States, and the annual audited accounts are prepared for the CIPM. Delegates are therefore well aware of the detailed work that is carried out in support of the Convention, so all I need to do is draw your attention to a few general points. This may, however, be a little more detailed than usual because of the important decisions that the Conference needs to take on the BIPM dotation.

The BIPM has made several important changes, innovations and crucial changes of direction in the last four years. In the following, those that have an impact on the workload and cost of the organization are described.

I begin with the work needed to put the **BIPM key comparison database (KCBD)** in place. We operate the KCDB with only two staff and some help from the IT section. The KCDB site alone receives over 3000 "visits" per month – a figure that is growing rapidly. In addition to the KCDB, we are extending the services we provide through the website, which is now our principal means of communication and provision of information for Member States and NMIs. For example, the site offers metrology search engines, links to NMI websites and to relevant international organizations. In addition, all Committees now operate electronically and papers are made available through dedicated pages on the BIPM website. As a consequence, and as an example of the additional services to Committee members, the conference room in the Pavillon du Mail is equipped with state-of-the-art facilities. These allow members to access web-based papers through individual Internet connections and to connect to the projection facilities. From user surveys, we learn that these services are greatly appreciated and highly regarded.

Other BIPM **services to Member States** have also grown over the last four years. Let me give just three examples:

- The volume of BIPM publications and reports continues to grow and reflects the increased Consultative Committee and related activity. In the last year for which we have full records (2002), some 1550 pages of reports were produced: twice that for 1999, the year of the last CGPM, and 50 % more than in 2001.
- We now receive some 600 visitors a year, the majority for technical meetings. BIPM facilities are heavily used and 120 days of meetings were held in 2002, whereas there were only 90 in 2000.

- We organized, in July 2003, the BIPM metrology summer school for younger staff of NMIs that was attended by eighty students from twenty-five different countries.

In recent years many NMIs have adopted **Quality Systems**. In some cases this was to respond to the gently chiding remarks of some accreditors that NMIs should "prove they are as good as they say they are". In other cases, NMIs adopted Quality Systems as one of a number of new management methods.

The CIPM MRA of course requires a Quality System as one of the elements of compliance. The BIPM took the view that it should also introduce quality procedures and decided to begin with its measurement services. Progressively this will be extended to other aspects of work. The BIPM decided to adopt and self-declare that its system met the requirements of ISO/IEC 17025 but wished to validate this through peer review. This work is well advanced: some external visits from experts have already taken place and BIPM is on track to have its calibration services assessed by the end of 2003. A senior member of staff was transferred to take on the responsibilities of Quality Manager.

At present the BIPM has seventy permanent and short-term contract **staff.** This figure is likely to reduce over the next few years as staff retire and, because of budgetary constraints, are not replaced. We have, however, begun to resource the new activities in chemistry, and the Chemistry section now has four professional and technical staff in post. Three staff were new experienced recruits because it was clear that the BIPM did not have the chemical and related skills that it needed to carry out its technical work or to service the needs of the CCQM and the wider community. The fourth staff member was the result of an internal transfer. In order for the section to continue to meet the needs of Member States and for it to cooperate effectively with international and intergovernmental organizations, we should plan for an increase of two appropriately qualified and experienced professional staff. These will be new recruits. The work of this section is just as intellectually challenging and stimulating as metrology in existing fields. There are differences but I, for one, find it a fascinating and vital new activity that is a natural and essential extension of the current work and responsibilities of the Metre Convention.

Internal mobility is always a challenge in a small organization, but four people have changed jobs in the last three years and three more internal job moves are already planned.

In order to achieve its work goals, the BIPM has benefited from a number of **guest workers and secondees.** This has always happened to some extent but is clearly a way of working that is more in keeping with the changing and increasingly close nature of the relationships between the BIPM and NMIs. A particularly valuable secondment has been the Secretary to the JCRB – a task that required someone with a broad experience of RMO matters. Dr Angela Samuel's highly successful secondment from the NML CSIRO (Australia), to this post is shortly coming to an end and I am pleased to say that the CENAM (Mexico), has agreed to second Dr Ismael Castelazo to fill it. I should like to express my gratitude to both Member States for their support. In addition we have attracted six Research Fellows who came to work for periods of a year or more. Unfortunately we do not believe that budgetary resources will allow us to continue to pay for such secondments and, as you will see from the details provided to you, this valuable source of expertise is unlikely to be maintained in the future.

This flow of colleagues from NMIs to BIPM, and *vice versa*, is however important for the future of the BIPM, its relevance to NMI work, and its international networking. I remind the Conference that we have discussed this issue before and that the BIPM is ready to host more staff from NMIs if directors can release them and help pay towards their costs of secondment. It

is an excellent way for younger staff, in particular, to make valuable contacts as well as to develop a top-down view of the work of metrology at an international level.

During the last year we have worked hard at a formulating a **long-term strategy** for the development of the BIPM. This was set in the light of current and future changes in world metrology and in the pattern of current and future work. To help us, we have sought views from Member States and a number of NMI directors and we gratefully acknowledge their advice and commitment to this process.

From the outset it was crystal clear that we would have to make some hard decisions if we were to satisfy the obvious technical needs identified in the "Kaarls' Report". We also knew that these future needs could not be satisfied within current budgets and that we needed to set priorities. After establishing criteria against which we could compare our overall technical priorities, we decided on the minimum set of activities that we thought necessary to meet current and future needs. We believe that we can now meet future needs through some significant cuts in scientific work at the BIPM of lower priority than the remainder, together with a proposal for a modest budget increase. This would be the first time since 1964 that such a request has been made to the General Conference and is presented to you in Draft Resolution J. We have also reviewed BIPM administrative and accommodation costs to see if further economies could be made.

In coming to our **conclusions on the technical priorities** we were made particularly aware that a large number of Member States wished to see the majority of current services maintained. However, we realized that this would not be possible if we were to diversify, albeit highly selectively, into a number of new areas of work. Our final views on priorities were therefore based on a variety of inputs that included surveys and assessments of what NMIs valued, the views of directors in their annual meetings, together with discussions with a number of governments from a wide range of Member States. All this led to a number of conclusions on the current resource allocations at the BIPM. Despite their excellence and despite the value that we knew they brought to a number of Member States, we concluded that the Photometry and Radiometry section should be closed. Additionally, we proposed that the work on lasers should be restructured to concentrate on calibration and characterization of laser sources and comb comparison techniques. This meant that this section would reduce significantly in size over the next few years. We also decided that we should implement both of these conclusions as soon as possible, while continuing to discuss the case for a budget increase with those concerned. This is because the cost savings we implemented would not, of themselves, be sufficient to allow us to address the highest priority needs for the future, most especially those in chemistry and related fields.

In deciding to reduce staffing to fit into the financial planning assumptions in the "Programme of work and budget of the BIPM for the four years 2005 to 2008", we, of course, also took a hard look at whether we could achieve additional **administrative efficiencies and savings**. As part of this we benchmarked our administration costs against other NMIs where we could look at comparable data. We also compared the costs of providing support services through external contractors. In the latter case, it was always more expensive to use external services as multitasking among BIPM staff meant that any potential savings would not be as large as might be expected.

We examined the potential for savings in equipment and other general expenditure. As a result, the BIPM's **external purchases** are now managed by a full-time professional. He has already saved over 3 % of total laboratory and general expenditure.

We also looked at the arrangements that apply to ***Metrologia*** and concluded that we could reach an arrangement that helped to reduce administrative and production costs and that would allow the journal to be marketed more vigorously than in the past. This, we believe, will help *Metrologia* begin to build a presence in the new areas of activity of world metrology. As a result, we now have a contract with the United Kingdom's Institute of Physics under which they have taken on much of the routine work and where the BIPM still retains editorial control. This has been in operation for nearly a year and is proving to be very successful.

I can therefore report that the BIPM's administrative costs compare well with other organizations. The CIPM is satisfied that these and other efficiency and cost-saving measures introduced in recent years are keeping overheads as low as possible.

On **accommodation**, we welcome the successful completion of the Pavillon du Mail. However, we are also acutely aware that we work in a special environment and that we are custodians of historic and beautiful buildings. Their maintenance is not cheap but it is our responsibility to preserve their character as well as to provide a suitable environment for the technical activities of the BIPM. We have no plans for further building at the moment so our proposed work programme will have to be carried out within existing laboratories and offices. A number of laboratories have already been refurbished with the chemical metrology programme in mind and we shall continue to review the balance of accommodation between the existing sections. In common with all NMIs, a significant and unavoidable part of our running costs covers maintenance and investment in air-conditioning systems.

Many of the decisions and actions that I have reported are themselves the correct course for the BIPM to take as a well-managed organization that can live within its projected budgets. But, more than that, they have been taken so that we could come to this General Conference with a clear, and I hope convincing, picture of continued attention to costs in a time of technical expansion and managerial change. Without them we would not have been able to demonstrate to you that we have already taken our share of the pain and that, with your additional financial support, we have a sound strategy to deal with the changes that we expect for the BIPM in the years to come. Our strategy cannot, of course, be static. At a time of rapid change, long-term planning is difficult but we shall continue to monitor the environment in which we operate and, with advice from the CIPM, will react accordingly. I can reassure you that the CIPM and the BIPM management and staff are alert and open to the new ways of working that will be required to ensure a successful and lively organization that meets the needs of the Convention Members.

It is clear that all this will be a matter of debate in the Conference and in the Working Group on the Dotation. In the meantime, I commend to you the proposals in Draft Resolution J which have the full support of the International Committee.

My final remarks concern the technical work in the laboratories of the BIPM over the last four years. I do not intend to go into any great detail as this has already been reported comprehensively to you in the relevant annual reports made by the Director. I shall simply refer to a few highlights from each section.

Length

The work on 532 nm Nd:YAG-stabilized lasers has demonstrated that, as we expected, these lasers have a very high short-term stability and are useful as interferometric sources and as reference standards in optical comb systems. Several international comparisons have taken place and the dispersion of individual lasers is routinely in the 5 kHz range.

In collaboration with the Institute of Laser Physics (ILP, St Petersburg, Russian Federation), we have developed a compact solid state 532 nm laser that will be used, together with novel interferometric modelling software, in several other projects at the BIPM, notably the calculable capacitor and the watt balance.

Our work on methane-stabilized and rubidium-stabilized lasers is drawing to a close now that optical comb techniques have replaced the traditional chains in which the methane-stabilized laser played a key part.

The major development in the last few years has, of course, been in optical comb technology. This made it possible to conclude the long-standing comparison service on iodine-stabilized He-Ne lasers and to replace it with an absolute frequency calibration service based on combs established at the BIPM. We have now built two comb systems – one portable – and have demonstrated, for the first time and in collaboration with colleagues from the East China Normal University, that combs appear to perform well at the sub-hertz level for optical frequency measurements made on our stabilized laser references. These systems are now to be used in a further series of international comb comparisons to investigate possible systematic effects and to increase confidence in comb techniques worldwide.

Gravimetry continues to play an important part in our work, the highlight being the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters in 2001, in which several new analytical techniques were applied and, as a result, we improved on past performance.

Mass

The section continues to make regular recalibrations of prototype standards for NMIs and also to produce new kilogram standards.

There have been a number of improvements in BIPM balances. We have negotiated a licensing agreement for the flexure strip balance and have commissioned the new Metrotec 1 kg balance. This balance now has a reproducibility and repeatability of less than 1 μg. In order to achieve this we have improved the performance of the laboratory conditions and have automated various aspects of the measuring process. The balance is playing a key role in the calibration of the 100 g reference standards used by METAS in their watt balance experiments.

A substantial part of the work of the section is the developments of tools to analyse and improve weighing processes. In particular the use of ellipsometry is now well established as a way to study surface contamination from water vapour and carbon-based substances. The magnetic properties of standards are regularly measured by the new BIPM susceptometer that has been copied by several NMIs and we have commissioned the hydrostatic weighing apparatus used to make volume measurements of new mass standards. In addition, we have shown that improvements can be made to air density measurements so that the uncertainties based on the traditional CIPM formula can be reduced by a factor of five.

Finally, a small but important project has been the measurement and characterization of silicon artefacts used in the Avogadro constant project.

Time

The core work of the Time section continues to be the production of *Circular T*, which allows the BIPM to disseminate the reference time scales TAI and UTC based on data from NMIs and other time centres. The section has made a number of improvements in the past few years that have improved the performance of time scales and the computational speed of TAI and UTC. The most notable among these has been the development of improved algorithms and the revision of weights assigned to individual clocks. We now have increased confidence in the stability and accuracy of time scales at one part in 10^{15} level. The section has welcomed the regular contribution to TAI from a number of caesium-fountain clocks and is starting to analyse their uncertainty data.

This work has been helped by the commissioning of two hydrogen masers for time and frequency transfer applications as well as the provision of the BIPM internal time reference network.

Time and frequency comparison is a major practical as well as a research activity within the section. Particular attention has been paid to two-way time transfer links that have been part of the TAI calculation since 2000 and to other promising techniques, including dual-frequency carrier phase methods. These have been used to compare remotely separated hydrogen masers at the 10^{-15} level and continued improvement is expected.

Electricity

Over the last few years, significant progress has been made with programmable Josephson junction arrays and the Electricity section has compared a number of devices with the BIPM reference standards. The outcome is that we can find no measurable difference at the 0.1 nV to 10 V level and we feel confident in the performance of these arrays. The PTB (Germany) has kindly donated one such array to the BIPM.

AC quantum Hall effect devices are increasingly popular as reference standards and, in collaboration with NMIs in the CCEM Working Group on ac Measurements of the QHR, we have been steadily reducing the frequency dependence of devices through the insertion of gates on and around the circuitry. Current state of the art is at the 1 to 2 parts in 10^8 per kilohertz level.

The BIPM service for capacitor calibrations is very much in demand and has shown the value of earlier decisions to construct a high-accuracy measurement chain that can provide a service from 10 pF to 100 pF with uncertainties at the level of a few parts in 10^8. Improvements have been made in the bridges as well as in the understanding of some small systematic frequency dependencies of the high-precision resistors used in the measurement system.

A major achievement during the last four years came from studies concerned with the noise characteristics of voltage standards and diagnostic equipment. This work initially concentrated on the identification of pressure and, to some extent, temperature dependencies of the output of Zener diode reference devices, as well as a number of ground loop problems with some commercial devices. As a result of further related studies into noise performance using the Allan variance (or deviation) technique pioneered in the analysis of microwave and optical frequency standards, the section produced unique results for the performance of Zener sources and nanovoltmeters. Techniques were established to identify the point beyond which $1/f$ noise limitations made it unnecessary to average the results over longer periods. The merits of this technique were quickly picked up and a number of NMIs collaborated with the BIPM to transfer its knowledge and technology into their own systems. The Allan variance methodology is not

limited to applications in electricity and collaborations with the BIPM Chemistry section will seek to apply it to ozone reference photometer characterizations.

The Electricity section is also heavily involved in voltage and resistance comparisons, having made some improvements to its own equipment and introduced a further degree of automation. It is also much in demand as a pilot of key comparisons and as a participant in RMO comparisons especially when it can supply travelling standards or can make measurements on artefacts during a comparison.

Calibration services from the section continue to be those that are in highest demand from NMIs.

Radiometry, Photometry, Thermometry and Pressure

The small team in this section has been heavily involved in key comparisons, either as pilot or in the analysis of results.

Comparisons of detectors, both single element as well as trap detectors, combined with experience with the BIPM cryogenic radiometer system, have helped to increase worldwide confidence in the use of detector-based scales. For most practical purposes, the BIPM has routinely used detectors for absolute realizations of the candela and lumen as well as for the characterization of filter radiometers. Recent key comparison results also showed the need to adjust the BIPM maintained candela and lumen based on the reference value from the key comparison.

The BIPM's very modest resources in temperature measurement have played a crucial role as pilot in a key comparison of water triple-point cells. The equipment has been improved in order to reduce uncertainties and to add automation to the data processing. Early results from the key comparison show that the repeatability of the system has indeed improved.

A recent collaboration with the NMIJ/AIST (Japan) in the characterization and investigation of metal-carbon eutectic fixed points in the range 1100 °C to over 2500 ºC is in its early stages. It is, however, already showing interesting and promising results in terms of low uncertainties that may make it possible to measure lower temperatures with a similar reduction in uncertainty.

Ionizing Radiation

The work of the Ionizing Radiation section, as ever, is characterized by a huge demand for calibrations and measurements from NMIs. One recurring theme in the last four-year period has, therefore, been continued efforts to improve facilities, extend competencies and capabilities in order to respond more effectively to Member States and to new scientific requirements in all the section's areas of responsibility.

The most eye-catching improvements are in new high-stability x-ray high-tension generators, modifications to the current measuring systems for medium-energy x- and γ-dosimetry systems and, at long last, the installation of a ^{60}Co source. These capital equipment investments have generally replaced old or unreliable equipment and have done much to improve the efficiency with which the section can deliver its programme.

In x-ray standard work, new correction factors based on Monte Carlo calculations have been studied and introduced.

The SIR continues to be a workhorse of the section and is constantly in demand for new or improved measurements, having demonstrated its unique role in activity measurement. Extending the scope of measurement capabilities and modifications, through new detectors, better mathematical techniques applied to the SIR efficiency curve, together with new triple-to-double coincidence ratio counting, has allowed the BIPM to respond to the need for improved uncertainties and to measurements on new radionuclides.

Chemistry

BIPM technical work in chemistry is only a few years old but it has already achieved several notable successes. The initial work, in collaboration with the NIST, focused on gas standards and especially on the development and characterization of ozone photometers for ground-level ozone standards based on the NIST-designed standard reference photometer. The first comparisons have already been held with NMIs from EUROMET and have demonstrated agreement consistent with the evaluation of the uncertainty of the measurements. The BIPM will act as the pilot laboratory for CCQM-P28 (ozone ambient level), for which twenty institutes have registered their participation. The pilot study will underpin ozone-related air-quality measurements in regional, national and international networks.

The ozone programme is also supported through the establishment of a gas-phase titration facility. This will act as a second method for primary ozone concentration measurements underpinned by additional facilities for NO and NO_2 gas standards.

Summary

Standing back from these short reviews of key achievements and activities allows one to appreciate just how much has been achieved by a relatively small number of people. The BIPM staff must balance a wide range of requirements and, of course, the work of Consultative Committees, working groups and key comparison reports all have to take a high priority and must meet short deadlines and tight time scales, as must the comparison and calibration services to Member States. This makes it all the more remarkable that the BIPM continues to create new knowledge that is relevant to NMI programmes. It also means that the niches chosen for their work programmes must be carefully chosen in order to maximize the impact of small teams. I believe this to be the case. I note also that the publication record of BIPM staff is extremely high, comparing very favourably with the highest rates in NMIs.

Publications

Since October 1999 the following have been published:

21st General Conference on Weights and Measures (1999), *Proceedings*, 402 pp.

International Committee for Weights and Measures, *Report of the meetings,* **67** (88th meeting, 1999), 311 pp.; **68** (89th meeting, 2000), 134 pp.; **69** (90th meeting, 2001), 159 pp.; **70** (91st meeting, 2002), 213 pp.

Director's Report on the Activity and Management of the International Bureau of Weights and Measures, **1** (2000), 199 pp.; **2** (2001), 226 pp.; **3** (2002), 237 pp.

Annual Report of the BIPM Time Section, **12** (1999), 99 pp.; **13** (2000), 97 pp.; **14** (2001), 102 pp.; **15** (2002), 96 pp.

Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration, 1st meeting (1999), 77 pp.; 2nd meeting (2001), 94 pp.

Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in chemistry, 6th meeting (2000), 94 pp.; 7th meeting (2001), 106 pp.; 8th meeting (2002), 86 pp.

Consultative Committee for Electricity and Magnetism, 22nd meeting (2000), 130 pp.; 23rd meeting (2002), 146 pp.

Consultative Committee for Ionizing Radiation, 16th meeting (1999), 203 pp.; 17th meeting (2001), 238 pp.

Consultative Committee for Length, 10th meeting (2001), 208 pp.

Consultative Committee for Mass and Related Quantities, 7th meeting (1999), 74 pp.; 8th meeting (2002), 91 pp.

Consultative Committee for Photometry and Radiometry, 15th meeting (2000), 86 pp.; 16th meeting (2001), 107 pp.

Consultative Committee for Thermometry, 20th meeting (2000), 83 pp.; 21st meeting (2001), 83 pp.

Consultative Committee for Time and Frequency, 14th meeting (1999), 137 pp.; 15th meeting (2001), 142 pp.

Consultative Committee for Units, 14th meeting (2001), 74 pp.

Circular T (monthly), 6 pp.

To these publications must be added 40 BIPM Reports and about 170 articles in scientific journals or conference proceedings, and *Metrologia* volumes **37**, **38**, **39** and **40**.

The President of the Conference then invited questions and comments from delegates.

On behalf of the German delegation, Dr Röhling thanked Prof. Kovalevsky and the CIPM, Dr Quinn and the BIPM for the work achieved over the last few years. He remarked that Prof. Kovalevsky had demonstrated that the BIPM continues to fulfil its mission within the Metre Convention, and said that the German delegation fully shared the opinions presented in the President's report and supported the continuation of the work. As a representative of the German Ministry for Economy and Work, and as President of the PTB's Scientific Council, he said he fully appreciated the activities undertaken and the importance of the CIPM MRA, and foresaw that the contribution of the BIPM would become increasingly clear in the years to come.

He lent his voice to the appeal for observership status of the BIPM on the WTO's Technical Barriers to Trade Committee.

Pointing out that the domains covered by metrology were becoming ever broader and the technical level of the measurements involved continually increasing, while budgetary resources were being decreased, not only in Germany but in most European countries, he said he was nevertheless confident that the established structure would be able to deal with demands. He congratulated the CIPM and BIPM on the programme which was starting up in chemical

measurements, underlining the importance of maintaining a balance between new activities and the traditional fields of metrology.

He then commented on the thorough appraisal of the PTB undertaken in 2002, carried out by an international panel of experts including Drs Kaarls and Quinn. The PTB had been rated very highly in nearly all fields, but the review committee had made a number of recommendations concerning the budget, internal structure, and certain subjects for deeper study in the coming years: notably metrology in chemistry and information technology (IT).

Finally, he pointed out that budgetary concerns were ubiquitous, and that the German Government had decided that, in general, their contributions to international organizations should remain stable. He hoped that a compromise would be found during the Conference, bearing in mind both the requirements of the BIPM and the restrictions imposed by the national budgets.

Professor Kovalevsky thanked him for his appreciation of the work undertaken at the BIPM.

Dr Kumar (India) added his appreciation of the excellent work achieved by the BIPM and made a few comments on the benefits of links between the BIPM and developing countries such as India. He noted that metrology is a very specialized area of work, falling largely under the responsibility of the NMIs. National governments exert pressure on the NMIs, particularly with respect to eliminating technical barriers to trade, and India, like many other countries, is in the process of registering CMCs in the BIPM key comparison database. However, he warned, India is a poor country and any sharp increase in the dotation of the BIPM would have to be carefully negotiated. He volunteered to represent India on the working group on the dotation. Dr Kumar noted that several commercial companies, particularly IT and experimental research companies, had established facilities in India and asked if it might not be appropriate for the BIPM to also set up a remote centre. He also invited guest workers to come to the NPLI from the BIPM and other NMIs.

Professor Bordé then turned to the formation of the working group on the BIPM dotation, and invited Dr Kaarls to propose the list of members.

Dr Kaarls reminded delegates that the working group on the BIPM dotation would meet during the afternoon of Tuesday 14 October, and if necessary again during the afternoon of Thursday 16 October, to consider Draft Resolution J (page 413) and make a recommendation to the Conference. He proposed the following list of members for the working group on the dotation: Canada, China, France, Germany, Italy, Japan, the Republic of Korea, Mexico, Norway, the Russian Federation, Serbia and Montenegro, the United Kingdom, the United States, along with India.

The proposed list was accepted with the further addition of Australia and Egypt, whose delegations indicated that they would also like to participate. Professor Bordé noted that each participating delegation should nominate a maximum of two people for the working group. A report of the discussions of the working group is presented under Item 16 (page 361).

10 External relations

10.1 Organisation Internationale de Métrologie Légale

On behalf of the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Dr Gerard Faber, President of the Comité International de Métrologie Légale (CIML), thanked Dr Terry Quinn for his leadership of the BIPM and his contribution to metrology in general, and welcomed Prof. Andrew Wallard as incoming Director of the BIPM. He congratulated the BIPM on the work achieved during the last four years and said that the OIML would continue to provide support when needed.

He commented that the BIPM and OIML are sister organizations and need to work together as many of their tasks and objectives are common to both.

He noted that the OIML also has a busy schedule of meetings, citing their forthcoming annual CIML meeting, to be held in November 2003 in Kyoto, Japan; the 12th International Legal Metrology Conference, to be held in Berlin in October 2004; and the CIML meeting in 2005 which will be held in France to celebrate the 50th anniversary of the founding of the OIML.

One of the core activities of the OIML is the setting of international recommendations in legal metrology and keeping them updated. An important current area of work is the development of mutual recognition systems, based on a mutual acceptance arrangement (MAA) for the recognition of type-approval test results. Subsequently the OIML wishes to see international acceptance not only of the results but of the associated certificates, and in a further step, international recognition of results of initial verification. The forthcoming meeting in Kyoto will vote on this MAA, and during its implementation the OIML will look carefully at the experience of the CIPM MRA, particularly with respect to how the regional organizations are used.

Mr Faber then turned to the cooperation between the CIPM, OIML and ILAC, in the form of annual meetings which have been held between the three organizations since 1997. He commented that these meetings had proved extremely useful, and had enabled the identification of several areas for common actions. He noted that the boundary lines between legal metrology and scientific metrology, or between legal metrology and accreditation issues, are sometimes vague. He gave as examples: the essential interaction between the CIPM and OIML in the development of the "Model law on metrology", which aims to give a legal basis to traceability; the work of the CIPM and OIML on the promotion of the SI; and the increasingly important role of accreditation in legislation, as an essential part of the metrology system.

He hoped that cooperation between the three organizations, and particularly between the CIPM and OIML, would continue to increase, citing several projects for further joint action: the exchange of information concerning developments in Member States; intensifying cooperation in programmes for developing countries; and – in particular – with respect to public relations. He believed it was essential to communicate the importance of metrology, as a key tool for economic and social development; metrology must be brought to the attention of ministers, decision makers, consumers, industry, universities and schools.

He concluded by announcing that New Zealand and Viet Nam have recently joined the OIML as full members, so the OIML now represents 109 countries in total (60 full members and 49 corresponding members). On behalf of all these countries he presented his best wishes for a successful Conference.

10.2 International Laboratory Accreditation Cooperation

On behalf of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), Mike Peet, ILAC Chairman, then gave the following address:

"Mr President, Ladies and Gentlemen,

On behalf of our 78 members, representing 65 economies, I would like to acknowledge and thank you for the increasing and close cooperation between our two organizations, including a presentation by Prof. Wallard at our General Assembly in Bratislava three weeks ago.

The focus of ILAC activities, including our Arrangement signed in Washington 2000, is to ensure that the output of the 25 000 or so laboratories accredited by our member bodies worldwide is credible not only within their own economies but throughout the world. The link with and support of your own CIPM MRA activities to this process is essential.

Also in support of credible measurement from accredited laboratories, ILAC is actively involved in the CCQM, JCTLM and the JCRB, as well as a separate BIPM/ILAC working group.

We are all aware of increasing global emphasis on trade liberalization. ILAC acknowledges the need to holistically address the needs of developing countries in terms of the sophisticated infrastructures required to ensure that local conformity assessment is accepted by the rest of the world, and not to create another more sophisticated technical barrier to trade. We hereby thank both BIPM and OIML for their active role and support of current initial work in the JCDCMAS in appropriately addressing issues of mutual concern.

I would like to close by expressing our appreciation to Dr Quinn for the work and support of ILAC over many years and express our support to Prof. Wallard for the challenges that lie ahead."

10.3 World Meteorological Organization

On behalf of the World Meteorological Organization (WMO), Dr Miroslav Ondras, Senior Scientific Officer, gave the following address:

"Mr President, Distinguished Delegates, Ladies and Gentlemen,

Allow me, on behalf of the WMO and on my own, to begin by expressing my appreciation to the International Bureau of Weights and Measures for inviting WMO to the 22nd General Conference on Weights and Measures. I am pleased and honoured to have this opportunity to address this august assembly.

For the first time WMO participates in the General Conference on Weights and Measures based on the Working Arrangement between WMO and the International Committee for Weights and Measures, which was concluded earlier this year. Both organizations agreed to keep each other informed on current and planned activities in which there may be mutual interest. They also agreed to collaborate in the implementation of the programmes of mutual interest. Therefore, allow me to briefly introduce WMO and some of its many activities that may be of particular interest to your organization.

The World Meteorological Convention, by which the World Meteorological Organization was created, came into force in 1950. One year later, WMO was established as a specialized agency of the United Nations by agreement between the UN and WMO. As of today, it has 185 Member Countries and Territories.

The purposes of WMO are to facilitate international cooperation in the establishment of networks of stations for making meteorological, hydrological and other observations; and to promote the rapid exchange of meteorological information, the standardization of meteorological observations and the uniform publication of observations and statistics. It also furthers the application of meteorology to aviation, shipping, water problems, agriculture and other human activities, promotes operational hydrology and encourages research and training in meteorology.

There are number of areas that are of common interest to both our organizations. WMO, through its Member countries, seeks to ensure homogeneous and accurate meteorological, hydrological and environmental measurements. In this regard, I should like to draw your attention specifically to:

- the WMO World Radiation Centre, Davos, Switzerland, which maintains the World Standard Reference for solar radiation;
- ten WMO World Calibration Centres for such parameters as carbon dioxide, carbon monoxide, methane, ozone, and others;
- four Quality Assurance Science Activity Centres for a worldwide Quality Asssurance programme in atmospheric chemistry measurements; and
- the WMO World Infrared Radiometer Calibration Centre, Davos, Switzerland, which would be operational as from 2004.

In addition to this, WMO regularly organizes comparisons of standards to maintain their reliability and to transfer these standards to the Member Countries for the use in regional and national programmes.

Mr President,

WMO's Instruments and Methods of Observation Programme coordinates, standardizes and advances technological systems and methods for meteorological observations and measurements. The programme publishes technical reports and guidance material on performance characteristics of instruments and on observing practices. It coordinates calibrations and intercomparisons of instruments and develops quality-control standards and procedures. It also develops guidelines and proposals for capacity building and arranges and supports training programmes for instrument experts and technicians. The programme is carried out under the technical responsibility of the WMO Technical Commission for Instrument and Methods of Observation (CIMO).

In 2002, a representative of the BIPM attended for the first time a session of the CIMO Commission, and the collaboration between our organizations is now being continued at the level of expert teams that address meteorological radiation and atmospheric composition measurements and Quality Management Systems and Commercial Instruments Initiatives.

It may be of interest to you that WMO has established thirteen Regional Instrument Centres around the world. These centres keep meteorological standard instruments linked with recognized international standards and assist WMO Members in calibrating their national standard meteorological instruments.

World, Regional, and National Radiation Centres were also established for maintaining the World Standard Reference for Solar Radiation Measurements. The World Radiation Centre in Davos, Switzerland and the World Radiation Data Centre in St Petersburg, Russian Federation, serve as centres for international calibration of meteorological radiation standards.

WMO recognized that international comparisons of instruments and observing systems, together with agreed quality control procedures, are essential for the establishment of accurate and stable datasets. WMO plans in the next 4-5 years to co-organize international comparisons of precipitation measurements, thermometer screen/shielding, hygrometer measurements, and radioprobes.

Mr President,

WMO's Atmospheric Research and Environment Programme coordinates and fosters research on the structure and composition of the atmosphere, on changes in the physics and chemistry of clouds and weather, on tropical meteorology, and on weather forecasting.

This Programme aims to help WMO Members to implement research projects and to disseminate relevant scientific information, to draw the attention of Members to outstanding research problems of major importance such as atmospheric composition and climate change, and to encourage and assist Members in incorporating the results of research into forecasting or other techniques appropriate to operational activities, particularly when they involve changes of procedures which require international cooperation and agreement. The Programme comprises the Global Atmosphere Watch (GAW), the Weather Prediction Research Programmes, the Tropical Meteorology Research Programme and the Physics and Chemistry of Clouds and Weather Modification Research Programme.

The WMO's GAW integrates its own and other monitoring networks with international research activities involving the measurement of the chemical and physical properties of the atmosphere. GAW serves as an early warning system to detect further changes in atmospheric concentrations of trace gases, UV radiation, acidity and toxicity of deposition, as well as the atmospheric burden of aerosols. This system provides framework design, standards, inter-calibrations, and data collection systems for global monitoring and data evaluation. The major goal "To evaluate the influence of atmospheric chemistry on the environment including transboundary and urban pollution (air quality, acid deposition, stratospheric ozone depletion and increasing UV radiation)" is achieved through various supporting structure tools, such as Quality Assurance Science Activity Centres, GAW World Calibration Centres and WMO GAW Ozone Mapping Centre.

Mr President,

I have mentioned only some of the activities carried out under the eight major WMO programmes, where BIPM and WMO have already started some activities. WMO recognizes the important mission of the BIPM, appreciates the efforts of BIPM to involve international and intergovernmental organizations so as to promote homogenous measurements worldwide, and looks forward to a fruitful collaboration between both organizations.

I wish to thank you again for inviting WMO to the 22nd General Conference on Weights and Measures.

Thank you for your attention."

Dr Quinn expressed his appreciation to the WMO for the welcome they had extended to him and Dr Wielgosz during a visit two years previously when they suggested a more formal link between the two organizations. This link has successfully been established with the CIPM and BIPM, and hence to the national metrology organizations, and is of importance for many areas

of work, including measurement of solar radiation. He hoped that an increasing number of links will be made at the national level with the data centres of the WMO.

10.4 World Health Organization

Dr Quinn then spoke on behalf of the World Health Organization (WHO), saying that Dr Anarfi Asamoa-Baah, Executive Director of the WHO, had expressed his regrets at being unable to be present at the Conference, due to the recent change of Director General.

Dr Quinn took the opportunity to explain some of the interactions that the BIPM has had with the WHO, and on a broader scale to introduce an important subject already mentioned by the President of the Academy of Sciences: measurements and activities related to clinical chemistry. This broadening of the activities of metrology towards chemistry, clinical chemistry and medicine, will be one of the themes of the present Conference.

He started by introducing a new activity undertaken within the BIPM, in response to a call for help from the world's diagnostics industry, pointing out that the global market for *in vitro* diagnostic devices is about 20 billion euros.

An EC Directive on *In Vitro* Diagnostic Medical Devices, the "IVD Directive", which will come into force on 1 January 2004, requires that "the traceability of values assigned to calibrators and/or control materials must be assured though available reference measurement procedures and/or available reference materials of higher order". When this Directive was first published (in 1998), no such reference procedures or reference materials having any international recognition existed.

The US medical diagnostic industry, which supplies 60 % of the EU market, called upon the NIST for help. At a preliminary meeting held at the NIST in 2000, it became clear that it was a worldwide problem, not purely an American one; and the BIPM was therefore approached by the IFCC, IRMM and NIST and asked to help. Two further meetings took place in 2001, with the result that a Workshop on Traceability in Laboratory Medicine took place at the BIPM in 2002, sponsored by the BIPM, the IFCC, the NIST, and the IRMM. This was a unique meeting between communities who had not previously been brought together, including almost all of the interested parties in diagnostic measurements. In addition to the sponsors, it was attended by representatives of ILAC, the IVD industry, regulators, professional organizations, NMIs, and reference materials producers. The list of attendees included: representatives of the European Commission, the American Food and Drug Administration, the Japanese Healthcare Technology Foundation, Quality Assurance organizations: the European Quality Assurance Ltd, the College of American Pathologists, the European Committee for External Quality Assurance Programmes in Laboratory Medicine, representatives of the diagnostics industry: the European Diagnostic Manufacturers Association, and the corresponding American and Japanese organizations (AdvaMed and JACR), a number of NMIs, the National Institute for Biological Standards and Control, ISO/IEC, and the American Centers for Disease Control.

At this meeting, it was decided that a Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) should be set up, supported by the BIPM, the IFCC, ILAC and the WHO, and including participants drawn largely from the interested parties present at the meeting. In practice it was not easy to establish how such a heterogeneous group of different organizations might work together. Agreement on the formalities of setting up the Joint Committee was only reached in September 2003. The principal sponsors and executives are the BIPM, IFCC and

ILAC; for the moment, the WHO is participating at the technical level only due to legal and other problems.

In parallel with the discussions relating to setting up the Joint Committee, two working groups, established at the Workshop in 2002, have been drawing up lists of reference materials and reference methods that can be used to meet the requirements of the IVD Directive. These lists will be published on the BIPM website early in 2004.

The JCTLM is an important initiative that may well have far-reaching consequences. Internationally recognized and accepted equivalence of measurements in laboratory medicine and traceability to appropriate measurement standards could lead to: improved quality of healthcare for the patient; reduction of costs for governments and healthcare insurers, due to the reduction in number of repeat measurements; and reduction of costs for the IVD industry.

In parallel with this development, the BIPM has developed a working arrangement with the WHO, and a Memorandum of Understanding (MoU) between the CIPM and WHO was signed in October 2002. Dr Quinn read out the text of Article I of this MoU, which is available on the BIPM website.

In addition to the discussions relating to the creation and operation of the JCTLM, Dr Quinn alluded to a proposal for a worldwide consultation of national bodies in the healthcare field, to be run jointly by the WHO and the BIPM.

Dr Quinn concluded by pointing out that activities between international organizations in the health field are increasing enormously and have immense importance. It is vital that the BIPM and the metrology community respond to this urgent need.

Professor Kovalevsky then read the texts of Draft Resolutions A, B and C, related to coordination activities and work with external bodies.

Professor Bordé invited discussion of these three Draft Resolutions.

For Draft Resolution A, Dr de Leer (The Netherlands) suggested replacing the English phrase “concept of traceable measurements” in the first bullet point with “traceable measurement results”, or “traceable calibration and measurement results”, saying that traceability is a property of the result of a measurement (or the value of a standard). Dr Semerjian (United States) suggested an alternative, more concise, wording: “concept of traceability”. Dr Carneiro (Denmark) added that to avoid confusion in other fields of work, it should perhaps be specified that the Resolution concerns measurement traceability, not just traceability, and recommended that the *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (VIM) should be followed. Dr de Leer and Dr Valdés (Argentina) agreed that it is was important to distinguish between product traceability and measurement traceability, pointing out that in the field of food safety, for example, traceability is interpreted differently. Dr Quinn confirmed that the proposed revised wording conformed with the definition of traceability being discussed by the Working Group for the Revision of the VIM, in the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). Professor Kovalevsky said that a revised version containing the wording “concept of traceability of measurement results” would be presented for voting on Friday 17 October. It was noted that the same change would be required in the final bullet point.

When the revised text of Draft Resolution A2 was presented on Thursday 16 October, Dr Lusztyk suggested a further minor rewording of the third bullet point. Draft Resolution A3 was finally adopted unanimously as Resolution 1 (see page 374).

Dr de Leer commented that the same type of remark applied to Draft Resolution B: here, "comparable measurements" should be written "comparable measurement results". Attention was also drawn to the difference in wording between the English and French texts: "comparability" versus "équivalence". Dr Semerjian suggested changing the order of the words to "the increasing role of measurement reliability and comparability in world trade" and Professor Wallard suggested also changing "role" to "need". Dr de Leer repeated that it is was important to insert the word "results", and it was decided that a small group (Dr Semerjian, Dr de Leer, Prof. Kovalevsky and Dr Quinn) would meet to discuss the suggested changes to Draft Resolution B and present a modified version to the Conference. Dr Röhling (Germany) renewed his call for delegates at the CGPM to contact their foreign commerce delegates at the WTO, to press for the CIPM's application for observership of the WTO TBT Committee to be considered as soon as possible; this application is currently blocked pending the resolution of unrelated issues.

This revised version B2 was presented on Thursday 16 October and was duly adopted unanimously as Resolution 2 (see page 374).

There were no comments on Draft Resolution C and the text was adopted unanimously during the voting on 17 October as Resolution 3 (see page 375).

11 Report of the CIPM on evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM

Dr Kaarls gave a brief *résumé* of the CIPM report entitled *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM*, distributed to Member Governments and NMI directors in April 2003. This report is a follow-up to the CIPM report entitled *National and International Needs Relating to Metrology*, distributed in 1998 and discussed during the 21st CGPM in 1999.

He reminded delegates that the 21st CGPM had made several important decisions. It had endorsed the expansion of the Metre Convention to cover an ever increasing number of areas of science. It also accepted that Member States have the responsibility of providing, through the Metre Convention, the necessary infrastructure to support reliable measurements everywhere. As a consequence, the General Conference had approved a reformulation of the role of the BIPM. It also witnessed the signing of the CIPM MRA and agreed to the creation of the category of Associates to the CGPM. Dr Kaarls pointed out that it was tacitly understood, and had been noted, that the budget approved for the period 2001-2004 would not be sufficient to continue the adopted programme of work after 2004.

As a result of the financial conditions imposed by the 21st CGPM, the consequences of the introduction of the CIPM MRA, the growing needs for metrology in chemistry and the biological sciences, the implication of the EU IVD Directive mentioned by Dr Quinn (see Item 10.4), and further questions on traceability and measurement uncertainty in new areas such as food analysis, the CIPM felt it was important to reconsider the budgetary situation. Dr Kaarls noted that requirements and developments also continue to evolve in the classical areas of metrology (physics and engineering); and advances in information technology are opening up new methods of working.

The International Committee considered many issues in compiling the new report, including: the programme of work adopted by the 21st CGPM; the work stemming from the CIPM MRA, such as the BIPM key comparison database and the JCRB; the new relations established with other international organizations; the increasingly important role of the regional metrology organizations; the services provided by the BIPM based on its scientific expertise; and the extension of its metrological activities into new fields, in particular into chemistry. In all areas, the needs of developing countries have to be carefully considered. The CIPM has taken into account the responses of the directors of NMIs to two questionnaires distributed last year, and their opinions expressed at the Directors' Meeting in April 2002. It has also carefully considered the results of a study by KPMG on the economic impact of the CIPM MRA, and the results of other independent national studies of the economic impact of metrology.

The report finds that the NMIs deliver considerable benefits in international competitiveness and commercial innovation processes, and generate significant indirect benefits; for example, in terms of health, the environment and food safety. There is therefore a clear economic rationale for the public funding of metrology, in general, and for its extension to emerging technologies such as nanotechnology, chemistry, and biotechnology.

Moving on to the conclusions of the report and the recommendations of the CIPM, Dr Kaarls pointed out that international and global coordination under the Metre Convention is indispensable for achieving an efficient and effective long-term stable global measurement system, capable of addressing the needs of trade, industry and society with respect to traceable and comparable measurements and test results. The removal of non-tariff barriers to trade requires internationally recognized comparability and traceability, and the CIPM MRA is a key element in fulfilling this. Further, the CIPM MRA confers significant benefits to signatory nations and operates in a very cost-efficient and effective way.

Based on the results of questionnaires distributed as part of the KPMG study, the CIPM recognizes that the BIPM has an increasingly important role in representing and promoting world metrology. It must have the status and the means to act as the world's focus for scientific and industrial metrology, with a credible, neutral, and international voice. It should continue to be responsible for the International System of Units, the International Prototype of the Kilogram, International Atomic Time and Coordinated Universal Time, and unique facilities such as the International Reference System in ionizing radiation, and it should have a small activity in chemical purity analysis. It should maintain laboratory activity in carefully selected areas, organize comparisons, and deliver appropriate technical services to NMIs. It should, of course, re-evaluate the existing programme, taking into account the financial situation and the need to deliver it as efficiently as possible. In addition, it should continue its role in global coordination, including relations with other organizations, information and publicity.

Finally, the report contains two recommendations from the CIPM: first, that the governments of Member States give and maintain sufficient financial support to their own NMIs, including the important area of metrology in chemistry, and also make available the necessary financial resources to the BIPM as requested in Draft Resolution J; secondly, that the governments approve the recommended programme of work and corresponding budget for the BIPM.

Professor Bordé invited questions from the delegates.

Professor Göbel remarked that the report made clear the important role of the BIPM, and pointed out that this role is made possible by the presence of leading experts in metrology who are active at the BIPM. He recommended that its scientific role be preserved and strengthened.

Dr Kaarls then read Draft Resolution E. There were no comments and the text was adopted unanimously during the voting on 17 October as Resolution 5 (see page 376).

12 Programme of future work at the BIPM

Dr Quinn opened this item by giving a brief presentation of the role of the BIPM, and presenting a set of histograms showing how the budget is distributed between the different scientific sections, between research and coordination activities, and for upkeep of the site.

The future work of the BIPM is described in the proposed "Programme of work and budget" reproduced in Appendix B, which includes a section on the role of the BIPM.

Dr Quinn highlighted the importance of the SI Brochure, a new edition of which is currently being prepared by the CCU. This brochure is widely distributed and the current edition is also available on the BIPM website; indeed the section on the SI is one of the most frequently consulted parts of the website.

He also pointed out that time and frequency measurement is one of most rapidly advancing areas of metrological science. Currently, the uncertainty of realizing the time scale is similar to the uncertainty of comparison of clocks and the uncertainty of the primary standards. The uncertainty of the best frequency standards is improving rapidly, however, and is expected to fall below 1 part in 10^{17} within a few years. High-level research must therefore be continued at the BIPM to improve the means both of comparing clocks and establishing the timescale, to fully take account of this progress in meeting world needs for improved time keeping; we cannot have the clocks better than the timescale.

He also highlighted the new BIPM activities in chemical analysis. Chemical analysis and bioanalysis are new fields, and Dr Quinn pointed out that unless the BIPM has some laboratory activity in these areas it would not be able to attract top-class staff; and without the top-class staff, it would not be in a position to fulfil its role in international collaboration.

He pointed out that research forms a small but essential part of the BIPM's activity as a scientific institution. In general, between twenty and thirty articles are published in the refereed scientific literature each year, by a scientific staff of about thirty.

On technical services, he remarked that the BIPM pilots a large number of international comparisons. Piloting comparisons is a time-consuming and expensive business, but when it is undertaken by the BIPM, it saves the NMIs money because the BIPM acts on behalf of everyone and costs are therefore shared. He also noted that the consultancy services related to peer review activities are increasingly in demand, but due to the small number of scientific staff it is difficult for the BIPM to release staff to many NMIs for reviews which often last about a week.

In its role as a focus for coordination in metrology, Dr Quinn remarked that the number of meetings held at the BIPM has increased rapidly.

On information and publicity, he pointed out that a new version of the BIPM's website was launched just prior to the 92nd CIPM meeting. The website is widely consulted throughout the world, and a great deal of work was involved in building the new site. The new arrangement for the publication of the scientific journal *Metrologia* with Institute of Physics Publishing (IOPP, UK) is working well and proving cost-effective; all issues published in 2003 have all appeared on time. Previously, the resources for producing *Metrologia* at the BIPM were over-stretched.

The first BIPM Summer School, which was held in July 2003, has already been mentioned by Prof. Bordé. This was a very successful event, attended by more than eighty young metrologists from 22 different countries. The present state of metrology was presented by world-leaders in the field, and Dr Quinn foresees that the links established between the students would be wholly to the future benefit of the metrology community.

Dr Quinn then turned to the relative elements of the BIPM budget, comparing, with the aide of histograms, the situation at the last CGPM in 1999 with the current situation expected at the end of 2008. He demonstrated that the fraction of the budget spent on salaries will decrease from about 57 % in 1999 to about 49 % in 2008; that spent on pensions will increase from about 12 % in 1999 to about 16 % in 2008; laboratory costs will remain constant at about 17 %; building maintenance will increase from about 3 % in 1999 to 6 % in 2008; travel costs will increase slightly, from about 2 % in 1999 to 3 % in 2008. Other categories of expenditure are very small: energy, publications, meetings, insurance, bureau of the CIPM, and miscellaneous Items.

He then showed the relative staff costs per section as a percentage of total staff costs, which illustrated the changes resulting from the CIPM's decisions in 2002. For the Length section, staff costs would decrease from 14 % of the total in 1999 down to about 3.5 % in 2008; for the Mass section, the costs will increase slightly; the Time and Electricity sections remain roughly constant; the Radiometry section disappears completely; the Ionizing Radiation section increases slightly; Publications stay about the same; expenditure on Information Technology and Quality System is significantly more; and the Chemistry section, the KCDB and JCRB are completely new since 1999.

Dr Quinn then showed relative laboratory expenditure as a percentage of total laboratory expenditure, again demonstrating a significant change. In 1999, almost 25 % of the laboratory expenditure was devoted to the Length section, simply because lasers and the associated equipment were very expensive; this will be reduced to a small amount in 2008; the fraction spent on the Mass section will go down a little; the Time and Ionizing Radiation sections will stay roughly the same; the fraction spent on the electricity laboratories will increase slightly; the Chemistry section will represent about 20 % of laboratory expenditure; the KCDB and Publications will stay roughly the same, but the Publications section would shift its areas of activity towards external communication and web-based work; IT and Quality are increasingly expensive, the website is expensive, and IT security is expensive. Finally, a fraction of the capital will be set aside as "start-up expenses", so that by 2008 the Director will have at his discretion a sum representing 12 % to 13 % of the normal capital budget to be used depending on requirements at that time.

Dr Quinn then presented an analysis of the distribution of time given to the various activities of the scientific staff at the BIPM, comparing all scientific staff with the heads of sections. On average, the scientific staff spend about 40 % of their time on maintenance and development of standards, whereas the heads of sections spend less than 25 %. The heads of section, however, spend a high proportion of their time – nearly 25 % – on matters related to the Consultative Committees and coordination. He compared these figures to the results of a recent comparative

study carried out at the BNM, NIST, NMIJ, NPL and the PTB, on how their budgets are spent. Almost without exception the scientific staff in these institutions spend more than 40 % of their time on research. He pointed out that the BIPM is already working at the lowest level of viability for its scientific work programme and its increasing role of coordination. As it is a small institution, almost everyone is multitasking.

He then showed the number of meetings held at the BIPM each year from 1977 to 2003, and the total number of days involved. These meetings were classified as: Consultative Committee (CC) meetings; the annual CIPM meetings; the four-yearly CGPMs; additional working groups that take place outside the time of the CCs; and the recent Summer School. It is clear that there has been a very substantial increase in this area of the BIPM's activity. Up to 1994, the average number of CC meetings held per year was 2.5, whereas since 1995 it has been about 5.6. This is because the BIPM is responding to the requirements of the NMIs and the regions for more meetings. The work of coordination is increasing almost exponentially with the number of meetings that take place.

He then showed the distribution of staff costs, and pointed out that the main area of expenditure relates to laboratory costs (including the work of the CCs and publications). Of the laboratory costs, 40 % are related to development and maintenance of standards. The various other Items – the BIPM workshop (6 % to 7 %), publications, administration and the secretariat – are relatively low.

Finally, Dr Quinn turned to the fraction of the BIPM budget spent on building maintenance. He showed a graph demonstrating the spending on maintenance from 1912 to 1990. There are occasional peaks in the curve, due to major works on the Pavillon de Breteuil or laboratories, or the construction of new buildings (the laser building and the Nouveau Pavillon); however, on average over this period the fraction spent on basic maintenance lies somewhere around 8 % of the total budget, which represents the cost of maintaining historic buildings. From 1989 into the 1990s, this fraction dropped to a very low level to save for the construction of the Pavillon du Mail, which contains a meeting room for 120 people, and without which we would not be able to cope with the meetings of the Consultative Committees or Directors' Meetings. Over the next four years, although we are nearly doubling the level of maintenance work, from 4 % to 7 %, all we are doing is bringing it back up to the level where it has been for the last 100 years.

There were no questions.

Professor Wallard, incoming Director of the BIPM, commented that Dr Quinn's was a hard act to follow, thanking Dr Quinn for his stewardship of the BIPM and saying that the success of the CIPM MRA was a fitting tribute.

He then presented the scientific and organizational programme of work proposed for the period 2005 to 2008, discussing first the mission of the BIPM and how its priorities are judged, then the mechanisms used to deliver the programme. He concluded with a few remarks on how changes are handled.

Professor Wallard reminded delegates that the BIPM's mission, as presented in Appendix B (see pages 416-418), has already been discussed on a number of occasions, including at the 21st CGPM and at several meetings of NMI directors. The broad goal is worldwide uniformity of measurement. The BIPM provides the scientific and technical basis for this uniformity, and collaborates intensively with other organizations with common interests.

The Consultative Committees advise on the priorities for the work programme of the BIPM, and during their meetings allocate various tasks to the BIPM. The number of such meetings is increasing, and the number of tasks they allocate to the BIPM is also increasing. The Member States are asked for their views on priorities and we adapt our work accordingly. The results of the questionnaire distributed in 2002 gave us a very good idea about what matters to Member States, and in which direction we need to move the BIPM over the next few years. We also undertake external surveys on the effectiveness of our work, and we report regularly, to the CCs, to the CIPM, and to this Conference, as well as on a day-to-day basis through the interactions between BIPM staff and the staff from other laboratories.

The main areas of the proposed future programme build on the BIPM's achievements of the past. The main function is the maintenance and improvement of the standards we are obliged to maintain: we must maintain the kilogram and the timescale, and under the Metre Convention rules we must provide various comparison and calibration services, with fixed and travelling standards. However, we only do this when it is more cost effective for the BIPM to do it rather than the individual NMIs. Professor Wallard cited various examples of travelling standards – such as femtosecond combs, the Josephson and quantum Hall systems, and the ozone spectrophotometers – which can be moved and used to validate the realizations of the units and quantities of the SI in the NMIs.

For an organization like the BIPM, it is vital and cost effective to maintain an ability, through unique facilities, to pilot comparisons and to review, by virtue of its technical competence, key comparisons; to act as a project coordinator; and to act as a network pilot. The BIPM fulfils this in a multitude of ways: for example, it already pilots key comparisons in lasers, capacitance, ionizing radiation, and gravimetry; it coordinates the calculable capacitor project; and it is a pilot in the purity analysis networks for organic chemistry and for laboratory medicine.

The CCs are, of course, also project coordinators. There has been a huge increase in the technology and information transfer out of the BIPM to the NMIs, and between the NMIs. This is achieved through workshops, through *Metrologia* (for which the routine functions have been contracted out, leaving the high-level editorial control at the BIPM). The BIPM also produces authoritative publications, often in conjunction with other organizations, including the "Kaarls' Report" – *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM* (an authoritative statement from the world's metrological community), the SI brochure, and the VIM and GUM guides.

Illustrating the BIPM's role in knowledge transfer, Prof. Wallard listed that during the last four-year period, there have been over 300 visitors to the scientific sections, the scientific staff have published over 230 papers and reports, over 170 conference lectures have been given, and there have been over 100 guest workers. He referred to the BIPM's website, which is a unique resource, presenting not only the activities of the BIPM, but the work of the Metre Convention as a whole. Recently a great of effort has been put in to developing a new version of the website, and he emphasized the importance of IT in facilitating the organization of meetings, the distribution of the working documents, and the publication of the results of these meetings as rapidly as possible.

The KCDB is the outward product of the CIPM MRA, representing the huge intellectual effort made by the BIPM, NMIs and RMOs in analysing key comparisons, producing comparison reports, and validating CMCs. It is important to find ways of increasing the use of the KCDB to fulfil our objectives. We plan, for example, to extend the CIPM MRA to meet the needs of trade, and of regulators, accreditators and other users of the MRA.

Professor Wallard predicted that there will be an increasing number of international collaborations during the period of the work programme. As we saw earlier (Item 10 of the Agenda), MoUs already exist with a number of organizations. These MoUs are important, and of course lead to new work, as joint projects are identified and undertaken with the external organizations. We have also established a number of Joint Committees, which all extend the influence and impact of the Metre Convention throughout the world, and bring together the efforts and resources of international and intergovernmental bodies in a unique way. Much of the importance of establishing these links at the international and intergovernmental levels, as the BIPM is in a position to do through the Metre Convention, is that many of them can in turn be taken up at the national level; this is of great benefit to national laboratories particularly when setting up interactions in new areas.

Professor Wallard then turned to the principles used for establishing the BIPM's technical programme, pointing out that the technical work of the BIPM is not an end in itself but provides the intellectual basis which is used to support all the other tasks that are undertaken. These tasks include the huge and growing work of the CCs, the management, the analysis and the piloting of the comparison programmes, and of the other collaborative projects in which the BIPM takes part. Our technical base gives us the credibility and the independence to establish liaisons and MoUs with other international and governmental bodies. However, the BIPM is a small institute and consequently must be selective. It is important to find the niche in world metrology where it can be most effective, and not duplicate work that can be done more appropriately in other laboratories. The BIPM carries out all its work in the most efficient and cost-effective way possible, and he hoped the Member States recognized this as good value for money.

He then turned to the individual programmes, highlighting a number of issues.

He informed the Conference that the BIPM had stopped a lot of work in its Length section, concentrating on the calibration and comparison services used with fixed and portable femtosecond combs. The BIPM is currently the only metrology institute with a portable comb, which has already demonstrated its value in a number of comparisons that have been carried out both at the BIPM and at the NIST, Boulder. The BIPM has piloted key comparisons and monitored the iodine-stabilized reference laser that, for 20 years or so, has been the world reference in this area. The CCL, at its last meeting, asked the BIPM to develop a best-practice guide for femtosecond comb measurement, perhaps building on the very successful comb workshop held at the BIPM in 2003. In addition, the BIPM operates a very small commercial business, selling iodine cells to NMIs at cost and at a small commercial profit to other organizations. All this work has been endorsed and requested by the CCL at its last meeting. This was in conflict with last year's meeting of the CIPM, which recommended closure of this section in 2006. The broad area of interferometry is maintained as a core competence, widely applied in existing and new projects. The BIPM plans to host the next international comparison of gravimeters at the BIPM in 2005.

In the mass programme, we continue to supply and manufacture mass standards. Work is still needed to better understand the performance and limitations of the surface stability of platinum-iridium. There is an international programme in this area, jointly with a number of NMIs. In terms of networks and collaborative projects, the international Avogadro project is an area in which the BIPM can contribute unique expertise. Also, in light of the possible redefinition of the kilogram, the BIPM has a responsibility to monitor the International Prototype through a watt balance. There are also plans to license some BIPM developments in balance technology.

The time programme focuses on ways to increase the accuracy of TAI, speed up the service delivered, and improve the way in which it is disseminated. We intend to complete a calibration programme of GPS receivers for time transfers, and we urgently have to develop new methods of time transfer in the light of the new optical frequency standards now being developed; it is vital that we all work together on this project. It is an exciting time in length and optical frequency: the optical frequency standards are challenging the best that can currently be done with caesium beam standards. A joint working group has been set up between the Consultative Committees for Length (CCL) and for Time and Frequency (CCTF), to examine if, and when, any optical frequency standards can be used as secondary representations of the second.

In electricity, the programme of comparisons and validations of national standards will be continued, generally using portable standards. These portable standards are reliable, provide the necessary stability, and have been developed at the BIPM, which is the only organization to maintain high-level standards that can be moved around the world. The existing calibration service for standard cells will be closed. Travelling and fixed standards will be maintained in resistance. Finally, at the request of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) the BIPM will continue to pilot the key comparison on capacitance.

Photometry and radiometry have had a fine and proud history at the BIPM, but Prof. Wallard confirmed that this section will close at the end of 2003. The standards and equipment will be archived or disposed of, as appropriate, and the three scientific staff of the section will be transferred to other areas of work within the BIPM. The two related Consultative Committees – for Radiometry and Photometry (the CCPR) and for Thermometry (the CCT) – will of course still have to be serviced from within our other activities at the BIPM.

The BIPM will continue to improve its reference standards in ionizing radiation, supporting and underpinning human health, well-being and society. These standards are used in comparisons, and in calibrations of the standards of national laboratories, particularly for the increasing number of national laboratories that do not have their own primary standards. The value of our collaborations with the International Atomic Energy Agency (IAEA) cannot be overestimated: the BIPM calibrates the IAEA's reference standards, and this has obvious implications for the global control of radioactive materials. The Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI) have requested a new comparison of mammography energy levels and a new reference system for this area of work. This is obviously an extremely important service, also being developed by an number of NMIs. The BIPM will also continue to expand the International Reference System for radionuclides.

The new Chemistry section is planned to consume a growing proportion of the BIPM's scientific activities. A target has been set of providing 10 to 15 comparisons of ozone spectrophotometers each year, using the reference facility we have established jointly with the NIST. A key comparison of reactive gases will be undertaken, underpinning air-quality regulations. We plan to launch and to manage an international network in organic pure materials, and for this we require at least two new professional staff, qualified and experienced, either as our own staff or "on loan" for a period from other laboratories. As discussed by the CCQM and with the NMIs, there is a need for a reference facility for pure materials, and the BIPM can fill this gap. Finally, as mentioned earlier, we need to manage the international framework for measurements in laboratory medicine, for drugs, and perhaps also for food – through liaisons with industry, the NMIs, regulators and with legislators.

We shall have to adapt the KCDB, the external face of the CIPM MRA, as we deal with new areas of metrology. Many people share our confidence in it and are keen to share the results with

regulators and others. It is important that this leads to reciprocal open access to markets; the KCDB is a neutral product, which can be used by regulators and legislators in different countries.

Turning to related support services, Prof. Wallard commented that the BIPM's Quality System, which complies with ISO/IEC 17025 for measurement services, will be expanded to other activities such as TAI, the KCDB, and various administrative services. He remarked that the BIPM IT section is highly regarded, and is always praised in the responses to questionnaires distributed to delegates at meetings. This service will continue to be developed. He said that it was important for the BIPM to continue to increase its emphasis on external communications, and confirmed that the BIPM planned to return to a programme of planned building maintenance at the level of between 5 % and 7 % of the budget.

Professor Wallard then highlighted the importance of staff training programmes, including technical training, managerial training, and language skills. Referring to Draft Resolution J, he said he hoped that both BIPM staff and NMI staff would benefit, through attachment opportunities for guest workers, and that the meeting of directors would agree specific areas in which staff exchanges could be arranged.

Over the next few years, the BIPM will increasingly be looking for opportunities to work closely with the NMIs in the growing work of servicing the Consultative Committees and associated working groups. The BIPM has to manage the planned reduction in number of staff, while balancing the needs for technical activity and for international coordination and liaison. The next four-year programme is all about change and value for money.

Professor Wallard pointed out that a key comparison typically takes about 1.5 man years to pilot from start to finish, and costs roughly 150 000 €; if the BIPM pilots it, this cost is shared. He reminded delegates of the KPMG report, already mentioned by Dr Kaarls, saying that the economic impact of the CIPM MRA is clear. Although the BIPM cannot undertake all the key comparisons in the world, the Consultative Committees still encourage it to take on more!

Finally, he mentioned new activities such as the JCTLM, where the input of the BIPM on behalf of the Metre Convention is vital in terms of efficiency and impact.

As incoming Director, he remarked that he had first worked at the BIPM in the 1970s with Mr Chartier, and needed no convincing of the value of the organization. The BIPM has changed enormously and is changing faster and faster, taking on a whole variety of new projects within reducing resources. In recent years, the BIPM has reduced its laboratory work by 10 % in order to increase its coordination work. He estimated that this has double or trebled over the last years and now takes about 40 % of the time of senior staff. The BIPM has also introduced measures to save money, and has delivered the programme the CGPM charged it with, without any additional budget. He was convinced that there is very little scope for new cost-cutting of any significance. To deliver the proposed 2005-2008 work programme it will need more money.

He emphasized that the CIPM had already taken tough decisions to live within its means and that it would not ask for more money unless it had to. In relation to the planned cuts and closures he said that he had received protests from the CCL, who made a very strong recommendation to the CIPM to maintain the work in comb technology and international comparisons.

In concluding, he commented that he had worked in an NMI and in government. He was keenly aware that a successful change or restructuring programme comes at a price, and stressed that if the international community wants a successful BIPM then it must share the investment. His

intention was to take the best of the past and merge it with the challenges of the future, and he commended the proposed programme of work and Draft Resolution J to the CGPM.

Professor Bordé thanked Prof. Wallard and invited questions from the floor.

Dr Ono (Japan) expressed his appreciation of the achievements of the BIPM and those of Dr Quinn, noting that since its creation the BIPM has contributed much to metrological science. However, he said that the role of the BIPM was now changing and he was concerned about the proposed programme of work. He suggested that the chemistry programme may be too expensive, too heavy for the BIPM to undertake, and may also be too late. He warned that the BIPM should choose its priorities carefully in this area, and asked the BIPM to take on more coordination work in this area.

Dr Quinn thanked him for his kind words about the past activities of the BIPM, and commented that to understand the present it is important to look at the past. The success of the BIPM in all areas, including its increasing role in coordination, is founded upon its technical expertise. Obviously the BIPM cannot grow in all areas, but it needs to maintain a small nucleus of people on which it can build links with visitors. It would not be possible to attract good people to work at the BIPM in the absence of laboratory activities.

Professor Wallard said that he took Dr Ono's advice seriously but reminded the Conference that the proposed programme of work in chemistry was largely based on the advice of the CCQM, who considered that, with the proposed level of investment, the BIPM would be able to make a significant contribution to the field. He pointed out that the level of investment was modest in absolute terms, and that the BIPM would be part of a network, coordinating with ten to fifteen other laboratories. He promised to continue to take advice in this area, especially from the CCQM.

Dr McGuiness (United Kingdom) endorsed Dr Ono's comments on the achievements of the BIPM and the work of Dr Quinn and went on to consider the future role of the BIPM. He postulated that most people would agree that neither of the extremes – purely technical or purely coordination work – were realistic. He heartily supported the continuation of technical work at some level, saying that it was important to be able to attract the best people to work at the BIPM. He gave his support to the proposed programme, which he considered to be a reasonable compromise between technical and coordination activities, but he suggested that a principle of prioritization should be introduced and said he would welcome a debate on the criteria on which a future work programme should be based.

Dr Shehata (Egypt) said that the BIPM played a valuable role in helping developing countries establish metrology infrastructures. Although Egypt was not yet in a position to benefit fully from the BIPM's proposed programme in chemistry, because their infrastructure was not yet developed, they welcomed the move towards chemistry and were willing to support it financially. However, he regretted the closure of the BIPM's Radiometry and Photometry section, saying that this placed an additional financial burden on NMIs such as the National Institute for Standards (NIS), which would now have to pay to establish traceability through other NMIs. He called for the CGPM to provide an alternative.

Dr Lusztyk (Canada) lent his strong support to the concept of compiling criteria and asked the CGPM, in the light of the number of NMIs now developing chemical programmes, who should coordinate and set up international collaboration in these areas? If it is not the BIPM, then some other organization(s) will have to fill the vacancy. But Dr Lusztyk pointed out that the BIPM has

already earned enormous trust and said he had faith that the bureau could lead international collaboration in this area. If the CGPM is of the same opinion, then the BIPM's chemistry programme must be balanced to make it reasonable in terms of cost and coordination.

Dr Vaucher (Switzerland) argued in favour of maintaining the BIPM Length section, saying that currently only a very small number of NMIs have frequency comb systems. Although he did not question the need for the BIPM to be active in new fields, he considered it premature to close the BIPM Length section when a possible new secondary representation of the second is being considered. Prof. Bordé added his support for the BIPM's work on stabilized lasers.

Dr Quinn said he agreed completely with the suggestion to develop criteria, but hard decisions had had to be taken by the CIPM in October 2002 when it had become clear that with the budget increase likely to be voted by this General Conference would not be sufficient to sustain all of the then proposed programme to 2008. The CIPM's decisions were based on the possibility of offering a unique service, and the laser programme has changed since the development of frequency combs. In the longer term, an appropriate role for the BIPM might have been to carry out comparisons between its own optical clocks, and remote optical clocks, using fixed and travelling comb standards. However, this project is impossible in the light of the budgetary restrictions and, realistically, the work should now be restricted to comb comparisons and calibrations of lasers using this technique. The CIPM had to choose, and the broad choice was made in favour of the chemistry programme. Dr Quinn said he understood completely the disappointment of the length community, but affirmed that the CIPM's choice had been taken based on objective criteria.

Dr Semerjian (United States) commented that not everyone was yet convinced that the BIPM had found an appropriate niche in chemical metrology. He called for further debate on the selected area of activity before discussing more investment.

Dr Kaarls responded as President of the CCQM, noting that he would be reporting more fully later on the activities of the Consultative Committee, but affirming that both the CCQM and its Working Group on Organic Analysis (OAWG) had discussed at length, and on many occasions, the type of work that should be undertaken at the BIPM. The proposed programme of work in chemistry is the result of these discussions and has the unanimous support of the laboratories working in similar fields. He promised that the programme would be closely tuned by the CCQM.

Dr Carneiro expressed his concern about the number of key comparisons required by the Consultative Committees, saying that he would like to see an analysis of the number of key comparisons required and the frequency with which they should be conducted, based on the results obtained thus far. Such an analysis should allow them to be run more efficiently, with a concomitant saving. Statistics from EUROMET indicate that the number of key comparisons is levelling off and he said he hoped this would be mirrored at the global level.

Dr Quinn agreed that initially a very large number of key comparisons had been started, but commented that the situation was evolving; the Consultative Committees now usually wait to finish existing comparisons before starting new ones. In general, the activity is levelling off, as the community realizes that it is not necessary to hold a key comparison in every area. The periodicity is also being extended.

Professor Wallard added that the subject had been discussed at the last meeting of the CCL and its Working Group on Dimensional Metrology. At its 11th meeting (September 2003) the CCL decided to changed the way it runs key comparisons, particularly those comparisons involving

gauge blocks. He agreed that key comparisons should be chosen carefully, not just undertaken for the sake of carrying out a comparison, but selected as a means of validating the CMCs of laboratories. He noted that certain key comparisons had already proved extremely efficient as a means of identifying and diagnosing previously undiscovered problems at certain laboratories, and commented that the level of equivalence was often not as high as initially thought.

Professor Kovalevsky then returned to the comments of Dr McGuiness, saying that in 2002 the CIPM had had to make their decision fairly rapidly because it was essential to reduce the expenditure of the BIPM in 2003. They had sought and taken on board the opinions of as many people as possible, but he supported Dr McGuiness' suggestion that a set of criteria be established and noted that this should be done during the coming year. He added that the criteria might have to be modified with time, so that they continued to give maximum benefit for the Member States of the Metre Convention, and said that the CIPM would discuss the matter at its meeting on Friday 17 October, at the close of the Conference. He suggested that a group should be formed, comprising CIPM members and perhaps also CGPM delegates, to define the criteria.

Dr Érard also wholeheartedly welcomed Dr McGuiness' suggestion, proposing that the list of criteria should be considered at the next meeting of directors. He said it was essential that the BIPM did not reproduce work done at the NMIs, and questioned the necessity of the BIPM constructing a calculable capacitor.

Dr Kumar (India) said that, as Director of the NPLI, he appreciated how hard it is to close an activity and congratulated Dr Quinn and Prof. Wallard on the proposed work programme. He agreed that the BIPM needed to maintain its technical activity in order for its voice to be heard, but pointed out that its coordination activities currently represent about 30 % of the budget and they are likely to increase, so it was important to discuss how to control this increase, and perhaps outsource some of the coordination work.

Dr Bement (United States) said he did not question the scientific expertise of the BIPM related to its research work, which was needed for it to deliver many of its technical functions, but pointed out that much of the coordination work; for example, the attendance of its staff at meetings of other international organizations, and general publicity related to metrology, could also be carried out by NMIs. He recommended that the intellectual resources be considered carefully with a view to maximizing leverage in the coordination activities.

Dr Quinn agreed, adding that secondments could be of great help over a broad range of activities.

Dr Lusztyk noted that the Consultative Committees of the CIPM are very important advisory groups in terms of Member States and NMIs, and called for the NMIs to take responsibility for the advice given by their representatives at the CCs. He recommended that management systems in NMIs ensure that their representatives on these Committees are fully briefed, and urged the delegates to make sure that they present the opinion of their institutes.

Professor Bordé summarized the discussion, saying that for the BIPM to survive and function, even in a coordinatory role, it must have scientific credibility in the fields of physics and chemistry, where it must maintain activity in some aspects at the highest level.

There was no further discussion, and Dr Quinn then read Draft Resolution J.

13 Report on the implementationof the CIPM Mutual Recognition Arrangement

Dr Quinn reported that there were now about almost 500 key comparisons registered in the KCDB. This represents an enormous amount of work, but it seems to be the only way to demonstrate quantitative agreement between all national standards. Indeed, the results thus far have generally demonstrated very good agreement between the measurement standards of the major industrialized states. The comparisons have been carried out in a clear and transparent manner, and the results are being submitted at the rate of three to four sets per week.

A large amount of work has also been devoted to the development of Appendix C, which currently contains over 15 000 CMCs. Dr Quinn paid tribute to all the staff in the NMIs who have contributed to the key comparisons, and thanked in particular the people who have been involved in regional reviews.

Two of the problems that have arisen are: (i) a too detailed statistical analysis has sometimes led to unjustified delays; and (ii) sometimes a lack of communication between the regions which has led to delays in the treatment of CMCs. He drew attention to the recent decision of the CIPM to create working groups to discuss CMCs, but commented that overall the system is working well.

Looking forward, he said that the key comparisons would have to be renewed, and called for continual vigilance so that the CMCs in Appendix C remain up to date and supported by key comparisons.

The next challenge was to publicize the MRA and the KCDB to regulators, accreditators and industries. He called for NMI directors to sell the product as a remarkable tool to the people who need to use it, and mentioned briefly a suggestion of Dr Schwitz on recommending it to governments, which would be presented as a proposed modification of Draft Resolution F.

There were no questions from the floor, and Dr Quinn then read out the text of Draft Resolution F.

Dr Ono suggested inserting an additional sentence under “noting” to emphasize the credibility of the MRA as endorsed by international comparisons and peer reviewing between NMIs in a transparent manner. Dr Valdés called for attention to the wording, with respect to peer reviewing, drawing attention to section 7.3 of the Arrangement. Professor Kovalevsky suggested that some general wording relating to Quality Systems could be used instead.

Dr Bement remarked that it was particularly important to promote the CIPM MRA to national regulatory, accreditation, and standardization bodies. He suggested that another sentence should be added under “invites” to call for a concerted effort to make the MRA as inclusive as possible. Dr Šafarik suggested deleting the words “legislative bodies”, pointing out that they are already covered by the description “regulatory bodies”.

Dr Hengstberger called for the notion of reciprocity to be highlighted, suggesting that the word “mutual” should be inserted before “acceptance” in the text.

Dr Sacconi wondered whether the term “nominated institutes” could be used instead of “designated” institutes. Dr Quinn said he understood the problem, but pointed out that the term “designated institutes” is defined in the text of the MRA; he hesitated about using different language. Dr Sacconi noted that the term “nominated institutes” also appears in the MRA,

relating to participation in key comparisons, and encouraged the strengthening of this interpretation.

Professor Issaev suggested that the Resolution should mention the importance of the CIPM MRA to trade, and in particular to the WTO.

Dr de Leer noted that a draft law on construction is being introduced in the Netherlands, with explicit mention of the CIPM MRA. However, as the Arrangement is signed by directors of NMIs it may not be sufficient for national legal purposes. He suggested another addition along the lines of "noting that the MRA has the full support of all our governments". Dr Quinn replied that in some respects this was similar to the proposal that would be made by Dr Schwitz, but pointed out that in the "Essential Points" and in the "Preamble" to the CIPM MRA it is stated that the Director signs with the approval of the (governmental and other official) authorities in their own country.

Dr Schwitz was then invited to present his proposal, mentioned earlier by Dr Quinn. He applauded the CIPM MRA, calling it the most important landmark in international metrology since the signing of the Metre Convention in 1875. He pointed out that it provides the step from recognition of a system to recognition of standards and capabilities. It is a huge, worldwide, ongoing project, which requires significant input in terms of effort and funding, and involvement at all levels. The CIPM MRA has already had significant impact within the metrological community, allowing verification of laboratory's capabilities, with immediate benefit for our measurement systems. However, he pointed out that, as yet, it has only had modest recognition at the political and regulatory levels and we are now at a stage where it is important to correct this.

Dr Schwitz suggested that it would be useful to amend Draft Resolution F with a call for the CIPM to prepare a formal declaration of acceptance of the MRA and the global framework for mutual recognition of CMCs, which should be sent, on behalf of the CGPM, for signature by Member Governments. It should encourage them to use and refer to the CIPM MRA in appropriate national legislation and in bi- or multilateral trade agreements.

Dr Quinn reminded the conference that the name of the MRA had previously been changed from Agreement to Arrangement, because the CIPM had been advised that it would be difficult to get an "Agreement" signed. While he was fully in favour of recommending the CIPM MRA to all governments, he was less sure that they should be asked to sign something. He called on delegates at the CGPM and directors of NMIs to reflect on how best to promote the MRA to users.

Dr Bennett agreed with Dr Schwitz that a logical step would be for the CGPM to ask the CIPM to discuss the question and report back on how to encourage governments to use the CIPM MRA, saying that it was important to maintain the momentum of the Arrangement.

Dr Bement raised a general question about what is meant by the word "key". He reminded delegates that the initial intent of the Arrangement was to demonstrate traceability to the SI. One might question whether we have now gone well beyond that, to a system of greater inclusion. The system has perhaps blossomed into something much more than was originally intended.

Professor Göbel remarked that although Dr Quinn had requested NMI directors to promote the CIPM MRA, the General Conference provides an appropriate arena to prepare the political floor for this.

Dr Carneiro called for NMI directors to coordinate their efforts to promote the MRA, suggesting that this should be done perhaps with the support of the CIPM. He pointed out that it is

important to make the advantages of the MRA clear to the outside world, and suggested that the CIPM should produce promotional material for distribution in each country.

Dr Lusztyk considered that a CGPM Resolution would have more political weight than a Recommendation or other document produced by the CIPM, and Dr Schwitz agreed but said that another four years would be too long to wait.

Finally it was agreed that a small group, comprising the delegations of the Czech Republic, Japan, The Netherlands and Switzerland, would revise the draft text and present a new version of Draft Resolution F on the morning of Thursday 16 October.

Dr Schwitz thanked the CGPM for the improvements that had been made in this revised version, particularly Draft Resolution F2. Dr Érard drew attention to a problem with the translation in the fifth bullet point under "noting". Dr Quinn agreed that this should be looked at again, and requested that the MRA should always be referred to as the CIPM MRA, to distinguish it from other MRAs in existence.

During the voting on 17 October, revised Draft Resolution F2 was adopted unanimously as Resolution 6 (see page 377).

Dr Quinn then read the text of Draft Resolution G. After a brief discussion, it was agreed that the word "Governments" in the first bullet point under "recommends" should be changed to "appropriate authorities".

When Draft Resolution G2 was presented on Thursday 16 October, it was noted that the French equivalent of "facilities" should be "moyens" rather than "équipements", and that in the English text the words "calibration results" should replace "calibrations" in the final bullet point. The revised text G3 was duly adopted unanimously on Friday 17 October as Resolution 7 (see page 378).

Dr Quinn then read the text of Draft Resolution N.

▮ Relationship between National Metrology Institutes and National Accreditation Bodies

Draft Resolution N

The 22nd General Conference,

considering

- the key role played by National Metrology Institutes (NMIs) at the origin of accreditation of calibration and, in some countries, also of testing laboratories to meet the increasing demand for the calibration of measuring standards and instruments traceable to the SI that could no longer be met directly by the NMIs themselves,
- the essential character of a close technical cooperation between the staff of NMIs and National Accreditation Bodies (NABs),
- the overriding importance to the paying customer of technical competence in the accreditation process of calibration and testing laboratories,
- recent tendencies towards a complete separation between NMI and NAB activities in the name of impartiality, independence and integrity of the latter,

- the evident danger that such a complete separation may have for the technical competence of NABs and, in consequence, for accredited calibration and testing laboratories,
- that the specification and implementation of national policies related to the national measurement and the national accreditation systems are ultimately the responsibility of national Governments,
- that in some countries the NMI is responsible for operating the NAB and in others the NMI and NAB are combined in a single institution,

emphasizing the importance of equitable and uniform policies in respect of both large and small metrology and accreditation systems in all regions of the world,

recognizing the importance of world-wide harmonization of such policies,

welcomes the recent CIPM-ILAC Memorandum of Understanding between the International Committee for Weights and Measures and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC),

calls upon all organizations in the area of accreditation to recognize that NMIs and accredited calibration laboratories together provide the essential route to traceability to the SI and hence to reliability in measurements for the whole economy and society and that they should work closely together,

recommends that
- Member Governments of the Metre Convention ensure that an appropriate relationship exists between NMIs and NABs,
- this relationship fosters collaboration on matters concerning traceability of measurement and ensures effective and complementary actions under the CIPM MRA and the ILAC MRA.

Mr Squirrell (ILAC) said he very much supported a Resolution along these lines as a means of guaranteeing technical competence. He is aware that some NMIs are concerned about restructuring in light of the stricter ISO/IEC Standard 17001 (on impartiality). He reminded delegates that this Standard was still in draft form, with no consensus as yet. The final draft would be circulated after the next meeting of ISO CASCO, at the end of October 2004, and he therefore urged all members to comment on this important document. He reassured delegates that ILAC would not implement the new Standard until January 2006, and said there would be a period of implementation. The key point is that there should be impartiality in the decision-making process. Returning to Draft Resolution N, he noted that some countries have multiple accreditation bodies, and warned that any NMI entirely responsable for a NAB was unlikely to meet the new requirements. He reiterated that ILAC was not pushing for more separation between the NMIs and NABs, and indeed recognized the importance of strengthening links with NMIs, but it has to comply with ISO Standards.

There was general agreement that the metrological community should clarify that calibration is not considered a part of conformity assessment.

Professor Göbel voiced his strong support of Draft Resolution N, and pointed out that the Draft ISO/IEC Standard 17001 forbids contact between NMIs and NABs. This, he said, was going too far!

Dr Schwitz suggested that the Resolution indicates how to interpret the ISO/IEC proposals. He pointed out that the NMIs have responsibility for their national measurement systems, which

also include the work of the accreditation bodies. It is obviously important for metrologists and accreditors to work closely together.

Professor Issaev (Russian Federation) reminded the Conference that ISO documents were not mandatory. In Russia, there is strong resistance to the notion that calibration is part of conformity assessment. He argued that the CIPM MRA is a stronger document, prescribing that calibration certificates must be recognized.

Dr de Leer was concerned that the discussion had been led by the accreditation bodies, and pointed out that the text did not cover the situation in the Netherlands and many other countries, where the NMI and NAB are fully separated. He also recommended that the phrase "competent calibration laboratories" be used under "calls upon", in accordance with ISO/IEC 17025. In reply to his first point, Prof. Göbel noted that in other countries, such as Germany, there was no separation at all, but that appropriate steps had been taken to avoid internal conflicts of interest.

Dr Inglis (Australia) warned that the issue had the potential to do serious damage to metrological infrastructures. He presumed the BIPM had had an input to the ISO/IEC Standard and urged the CIPM to intervene on behalf of Member States before the ISO CASCO meeting at the end of the month. Dr Quinn replied that, in fact, the BIPM has not been kept fully informed. Although the BIPM has Liaison A status in ISO CASCO and receives all the ISO CASCO documents, there had been no formal contact with the working groups. In this case, it was the NMIs who alerted the BIPM to the problem and Dr Quinn had written to the ISO General Secretary to clarify the position. In response, the BIPM has been invited to attend the ISO CASCO meeting at the end of October and Dr Kaarls will represent the BIPM at that event. Dr Quinn concluded that it was not possible for the BIPM to monitor all of ISO's activities, and it was agreed that NMIs should keep close contact with their ISO CASCO representative.

When the revised Draft Resolution N2 was presented, it stimulated considerable further discussion. Dr Bement expressed the support of the Government of the United States for the Resolution, but submitted a list of five requests for changes. With regard to the first bullet point under "considering", he suggested that the phrase "could no longer be met directly by the NMIs themselves" should be omitted, because it assumes a commonality in decision making which has not been established; it is not true for all NMIs. Where the text refers to national accreditation bodies he suggested that they should be called "nationally recognized accreditation bodies". In the fourth bullet point, he suggested a change from "recent tendencies towards a complete separation" to "recent tendencies towards requiring a complete separation", saying that this was a matter of policy rather than a natural tendency. In the sixth bullet point, he pointed out that once it is stated that these systems are ultimately the responsibility of national governments, the phrases under "emphasizing" and "recognizes" were *non sequitur*. He suggested either eliminating these two phrases, or changing the word "policies" to "practices"; this latter would also make it consistent with ILAC documentation. Finally, in the seventh bullet point, he recommended changing the wording to " the relationship between the NMI and the NAB varies from country to country; the NAB may be part of the NMI, it may be operated by the NMI, or it may be completely separate".

Dr Jacobescu (Romania) supported Dr Bement's suggestions, and requested that another comment be inserted stating that the CGPM does not consider calibration to be a conformity assessment activity.

Dr Schwitz and Dr de Leer also expressed their support for Dr Bement's suggestions. Dr de Leer then turned discussion to the sentence "called upon", pointing out that here it states that NMIs and accredited calibration laboratories "together provide the essential route for traceability to the

SI", whereas in fact ISO/IEC 17025 does not require that calibration laboratories be accredited; it is sufficient that the calibration laboratory be competent. He therefore proposed changing the description from "accredited" to "competent".

Dr Kaarls and Dr Schwitz felt that the Resolution should keep the description "accredited" while not excluding other laboratories. Professor Göbel pointed out that use of the words "accredited and competent" would be consistent with ISO/IEC 17025. Dr Inglis raised the question "What is meant by 'competent' "?.

Dr Bennett then made three comments. Concerning the previous discussion, he suggested a simple rewording to read "... together provide **an** essential route", to retain the reference to accreditation laboratories while recognizing that there may be other routes. He added his voice to the support expressed for Dr Bement's proposed changes. Finally, under "emphasizing" he suggested that "harmonized" should be used instead of "uniform".

It was agreed that the draft text would be revised in the light of these discussions, and the revised Draft Resolution N3 was duly adopted unanimously as Resolution 11 (see page 382).

14 Report on the admission of Associates of the General Conference

Dr Quinn read Draft Resolution D.

He commented that this Resolution reflects a number of the comments that have already been made during the Conference. One of the initiatives that has already been taken is to address a letter to fifty-one States that are not yet Members or Associates. This letter was sent earlier in 2003, and is also posted on the BIPM website. It includes a useful compilation of the advantages of membership of the Metre Convention and associateship of the CGPM.

Dr Quinn informed the Conference that he had been approached by a representative of CARIMET concerning the possibility of CARICOM becoming an Associate Entity of the CGPM. The 92nd meeting of the CIPM (October 2003) had discussed the application and the Committee were willing to interpret the word "Economy" as a formal regional economic cooperation. Dr Quinn proposed that a combined weighting should be used for CARICOM, and this would allow fifteen or so small States to participate, when they would not have been able to do so individually. He asked the CGPM to endorse this procedure.

Dr Bement expressed his full support, welcoming the spirit of inclusivity.

Dr Tse noted that, in 2000, Hong Kong (China) had become the first Associate of the CGPM. However, the significant increase in their subscription in 2002 represented a large burden and he felt that the minimum level was still too high. Dr Quinn explained the way in which the subscriptions are calculated. The CGPM votes the overall dotation for the BIPM for the next four-year period. This sum is distributed over all the Member States, weighted by their coefficients of contribution to the United Nations. The minimum contribution for a Member State is about 0.5 % of the dotation. For Associates of the CGPM, the calculation is again based on their coefficients of contribution to the United Nations but the minimum subscription is 0.05 % of the dotation. As Hong Kong (China) does not have a coefficient of contribution to the United Nations, China's coefficient was used as the reference and the subscription for Hong Kong (China) assessed in proportion to the relative GDPs of China and Hong Kong (China).

Changes in the UN coefficient for China or changes in the relative GDPs of China and Hong Kong (China) will lead to changes in the subscription to the BIPM from Hong Kong (China) over which the BIPM has no control.

Dr Zahwi (Egypt) called for the BIPM to maintain its traditional activities such as photometry and radiometry, and length, or to subsidize the replacement services if the BIPM calibration services were cut. Otherwise, he warned, developing countries would not benefit from Member or Associate status.

Dr Quinn assured Dr Zahwi that the CIPM were well aware that these activities benefit smaller and developing States, but repeated that there had been no alternative to cutting the services in order to balance the BIPM's budget. He added that he had tried to negotiate special rates with NMIs but had been unsuccessful. He reminded delegates that the BIPM would soon be providing new calibration services in the field of chemistry and that the feedback so far was that developing, as well as developed, countries would benefit substantially from this work.

There were no further questions.

15 Reports of Presidents of Consultative Committees

15.1 Consultative Committee for Length

Dr Myung Sai Chung, President of the Consultative Committee for Length (CCL), presented the following report.

"It is my pleasure to present the report of the CCL.

The 10th meeting of the CCL was held at the BIPM on 19 and 20 September 2001. Recent progress in the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement and the activities of the two CCL working groups, on dimensional metrology and on the *mise en pratique*, were reported.

The Working Group on Dimensional Metrology (WGDM) has met each year since 1996.

WGDM meeting	Date	Location	List of documents	Agenda	Attendees	Chair-person's report	Minutes
1st	21-10-1996	TUD (Denmark)	[/96-22b]	[/96-10a]	[/96-10b]	[/96-10e]	[/96-22b]
2nd	15-09-1997	BIPM (Sèvres)	[/97-18a]	[/97-18]	[/97-19]	[/97-20]	[/97-30]
3rd	19-07-1998	SPIE (San Diego)	[/98-10]	[/98-11]	[/98-12]	[/98-13]	[/98-43]
4th	21/22-09-1999	BIPM (Sèvres)	[/99-20]	[/99-21]	[/99-22]	[/99-23]	[/99-60]
5th	19/20-09-2000	BIPM (Sèvres)	[/00-20]	[/00-21]	[/00-22]	[/00-23]	[/00-54]
6th	17/18-09-2001	BIPM (Sèvres)	[/01-20]	[/01-21]	[/01-22]	[/01-23]	[/01-50]
7th	17/18-09-2002	BIPM (Sèvres)	[/02-]	[/02-21]	[/02-]	[/02-23]	[/01-55]

The codes in this table refer to WGDM documents; in this case, to the list of documents submitted to a meeting, the Chairperson's report to the meeting, and the minutes issued after the meeting. Meetings are characterized by activity reports given by working group representatives for each metrology region, and also reports from each of the discussion group moderators and pilots of current CCL key comparisons. All these reports are catalogued in the cited list of documents for each meeting, and those available in electronic format are archived on the BIPM website, linked to the WGDM document page.

In 1997, the CCL approved six key comparisons in dimensional metrology topics:

No.	Type	Pilot	Start	Duration/ years
CCL-K1	gauge blocks	METAS (Switzerland)	03-1998	1.5
CCL-K2	long gauge blocks	NPL (United Kingdom)	10-1999	1.5
CCL-K3	angle standards	CSIR (South Africa)	07-1998	1.5
CCL-K4	diameter standards	NIST (United States)	09-1998	2
CCL-K5	1-D CMM artefacts	PTB (Germany)	03-1998	2
CCL-K6	2-D CMM artefacts	CENAM (Mexico)	01-2000	2

Each pilot, in some cases teamed with one or two experts from other NMIs, produced a technical protocol that has been approved by the participants and the WGDM, and these are available on the BIPM website. Except for CCL-K1, the start and/or duration of the comparisons have been delayed or extended. Generally, it has been very difficult to keep to the schedule, as some participants suffer equipment problems during their turn, or there are extraordinary delays with transport, notably with customs processing. This is the current status:

	CCL-K1	CCL-K2	CCL-K3	CCL-K4	CCL-K5	CCL-K6
Planning start	09-1997	10-1997	01-1999	01-1999	01-1998	04-2000
Circulation start	03-1998	09-1999	07-2002	11-2000	04-1999	12-2002
Circulation end	09-1999	08-2001	-2003	12-2002	11-2001	12-2002
Draft A report	09-1999	09-2001	-2003	-2003	04-2003	09-2003
Draft B report	01-2001	02-2003	-2003	-2003	06-2003	-2003
App. B listed	08-2001	09-2003	-2004	-2004	11-2003	-2004

Dates highlighted grey are estimates. It can be seen that the first cycle is nearly complete. CCL-K1 and -K2 have finished. Appendix B provides more detailed information on each comparison and lists the participants.

Several comparisons have experienced difficulties with artefact shipments entering/leaving the Russian Federation, where the customs requirements are not clear. At the 6th WGDM meeting, the D.I. Mendeleyev Institute for Metrology (VNIIM, Russian Federation) delegates proposed that the Cooperation in Metrology among the Central European Countries (COOMET) circulation should take place at the end of the schedule for each remaining current key comparison, preceded by a pilot measurement, just in case the artefacts are delayed indefinitely or damaged. Furthermore, the VNIIM and the Russian Research Institute for Metrological Service (VNIIMS, Russian Federation) will work closely with each pilot to ensure that customs documents are correctly completed on entry and exit from the country. The VNIIM and the

VNIIMS plan to advise the customs authorities so that this situation should improve over time, and special precautions should not be necessary in future comparisons.

Several decisions were made at the last CCL meeting concerning the ongoing key comparison BIPM.L-K10 on 633 nm iodine-stabilized He-Ne lasers:

- The CCL approves the results of BIPM.L-K10.
- The key comparison reference value (KCRV) is the value of the BIPM4 laser.
- The degree of equivalence of each laboratory with respect to the reference value has been decided, but not the equivalence between two laboratories.

At present, no additional key comparison topics have been recommended for approval by the CCL.

The CCL, at its 10th meeting, adopted the following recommendations by the WGDM:

1) Customs formalities for CCL key comparison artefacts: The CCL adopts the recommendation that each CCL member, when replying to an invitation to participate in a key comparison, shall provide all the information about the formalities necessary for customs clearance to the WGDM chairperson and to the pilot laboratories, together with details about the contact person at each NMI for customs questions.

2) NANO4 (grating pitch) study to provisional Appendix B: Given that the WGDM has reviewed and approved the preliminary results of the NANO4 study on grating pitch, CCL adopts the recommendation that, when the final report is ready, the results of NANO4 be considered as officially approved and submitted to the provisional BIPM key comparison database (Appendix B), provided that the participants all agree to such publication.

Linking CIPM and regional comparisons numerically requires the WGDM to determine some kind of offset for the linking laboratories. The problem is that we have no confidence that such an offset has any scientific meaning. It is agreed that recent results show that some laboratories have performed in a similar way, measuring consistently longer or shorter in both comparisons. This can be taken into account by the expert committee when reviewing both comparisons. Sometimes it is possible to identify causes for these biases. For example, a length-dependent bias often indicates an error in temperature measurement. It would be normal practice to rectify this immediately. To build it into future comparisons as a deviation from a reference value would add an unnecessary uncertainty (see Appendix C, Calibration and Measurement Capabilities of National Metrology Institutes, of the BIPM key comparison database for further discussion on this point).

The MRA Technical Supplement really deals with testing principal techniques and methods for realizing the SI unit of length, such as the various iodine-stabilized lasers, where offsets may be due to the laser cavity design or the specific method employed. In this case, there will be deviations from a KCRV, which will be persistent and can be measured and accounted for. The WGDM has identified key techniques which are too far removed from the realization of the SI to be significantly influenced by its realization. Perhaps these would be better described as supplementary comparisons, which of course do not require a KCRV. This issue was discussed at the WGDM meeting and at the 11th CCL meeting.

Although the MRA Appendix C listing of services is not the direct business of the CCL, the fact remains that WGDM members are all members of their respective regional Length committees, and WGDM meetings are a convenient opportunity to discuss these issues. Thus the meetings in the last three years have been two-day meetings, with the first day concentrating on Appendix C

issues. One of the great difficulties addressed in the early stages was the need to express each country's calibration and measurement services using a common terminology, so that similar services could be readily compared between countries. A harmonizing document, such as the VIM, is needed to catalogue the types of dimensional measurements that are offered as services – a sort of dimensional VIM, or DimVIM as it became known. The DimVIM organizes dimensional services by major classes (such as end standards, line standards, angle standards), and subclasses and then specific types of instruments or gauges, and names the measurands that might be reported for each. The list was discussed and refined by the WGDM to create a consensus vocabulary of accepted English-language terms to describe each service offered by a country. Another challenge was to harmonize the entries of each service into the standard Excel sheet template, for listing in Appendix C. The WGDM created a detailed instruction guide, to be used by each country in creating their listings of CMCs. A brief instruction and a worked example completed the DimVIM suite of documents. Our colleague from the Centro Español de Metrología (CEM, Spain) undertook to translate the DimVIM suite into Spanish, mainly to help those countries in the SIM to work with the English documents, as all submissions have to be made in English only. The result of this effort was that the Length CMCs from all countries in all regions were submitted with a high degree of harmonization, greatly speeding up the process of regional and interregional review.

The DimVIM, which is posted on the BIPM website, is still evolving and has proved a useful basis for organizations outside the WGDM who wish to have a service list. Other Consultative Committee working groups have followed our lead and developed their own procedures, finding this approach effective for reviewing CMCs.

The WGDM maintains an interest in nanotechnology and the NMI programmes that have recently been launched in this field. One of the future issues for the working group and for the CCL is to consider the need for international activities in nanotechnology.

Since the 1997 CCL meeting there have been three meetings of the *Mise en Pratique* Working Group (MePWG), at the CPEM 98 in Washington (United States), at the BIPM in December 2000 and on 18 September 2001, immediately prior to the CCL meeting. The December 2000 meeting was particularly significant in that its major thrust was to begin a review process for the implications of the newly emerging comb technology that is having such a major impact on absolute frequency measurement of optical frequency standards. This technology now looks capable of bridging the microwave to optical gap with high accuracy, in an effective and efficient manner, in contrast to the frequency chains of recent years. It has major implications in three areas:

1) The ease of measurement of any optical/near-infrared frequency or wavelength standard.

2) The serious possibility that high-performance optical frequency standards may form the reference for a microwave frequency signal by providing a link to an optical standard using widespan comb technology. The follow-on implication of this provision is the potential use of optical standards as secondary representations of the SI second.

3) The methodology for future laser and optical frequency standard international comparisons. Here, the development of small breadboard femtocomb systems for measuring stabilized laser and cold atom and ion optical frequency references lead to the view that the BIPM should adapt their comb system to be a travelling measurement capability. Such a system could be used to measure optical references in various metrology institutes, and/or compare directly with the institute's own femtocomb system. This approach has the capability to

improve upon stabilized laser comparisons carried out under the laser key comparison, but does not rule out such comparisons taking place in the traditional heterodyne way.

Following this 2000 MePWG meeting, the Working Group met just prior to the 10th meeting of the CCL in 2001, in order to draft proposals to the CCL which would take account of new measurements with the comb technology on existing and potentially new recommended radiations. As a result of this meeting, six initial proposals were made to the CCL which may be summarized as follows:

- A change of name for the *mise en pratique* was suggested, in order to take account of applications in spectroscopy, telecommunications and time, in addition to dimensional metrology.
- Research and investigation into femtocomb technology should be encouraged in order to properly understand and extend the technique to highest accuracy and simple application.
- The addition to the recommended radiations list of new radiations in cold atoms and ions with frequency values measured to high accuracy, updated values of existing radiations of cold atom, ion and gas cell types, and new gas cell radiations for the optical telecommunication region.
- The transfer of some iodine-stabilized radiations to the secondary list, where the likelihood of future improvements in measured values was small.

The CCL adopted the proposals. In addition, the question was considered of a future joint working group between the CCL and the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) to consider the relationship between some of the *mise en pratique* recommended radiations and their suitability as future secondary representations of the second. Dr Quinn undertook to raise this issue with the appropriate delegates to the CCTF and CCL, in order to form a view before the CIPM meeting. This group met just before the 11th meeting of the CCL.

Concerning the future activities of the BIPM, the CCL supports work on the new femtosecond comb technology in order to use these new frequency standards for international comparisons. The organization of such future comparisons has to be established in order to succeed the traditional He-Ne laser comparison at 633 nm. The organization of a comparison of Nd:YAG lasers at 532 nm also has to be investigated by the BIPM.

There will be new members of the two CCL working groups. The National Metrology Institute (UME, Turkey) will participate in the WGDM; and the Czech Metrological Institute (CMI, Czech Rep.), the Istituto di Metrologia G. Colonnetti (IMGC, Italy), the Centre for Metrology and Accreditation (MIKES, Finland), the NMi (The Netherlands) and the UME will participate in the MePWG.

The 11th meeting of the CCL was held in September 2003 at the BIPM."

He then read the text of Draft Resolution H.

Professor Bordé thanked Dr Chung and invited comments from the floor.

In reply to a question from Dr Lusztyk, Dr Chung confirmed that a seven-yearly cycle had been proposed for the CCL key comparisons.

Dr Sacconi (Italy) expressed his regret at the planned closure of the BIPM Length section, citing their timely work on femtosecond frequency combs and drawing attention to the fact that only about ten laboratories will be able to offer comb services. He called for activity to be maintained in selected areas, citing Recommendation 1 of the 11th meeting of the CCL (2003) asking the

CIPM to reconsider the proposed closure, and advising that the views of the CCL, as world experts in the field, be taken seriously.

Dr Bement expressed the United States' support for Draft Resolution H and the work of the CCL. He proposed the addition of the words "and microwave" in the part "recommends".

Professor Bordé commented that the various optical and microwave frequencies do not give rise to the same level of accuracy in the realization of the metre, and expressed reservations about putting them on the same footing. Dr Quinn did not share this anxiety, noting that the second is defined through the caesium atom, whereas the frequency chosen for a particular realization of the metre depends on the application. The *mise en pratique* deliberately includes a range of different methods to suit different domains.

Professor Bordé accepted this, but argued that to keep ahead in the time domain, work was needed particularly on the most accurate frequencies, where the realizations are ultimately the best clocks. He drew attention to a calcium standard developed at the NIST, which is exploited both as a clock and to give a practical realization of the metre. He agreed with Dr Quinn that the recently created joint working group CCL-CCTF has a lot of work to do!

Professor Göbel commented that he preferred the term "optical frequency standard" to "clock". There were no further comments on the text of the Resolution.

A minor change was made to the French wording of the first bullet point when a revised version Draft Resolution H2 was presented on Thursday 16 October. The revised text was duly adopted on Friday 17 October as Resolution 8 (see page 379).

15.2 Consultative Committee for Mass and Related Quantities

Dr Tanaka, President of the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM), presented the following report.

"I am pleased to present the report of the CCM.

The CCM held its 8th meeting in May 2002. Its main concerns were the facilitation of technical cooperation among member NMIs for the improvement of global measurement standards, and the implementation of key comparisons for the MRA in the fields of mass and related quantities. Currently, ten working groups are engaged in these activities according to their technical expertise. For example, by organizing timely meetings or inviting specialists to become members or observers. These are the working groups for mass standards, density, force, high pressure, medium pressure, low pressure, the Avogadro constant, hardness, fluid flow, and gravimetry. The CCM has organized two meetings of working group chairpersons, in October 2000 and June 2003, to foster close links among the activities of the working groups, particularly with respect to key comparisons. Invited delegates from major RMOs helped the CCM to respond to technical problems common to different regions. The secretariat, the President and the Executive Secretary of the CCM coordinate these functions on behalf of the members of the CCM, helping the chairpersons from an administrative viewpoint and liaising with the BIPM and the CIPM.

Organizational improvements within the CCM since the last CGPM include:

- establishment of a Working Group on Hardness (2000, CIPM, upgraded from the *ad hoc* Working Group on Hardness) and a Working Group on Gravimetry (2002, CIPM);

- chairpersons' first meeting (October 2000, NPL, United Kingdom); second meeting (June 2003, Cavtat, Croatia);
- establishment of a Coordinating Committee for the Working Group on the Avogadro Constant (2002, CIPM); and
- changes in personnel: President of CCM, chairpersons of working groups for mass, density, high pressure, medium pressure, low pressure.

Mass standards

The Working Group on Mass Standards met in 2001 in Istanbul, and in 2002 at the BIPM.

One of the scientific issues relating to the performance of kilogram prototypes is to determine whether the change in mass is predictable in an environment that includes a cleaning process. The calibration at the BIPM of platinum iridium prototypes of NMIs after their third periodic verification made possible a systematic study of the change in mass. The study of fourteen prototypes at different periods after the third verification concluded that changes of mass following cleaning are not identical for each standard and that rates of short-term and long-term mass increase following the cleaning are not universal. It seems evident that the BIPM must maintain a sufficient number of Pt-Ir standards in order to maintain the stability of the unit of mass between periodic verifications (or until such time as a satisfactory alternative to the present definition of the kilogram becomes available).

The following activities were carried out by NMIs, by the BIPM or in cooperation between different organizations:

- surface contamination and stability of mass standard artefacts; by monitoring molecular changes on the surface and mass by adopting such molecular sensing technologies as ellipsometry, thermodesorption mass spectrometry, x-ray photoelectron spectroscopy and time-of-flight secondary ion mass spectroscopy, with controlled surface manipulation by means of various cleaning processes;
- surface roughness evaluation technology on the mass standard artefact; using light scattering and a mechanical profilometer;
- magnetic properties of mass standard artefacts and their interactions with balances; with a special comparison for magnetic property evaluation technology;
- temperature and convection effects in the mass calibration environment; with initial temperature distribution and density difference of artefacts;
- volume determination of mass standard artefacts for buoyancy correction.

The working group has undertaken five CIPM key comparisons, the status of which is as follows:

- CCM.M-K1 (1 kg), CCM.M-K2 (multiples and submultiples) and CCM.M-K3 (50 kg) are completed, draft B reports have been accepted and final reports are to be approved.
- Preparatory work for CCM.M-K4 (1 kg) is under way. Stability checks on the travelling standards were completed in 2002. Circulation of the travelling standards is envisaged for 2003.
- Measurements for CCM.M-K5 (multiples and submultiples) have been completed.

The working group confirmed future plans for CIPM key comparisons and their periodicity, and the status of RMO key comparisons was reported by RMO delegates and discussed by the group.

Density

The Working Group on Density met in 2002 at the BIPM, reporting on the following research carried out by NMIs.

The recommended density table for Standard Mean Ocean Water (SMOW) was derived from four experimental results by NMIs reported in the last decade. Data analysis on the results was carried out by the Water Density Task Group, approved by the working group and endorsed by the CIPM, and published in *Metrologia* [2001, **38**(4), 301-309]. The table gives the corrections for air pressure, isotopic abundance and air dissociation with an uncertainty over the temperature range of approximately 0.8×10^{-6}. It is expected to be widely used in volumetry, materials science and precision metrology, such as in volumetry for mass standard artefacts and ionization radiation metrology.

Research work by the BIPM and the PTB (Germany) on the precise density of air revealed a smaller relative uncertainty, 7×10^{-6}, by the artefact method than by the environmental correction method using the CIPM-recommended formula, with a difference of the order of 10^{-4}. This could be partially attributed to the discrepancy between the two reported values of the concentration of argon in air, 9.17×10^{-4} and 9.34×10^{-4}.

Considerable progress in the absolute and relative density measurements of mercury at 20 °C was reported by the PTB, with a current uncertainty of 3×10^{-6} in the absolute value, which promises many applications in precision manometry and the determination of fundamental constants. For density measurement, the technology involved adopts tantalum for sinkers in hydrostatic weighing in mercury. The PTB announced a possible service plan for other NMIs.

Other activities reported by NMIs concerned: sensing technology for density of air and the measurement of density of moist air, and research on the refractive index of air.

The working group has also undertaken a CIPM key comparison on the density of silicon, CCM-D.K1, in which all calibration is complete and the draft A report will soon be available. It is well understood that the silicon crystal artefact offers the best features in terms of the primary standard of density. As at present, nine NMIs have a silicon sphere national density standard but only four of them are capable of absolute measurement, it was decided that the comparison should use a perfect crystal silicon sphere with a mass close to 1 kg for the transfer standard, but that the participants' hydrostatic weighing calibration technologies should be compared.

The working group prepared future plans for CIPM key comparisons, on liquid density (CCM.D-K2), the mass standard artefact (CCM.D-K3) and hydrometry (CCM.D-K4).

RMO key comparisons were reported and discussed with respect to their linkage to CIPM key comparisons, and were approved for provisional equivalence.

Force

The Working Group on Force met in 2001 at the NIST (United States). The current topics of research for the group include: improvement in the stability of force transducers, torque measurement standards, dynamic force metrology and many other topics, conducted by individual NMIs as well as cooperatively.

The status of CIPM key comparisons undertaken by the working group is given below. Each key comparison consists of calibration on a set of force transducers circulated together with electrical reading devices and humidity and temperature monitoring devices.

The instability of the transfer standard requires a star circulation programme, in which calibration by the pilot laboratory follows calibration by each participant.

- The calibration phases of low force measurements CCM.F-K1.a (5 kN and 10 kN) and CCM.F-K1.b (5 kN) have been completed by the participants and draft A reports circulated. The discussion at the meeting revealed that one of the main problems associated with the comparisons is the stability of the force transfer standards and the evaluation of results for the calculation of the key comparison reference values. The draft B report will be circulated by October 2003. Characteristics of the transducer such as temperature dependence, uncertainties and short-term transducer drift must be supplied to the participants for their analysis, along with the uncertainty component list.
- CCM.F-K2.a (50 kN and 100 kN) and CCM.F-K2.b (50 kN), now in the planning phase, will start in 2004.
- CCM.F-K3.a (0.5 MN and 1 MN) and CCM.F-K3.b (0.5 MN) will start in 2004. The transfer standards have been selected and stability is now being investigated by the pilot laboratory.
- CCM.F-K4.a (2 MN and 4 MN) and CCM.F-K4.b (2 MN) have started. The loading and unloading procedure is very critical and must be agreed by discussion.
- CCM.F-K5 to -K22, which have all been completed, were approved for provisional equivalence.

High pressure

Since the Working Group on High Pressure met in May 2002 at the BIPM, the NMIs have continued their research activities with the following aims:

- improvement of national pressure scales;
- study and realization of new pressure transducers to be used as transfer standards for comparisons or for specific industrial applications;
- acquisition of more automatic measuring systems with dedicated sensors for data acquisition and software treatment in real time;
- theoretical calculations using more advanced mathematical methods (finite-element method, numerical and statistical methods); for example, for simulation processes or for important areas such as the elastic distortions in pressure balances that are currently being researched with important and interesting results (as well as throwing light on new problems previously insufficiently researched, such as the determination of the elastic constants of materials used for each piece in the piston-cylinder assembly).

The working group agreed on a policy for choosing a CIPM key comparison according to the pressure media and the range of pressure.

The calibration of gas media, gauge mode, up to 7 Mpa, covered by comparisons CCM.P-K1.a (50 kPa to 1 MPa), CCM.P-K1.b (50 kPa to 1 MPa) and CCM.P-K1.c (80 kPa to 7 MPa), has been successfully completed and approved for equivalence, results being published in the BIPM key comparison database. The transfer standard of the piston cylinder is calibrated by the participants in terms of the area of the piston; i.e., the ratio of mass times gravity to pressure.

The calibration of liquid media, gauge mode, up to 100 MPa, will be covered by CCM.P-K7 in the calibration phase from 2003 to 2005. This particular comparison is intended to respond to the need for linkages among the RMO key comparisons and bilateral key comparisons currently under way.

Another liquid media comparison, CCM.P-K8 (gauge mode, 100 MPa to 500 MPa), for which the measurements have been completed, was selected for use in merging the comparison results at the EUROMET level already available in 1999.

RMO key comparisons were reported, linkages discussed by the working group, and approved.

Medium pressure

The Working Group on Medium Pressure met in May 2002 at the BIPM.

The research carried out by NMIs include such subjects as developing a new manometer and a special pressure balance for low pressure operation.

Key comparisons CCM.P-K2 and CCM.P-K6 (10 kPa to 120 kPa in absolute and gauge modes) used a piston-cylinder assembly from the BIPM. The calibration phase has finished and the evaluated results have been prepared as draft A reports. The comparisons suffered from various problems, particularly relating to the repeatability of the transfer standard and gauge- and absolute-mode differences in this lower pressure range. The performance of the piston-cylinder was checked prior to and during circulation, and showed anomalous instability which in practice was acceptable for the continuation of the key comparison. A delay in circulation was caused by the loss of a carnet; however, the draft A report was discussed by the participants.

Key comparison CCM.P-K10 (10 kPa to 140 kPa, gauge mode), completed in 1995, was approved for provisional equivalence. RMO key comparisons were reported and evaluated.

Low pressure

The Working Group on Low Pressure met in May 2002 at the BIPM, and discussed cooperative research activities such as the improvement in stability of low pressure transfer standards through the use of resonant silicon gauges, and the development of ultra-high vacuum spinning rotor gauges.

The working group has undertaken the following CIPM key comparisons using low pressure and vacuum gauges as transfer standards:

- CCM.P-K4 (1 Pa to 1000 Pa, absolute mode), and CCM.P-K5 (1 Pa to 1000 Pa, gauge mode), were successfully completed and the results are available in the KCDB.
- CCM.P-K3 (3 μPa to 9 mPa) finished its calibration phase and analysis of the results is under way. During the circulation of three ionization gauge transfer standards, two of them were damaged but the surviving standard and two spinning rotor gauges were used to complete the comparison.
- CCM.P-K9 (0.1 mPa to 1000 mPa) was approved for provisional equivalence and the status of RMO key comparisons was reported and discussed.

The choice of future CIPM key comparisons for comprehensive coverage over the entire pressure range was discussed and the conclusion was reached that it should be shared with other pressure working groups. Finally, the decision was made to repeat CCM.P-K9 as the next comparison and to set a periodicity of ten years for each key comparison.

Joint meeting for pressure working groups

This meeting, which took place in May 2002 at the BIPM, discussed coordination of the timetable of key comparisons and concluded that one CIPM key comparison on pressure every three years would be sufficient to ensure equivalence among CMCs once the function of Quality Systems for similar calibration technologies is established in each participating NMI. Priority for the next three years was given to the high pressure comparison CCM.P-K7.

Future plans for key comparisons include CCM.P-K9, CCM.P-K10 or -K2 and -K6, and CCM.P-K11 or -K7 or -K8, organized by the working groups on low, medium and high pressure, respectively*.

The working groups for pressure periodically organize CCM Pressure Metrology Conferences, the third of which took place in 1999 at the IMGC (Italy), to facilitate collaboration among NMIs in research and technical activities. The fourth conference is scheduled for 2005 and is being organized by the NPL (United Kingdom).

The Avogadro constant and the future redefinition of the kilogram

The Working Group on the Avogadro Constant met in 2000 in Sydney (Australia), in 2001 at the NMIJ (Japan), in 2002 in Ottawa (Canada), and in 2003 at the BIPM. The determination of the Avogadro constant is one of the promising routes for redefining the mass standard, under the assumption that the mass of a 1 kg silicon crystal sphere can provide the mass of a silicon atom if the number of atoms in the sphere is counted by measuring the unit cell volume and the volume of the sphere using a coherent length standard. In fact, the ratio of the molar mass of silicon to the mass of the silicon atom, thus measured, defines the Avogadro constant, which in practice involves precision measurements of the macroscopic density of a silicon sphere, the lattice spacing of the crystal, and the molar mass averaged over the sphere.

Above all, the measurement uncertainty of the molar mass in determinations of the Avogadro constant using natural silicon has reached a technical limit, making the largest contribution to the uncertainty. New results for N_A obtained through the cooperation of members give a measurement uncertainty between 2×10^{-7} and 3×10^{-7}. The data show differences up to $\pm 5 \times 10^{-7}$ with respect to an average value, but all data are 1×10^{-6} lower than the CODATA 1998 recommended value derived by adjustment of the fundamental constants.

Details of technologies for measurement of the density and lattice spacing of silicon, quantitative evaluation of the chemical composition and imperfection of the crystal and surface of the sphere were discussed with the results of comparisons in order to identify the practical limits of each technology.

Apart from natural silicon, enriched ^{28}Si of purity 99.99 % indicates a potential breakthrough of the major limit confronting molar mass measurement, promising a relative standard uncertainty of less than 5×10^{-8}. This concept would involve an NMI capable of enriching a practical amount of silicon, and current investigation shows that a small 99.93 %-enriched ^{28}Si crystal has already been grown and characterized.

The discussions at the last CCM meeting and the CIPM meeting in 2001 pointed out, after a measure of support for the idea, that the resource problems faced by every member of the

---

* Since this meeting took place, CCM.P-K10 has been completed and measurements finished for CCM.P-K8; CCM.P-K2 and -K6 are under way.

working group must be taken into account in planning the project, and that transparency of implementation will always be important for directors of NMIs. On the basis of these considerations, the CIPM decided to set up a coordinating committee for the Avogadro constant project consisting of the delegates from NMIs with a special interest in the coordination of this research. The first meeting of the committee was held after the working group meeting.

International Avogadro coordination

At the first meeting, a work plan and management structure including the pilot functions of the participating laboratories were drawn up. A basic assumption in this cooperation is the availability of the enriched material (min. 99.985 % ^{28}Si). Some Russian institutes are reported to have the technology to enrich ^{28}Si to 99.99 %, but chemical and isotopic measurements on samples produced so far have not been traced back to standards. Isotopic contamination from ^{nat}Si is a serious concern at all stages, particularly when the contamination is not uniform. The financial problems associated with producing the material were discussed.

Another process for determining the Avogadro constant is under way at the PTB.

The "ion accumulation" experiment measured the mass of a gold atom in terms of the kilogram for the first time. The relative uncertainty was 1.5 % and the deviation from the value reported in the literature was 0.6 %. With the small ion current of, approximately, 10 μA available at the time of the measurements, and with an oscillating quartz crystal used as a balance, this result was the best that could be expected. With a new ion source operating with bismuth (purchased in 2002), an ion current of 10 mA or more and a considerable improvement in the uncertainty is expected.

Hardness

The Working Group on Hardness met in September 2001 at the IMGC and in May 2002 in Rio de Janeiro (Brazil).

Technical work in which the working group participated included a pilot study on Rockwell diamond indenters, studies on the possibility of a common definition of the Rockwell hardness scales for NMIs, and studies on uncertainty determination in hardness measurements.

With the present level of knowledge, it does not seem possible to predict the performance of a diamond indenter using only direct measurement of the geometry. The above-mentioned study is intended to solve the problem.

The present definition of Rockwell hardness as given by the ISO limits the improvement of calibration uncertainty in NMIs. For example, the influence parameters of the hardness test are not well identified and a number of them do not have any metrological basis. A new document, *Guidelines on the estimation of uncertainty in hardness measurements*, was published by the European co-operation for Accreditation (EA 10/16) in October 2001.

The following CIPM key and related comparisons have been undertaken by the working group:

- CCM.H-S1.a (Rockwell C), -S1.b (Rockwell A), -S1.c (Rockwell D), -S1.d (Rockwell 15N), -S1.e (Rockwell 30N), -S1.f (Rockwell 45N) are all at draft B report stage and are aimed at unification of the Rockwell hardness scales. For the comparisons, seventy-four specially developed hardness test blocks were circulated and calibrated by participants. The cone diamond indenters used to make hardness measurements have a significant effect on measurement results.

Unification requires laboratories to have good repeatability as expressed by the standard deviations of the measurements. For the most important Rockwell hardness scale, HRC, six laboratories achieved adequate repeatability. For this scale, the measurements from seven laboratories agreed within ± 0.3 HRC when using a common indenter, but only four laboratories agreed when using their own indenters.

- CCM.H-K1.a (0.2 HV), -K1.b (1 HV) and -K1.c (30 HV) for the Vickers hardness scale use three sets of hardness reference blocks for the three hardness scales, with hardness levels of 240 HV, 540 HV and 840 HV. Preparation of draft B reports is now under way.
- CCM.H-K2 for the Brinell hardness scale is in progress.
- A pilot study for the Martens hardness scale is planned.

Fluid flow

The Working Group on Fluid Flow met in June 2000 in Salvador (Brazil), April 2001 in Istanbul (Turkey), April 2002 in Arlington (United States) and May 2003 in Groningen (The Netherlands).

Despite their short experience in CIPM activities, the long history and expertise of member NMIs, supported by their communications through academic and industrial flow measurement societies and very intensive discussions at the recent meetings, lead them to the consensus required to undertake key comparisons within the framework of the CIPM MRA.

The CIPM key comparisons were chosen to cover six different fields in fluid flow metrology: water flow, hydrocarbon liquid flow, air speed, liquid volume, high pressure gas and low pressure gas flow. CCM.FF-K1, -K2, -K3, -K4, -K5.a, -K5.b and -K6 are all in the planning phase, but for some of them the protocols will soon be complete.

As all NMIs interested in a national calibration service recognized as being based on the MRA are invited to be members, the working group could discuss issues and problems from both global and regional viewpoints, which automatically elaborated the concept of a combined key comparison. The key comparison is recognized as being advantageous in linking the regional product to the global one and also in sharing very expensive transfer standards.

However, it was later agreed that the ideal linking scheme would be based on an agreement between the Working Group on Fluid Flow and the CCM Technical Committee on Fluid Flow in each field, at their convenience, particularly in relation to their time schedules.

Calibrations in the fluid flow field involve time-consuming operations requiring large numbers of personnel and extensive facilities, and great care must be taken in transporting the huge and expensive transfer standard. The global distribution of such infrastructure, together with the industrial requirements, makes it difficult to design a CIPM key comparison in the usual manner.

Discussion at the meetings covered the statistical evaluation of the KCRV and its uncertainty, calculation of equivalences, listing of Items in the uncertainty budget, choice of range of flow rate, and evaluation of the stability of the transfer standard.

Gravimetry

Gravimetry plays a very important role in the CCM field, as seen in the derivation of force and pressure standards, and the mutual recognition of national gravity standards is accepted in both industrial and regulatory measurement fields. The Working Group on Gravimetry was formed on

the basis of a decision by the CIPM in 2002, initially with fifteen members specializing in gravimetry. The working group first met at the European Center for Geodynamics and Seismology (Luxembourg), in 2002, and discussed the results of the last International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG-2001) conducted at the gravity sites of the BIPM.

This comparison, using seventeen relative and seventeen absolute gravimeters, measured links between five sites of the BIPM gravity network as well as investigating various methods of data processing, including a combined adjustment of the relative and absolute data. The final results, reported in *Metrologia* [2002, **39**(5)], revealed that some further comparisons will be necessary in order to give a definite reference value, as in other key comparisons. The acceleration at a BIPM site was determined with an uncertainty of 5.5 μGal.

The working group also discussed the data-processing method for future comparisons, the development of technical protocols, the organization of regional comparisons, and a plan for carrying out continuous gravity observation at the BIPM using a superconducting gravimeter.

Chairpersons' meetings

Guidelines for CIPM Key Comparisons describes the role of the technical working groups in the CCM as that of a key comparison working group in other Consultative Committees. The first meeting in October 2000 was intended to coordinate the activities of the different groups and discussed the following: suggested format for reporting results of KCDB Appendix B (key and supplementary comparisons); current status of CCM key comparisons and pilot studies; specific problems in producing draft B reports; calculation of key comparison reference values, approval of key comparisons for Appendix B; administrative procedures for future key comparisons; CCM approval of new key comparisons; CCM approval of results for Appendix B; procedures for bilateral key comparisons; consideration of RMO key comparisons; and the status of CMCs (KCDB Appendix C). At the second meeting in June 2003, in addition to these topics, the relationship of CIPM key comparisons to RMO key comparisons and to the supporting evidence for CMCs was discussed and the new role of the CCM in cooperative facilitation of these linkages was formulated."

Professor Mills asked what uncertainty Dr Tanaka anticipated could be achieved in the Avogadro determination of the kilogram. Dr Tanaka estimated a relative uncertainty of the order of 10^{-8}.

Professor Bordé asked how the silicon crystals would be obtained. Dr Tanaka said that a number of institutes, not just NMIs, were collaborating to produce samples. This is an area of high technology, and many different techniques are used to detect imperfections. The Russians are producing a ^{28}Si sphere of 99.99 % purity which will be ready in the next few years. Professor Göbel added that samples have already been grown with purity 99.985 %. Single crystals at this level have been available for some time, but the next question is whether the same technique can be scaled up to produce a crystal of 5 kg.

Professor Bordé asked what strategy was used to measure the atomic mass of ^{28}Si, which is of interest in determinations of the Planck constant *h*. Professor Göbel replied that only the macroscopic mass was needed in the Avogadro experiment. Dr Tanaka added that current data for the atomic mass were reliable to 10^{-8}, and Prof. Mills noted that the relative atomic mass was known to 10^{-9}.

Professor Göbel then asked whether the key comparisons in the domain of force (CCM.F-K1 to CCM.F-K4) are all necessary. Dr Tanaka explained that these four comparisons had been scheduled to cover a wide range of forces, measured using different devices. He reassured Professor Göbel that efforts were being made to reduce the number of key comparisons being undertaken.

In reply to a question from Dr Šafarik, Dr Tanaka said that five key comparisons (CCM.FF-K1 to CCM.FF-K5) are planned in the field of fluid flow. None of these has been started as yet.

15.3 Consultative Committee for Time and Frequency

Professor Leschiutta, President of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF), presented the following report.

"I am pleased to present this report giving an overview of current CCTF time and frequency activities, and the progress made since the last General Conference in 1999.

The CGPM mission being a global one, I will mention major events with a direct or indirect impact on BIPM activities, as well as those directly organized by the BIPM.

The report covers the following topics: CCTF activities and external events sponsored by the CCTF; progress in the definition of the second; research on TAI formation; possible modifications to UTC; comparisons between remote and near clocks; and applications.

CCTF activities and external CCTF-sponsored events

In the period 1999-2003, the CCTF, with the help of the BIPM Time section, organized two meetings in 1999 and 2001, both held at the BIPM. The proceedings have now been published. The CCTF held its 15th meeting in June 2001. At the previous meeting in April 1999, twenty-seven NMIs were represented as well as some international organizations, while at the 15th meeting the attendance rose to thirty laboratories [CCTF members, three laboratories as observers and four international organizations − the International Astronomical Union (IAU), International Telecommunication Union (ITU), International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and the International Union of Radio Science (URSI)].

In June 2001, Dr Patrizia Tavella (Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, IEN, Italy) replaced Prof. Paul Pâquet (Observatoire Royal de Belgique, ORB, Belgium) as chairperson of the CCTF Working Group on TAI. The working group organized a meeting of laboratories participating in TAI in June 2001. A CCTF Working Group on TAI Sub-Group on Algorithms was set up, chaired by Dr Tavella.

The 15th meeting of the CCTF also set up a Joint Working Group CCL/CCTF on Secondary Representations of the Second, with the participation of laboratories active in the development of frequency standards.

The increasing attendance at these meetings bears out the relevance of the time and frequency activities and initiatives arising from the BIPM and ultimately from the CGPM.

Progress in the definition of the second

The present definition of the second, adopted by the CGPM in the 1960s, is again proving its validity and vitality; that in less than half a century has allowed progress in reducing uncertainty from 10^{-9} to 10^{-15}.

The most recent development is the caesium fountain. Research in this field is very active at the moment, as documented in the table, which lists the fountains now operating and reporting data to the BIPM, together with those in an advanced stage of development or currently under development.

Atomic fountains worldwide

Operational

1. SYRTE FO1 (France) $u_B = 1.0 \times 10^{-15}$
2. SYRTE FO2 (France) $u_B = 0.8 \times 10^{-15}$
3. SYRTE FM (France) $u_B = 0.8 \times 10^{-15}$
4. NIST F1 (United States) $u_B = 0.7 \times 10^{-15}$
5. PTB CSF1 (Germany) $u_B = 0.9 \times 10^{-15}$
6. IEN CSF1 (Italy) $u_B = 1.8 \times 10^{-15}$
7. USNO (United States): used only as highly stable reference

Advanced development

8. METAS (Switzerland), continuous fountain
9. NPL (United Kingdom)
10. NMIJ/AIST (Japan)

Under development

11. Italy (Turin Polytechnic)
12. Russian Federation
13. Brazil
14. China
15. Republic of Korea
16. Canada

Research on TAI formation

Research on improvements to the current algorithm for the calculation of time scales is under way at the BIPM and in some laboratories, mainly in order to increase the stability of TAI. In this connection, a new way of assigning an upper limit to relative weights of clocks has been implemented at the BIPM Time section in the algorithm for TAI.

Fruitful discussions took place at the International Time-Scale Algorithms Symposium, the fourth of a series, held at the BIPM in March 2002, and organized by the BIPM, IEN and the U.S. Naval Observatory (USNO, United States). A special issue of *Metrologia* [2003, **40**(3)] is dedicated to this meeting.

Linked with TAI is the construction of Reference Systems, an activity of the CCTF in cooperation with the International Earth Rotation Service (IERS) of the IAU. The effects of relativistic corrections are also under consideration.

Possible modifications to UTC

During the 2001 CCTF meeting, the problem of maintaining the current UTC time scale was raised.

UTC was formed between 1960 and 1970 by the ITU after an exhaustive consultation of many international organizations and was based on a real problem: how to conciliate the stable definition of the atomic second with the observed slowing of the period of rotation of the Earth? The situation has now completely changed and the question arises about the permanence of a time scale, no longer necessary but rooted in our culture.

The ITU has set up a Special Rapporteur Group on UTC, in which the BIPM participates. This group organized an international colloquium at the IEN in May 2003. No final decision was taken but a proposal to be submitted to the ITU was elaborated.

The IAU has also formed a Working Group on UTC with the participation of the BIPM. Members attended the UTC colloquium at the IEN and backed the proposal to be submitted to the ITU.

Comparisons between remote and near clocks

Research on the accuracy and stability of caesium fountains as frequency sources, and of their manifestations, the time scales, is not possible without reliable and accurate comparisons between remote laboratories and within laboratories.

Important activities in this field have been carried out at the BIPM Time section, whether directly or through the organization of a series of measurements, on at least four topics:

- calibrations of GPS receivers, organized by the BIPM Time section, with about 50 % of the GPS receivers in TAI calibrated at present;
- use of “geodetic” receivers for time comparison in TAI: a campaign has been successfully run since April 2002 to test the inclusion of dual-frequency GPS observations in TAI;
- routine use of the “two-way satellite time- and frequency-transfer technique” (TWSTFT) via geostationary satellites for TAI formation;
- use of the “precise” GLONASS code for time transfer.

An agreement between the BIPM and the International GPS Service (IGS), which started as a joint Pilot Project for Time and Frequency Comparisons using GPS and is now under the responsibility of a working group of the IGS, is also of relevance to this work.

Applications

A number of technological applications, such as satellite navigation or digital communications, are currently using time and frequency technologies with accuracy requirements approaching the maximum capabilities of NMIs.

It is therefore the CCTF's duty to remain abreast of those developments requiring accurate frequency standards or time scales, to be aware of changing requirements and to elaborate guidelines for future activities. To mention just a few of these: new clocks in space, time scales and synchronization in space, the Galileo project, and two programmes with atomic clocks in space under way in Europe and the United States.

As an example, the European Space Agency has formed a working group to study all aspects of time under the Galileo project, with the participation of the BIPM and European NMIs.

Related activities

Since January 2001, the BIPM has shared with the USNO the IERS Conventions Product Centre, the responsibility of establishing standards and conventions for astrometry and geodesy.

Time and frequency metrology plays an important role in the development of both science and technology, as borne out by the activities in most of the NMIs linked to the BIPM and by the increasing attendance at CCTF meetings.

This branch of metrology, and consequently the BIPM, must remain receptive and closely connected to progress in fundamental science and in the most advanced applications. To illustrate this continuing effort, in September 2003 a joint meeting with representatives of the CCL and the CCTF will be held at the BIPM to explore possible secondary representations of the second."

Professor Leschiutta finished by recalling Prof. Bordé's opening remarks, and speculating that one day the complete system of units could be based on the second and a few fundamental constants!

Professor Bordé then invited questions from delegates.

Dr Bement asked if the CCTF had considered what the limiting accuracy will be in the ability to transfer time, due to atmospheric dispersions and other effects. Professor Leschiutta replied that the accuracy and stability of the best new clocks is already better than the precision of current methods of time transfer. One of the major activities of the BIPM and other time laboratories is thus in improving methods of time transfer and time comparison. A very important domain of work is the development of portable optical clocks. Another is the placing of newer clocks on satellites.

Professor Bordé noted that there are really two ways of improving clock comparisons. He drew attention to the presence of cold atomic clocks on the international space station, where one of the goals was to compare clocks on Earth, presently using microwave radiation. He highlighted,

in particular, the ACES and PARKS projects. The other technique is to carry around a portable comb-generator associated with a good clock. He cited, in particular, the PHARAO clock, which has already been used to compare the caesium and hydrogen clocks in Munich to an optical transition.

He then turned attention to the importance of such work to studies of the fundamental constants, noting that comparing different clocks (for example, Cs and Rb or Cs and H) at different times allows a limit to be placed on the temporal variation of the fine structure constant α.

Dr Schwitz asked how many caesium fountains were participating in the construction of TAI. Professor Leschiutta replied that as of September 2003 there are four fountain clocks that contribute on a regular basis; details are available in the *Circular T* distributed by the BIPM Time section. He said he was very interested to see the new approach being developed and tested at METAS with two continuous fountains. Dr Schwitz confirmed that the METAS fountains were already working and were currently being characterized.

Finally, Prof. Leschiutta returned to the final accuracy of the fountain approach, and ventured his personal opinion, that they would reach a few parts in 10^{16} when problems such as the black body effect have been resolved.

15.4 Consultative Committee for Electricity and Magnetism

Professor Göbel, President of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM), presented the following report.

"It is my pleasure to present the report of the CCEM.

The CCEM has met twice since the 21st CGPM in 1999. It discussed matters relating to fundamental constants and the SI, including the work on electrical methods to monitor the stability of the kilogram and the status of the least-squares adjustment of the fundamental constants with, of course, special emphasis on work involving improvements in the knowledge of K_J and R_K, the Josephson and von Klitzing constants. The metrological use of single-electron tunnelling (SET) devices was another topic of discussion. Methods for carrying out accurate measurements of the quantized Hall resistance at frequencies in the kilohertz range is of great current interest and developments are being encouraged and closely followed by the CCEM Working Group on ac Measurements of the Quantum Hall Resistance (ACQHR). The CCEM is also keenly interested in the development and use of programmable (current-biased) arrays of Josephson junctions having constant voltage steps of much greater amplitude, and hence much better stability, than the older arrays of unbiased junctions. The CCEM reviewed the availability of both types of array as well as that of quantum Hall devices. Key comparisons in electricity and magnetism were a major issue for the CCEM and in this area, detailed work is being carried out, in their respective domains, by the Working Groups on Low Frequency Quantities (WGLF) and Radiofrequency Quantities (GT-RF). These groups are making a conscious effort to lighten the workload that key comparisons place on NMIs by speeding up key comparison processes, on the one hand, and maintaining the number of key comparisons to a manageable level, on the other. Finally, the CCEM regularly reviews the activities of the Electricity section of the BIPM.

CCEM work on scientific metrology

The CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram now meets on a yearly basis. Although, as its name suggests, it is primarily interested in electrical methods to achieve its goal; it continues to maintain close links with research using alternative methods having the same aim. It is useful to recall that to monitor the stability of the kilogram, the relative uncertainty in the independent determination of its mass should be about 1 part in 10^8 or less.

The relative uncertainty of the mass levitation experiment is now about 1 part in 10^6 and it is hoped that future improvements can reduce this. Work to measure the Avogadro constant using a silicon artefact has driven the relative uncertainty down from 4 parts in 10^7 to less than half that. Although one of twenty-three silicon crystals showed a discrepancy of 3 parts in 10^6, the CCM Working Group on the Avogadro Constant noted that the results on the remaining crystals were self-consistent and decided to exclude the single outlier. The physical reason for the anomaly is still unclear.

By using isotopically enriched silicon, experts hope to achieve a relative uncertainty of 5 parts in 10^8 in the measurement of the molar mass by 2005. In an experiment at the PTB (Germany), a mass spectrometer is used to accumulate an accurately measurable mass of singly ionized gold by measuring a current level of 0.1 mA. Present efforts are concentrating on increasing current levels up to 30 mA and, using bismuth atoms, a mass of 30 g could be accumulated in six days. This would lower uncertainties to below 1 part in 10^6. Watt balance experiments are currently being carried out at the NPL (United Kingdom), the NIST (United States) and the METAS (Switzerland). A shift in NPL results of 3 parts in 10^7 occurred in April 2000 and is now thought to be due to a tilt in the balance support. The balance is being realigned and new measurements are in progress with a hope of achieving a relative uncertainty of 5 parts in 10^8 some time in 2003. Modifications are being made to improve the NIST moving-coil watt experiment and then to try to repeat the results reported in 1998, which achieved a relative uncertainty of 9×10^{-8}. The METAS watt balance, which uses a 100 g mass and a compact experimental apparatus, has now achieved a repeatability of 6 parts in 10^7. Present efforts concentrate on reducing hysteresis in the magnet-coil assembly. A new watt experiment is in the late design stages at the BNM-LNE/LAMA (France). Finally, the BIPM is studying various schemes for constructing a watt balance, including one using a permanent magnet at cryogenic temperatures.

The CCEM regularly monitors the progress in SI determinations of the Josephson and von Klitzing constants and the coherence of the conventional values of these fundamental constants, designated $K_{J\text{-}90}$ and $R_{K\text{-}90}$, used to assure stable, highly reproducible reference standards of voltage and resistance. At its 22nd meeting in September 2000, the CCEM noted that the latest CODATA least-squares adjustment of the values of the fundamental constants indicated that the values of $K_{J\text{-}90}$ and $R_{K\text{-}90}$ remain comfortably coherent with the SI values and declared that the relative one standard deviation uncertainty assigned to R_K in 1988 could now be reduced by a factor of two to 1×10^{-7}. At its 89th meeting in October 2000, the CIPM agreed with the CCEM declaration. At its 23rd meeting in September 2002, the CCEM again examined the values and uncertainties assigned to $K_{J\text{-}90}$ and $R_{K\text{-}90}$ and saw no reason to recommend any further changes. In a related issue, the CCEM regularly examines the need to revise its *Technical Guidelines for Reliable Measurements of the Quantized Hall Resistance*, established in 1988. After considering more recent published results on issues such as imperfect quantization and non-ideal contacts to the device, wide discussions with experts both inside and outside the metrology community were pursued. All this work resulted in some revisions to the Guidelines. These were agreed and the revised version was published in *Metrologia*.

The CCEM follows the regular progress in the metrological use of SET devices. In the European Union's COUNT project, an electron pump produced currents of 3.2 pA that were measured with a Type A uncertainty of 4 parts in 10^6. The PTB has reported achieving a relative uncertainty of 1 part in 10^4 in the definition of the current plateau of a surface acoustic wave device. The NIST is making steady progress in the development of seven-junction Cooper-pair pumps, and the development of capacitance standards whose charges are known by counting electrons.

The activities of the ACQHR group reflect the great interest for electrical metrology in measuring the QHR directly at a frequency in the kilohertz range. In 2000, experts from the BIPM and the NPL reported relative uncertainties below 1 part in 10^7 in the definition and measurement of the Hall resistance at kilohertz frequencies using gate electrodes, and now several laboratories have attained this level of uncertainty. One of the ACQHR's ongoing projects is to offer possibilities for experts from the participating laboratories, the METAS, the NRC and the PTB, to work together for several weeks in one of the laboratories with the goal of perfecting measurement techniques and improving experimental devices. The difficulty in achieving uncertainties approaching those claimed for QHR measurements at dc is reflected by the opinion of the ACQHR that it is still premature to propose guidelines for reliable ac measurements of the QHR.

At present, the best primary reference standards of voltage are realized using series arrays of tens of thousands of nearly identical Josephson junctions. The usual technology uses junctions consisting of a thin insulating layer separating two superconducting electrodes. Under irradiation at millimetre-wave frequencies, each junction can develop across it a quantized dc voltage whose value depends on the frequency of irradiation and a quantum number representing the total number of constant voltage steps. The current-voltage characteristic of such a junction shows that for a small range of currents, of the order of $\pm$ 20 μA, applied through the junction, the output voltage remains constant; and if the current is increased above this value the output voltage changes by one or more quantized steps. Although this feature is very useful, because it eliminates the need to bias junctions individually, it makes the output voltage of the array unstable in the presence of small perturbations. An alternative technology has been developed at the NIST and the PTB to produce arrays of junctions that are able to maintain a constant voltage over current ranges of the order of several milliamperes. Using these junctions in a voltage standard requires applying a bias current but the resulting output voltage is very stable against small perturbations. By arranging arrays of such junctions into cells containing numbers of junctions that increase in, for example, a binary sequence, it is possible to synthesize a wide range of voltages, hence the name "programmable array". This technology is already being applied using programmable arrays as potentiometers to measure, for example, resistance ratios. Developments in this rapidly evolving field are being followed by the CCEM.

The CCEM makes a special effort to survey the availability of metrological-quality QHR samples and arrays of Josephson junctions. Several NMIs are successfully making small quantities of QHR devices. Some of the devices produced in 1990 by a French industrial firm are still available from the BIPM. The NRC has announced that it is seeking partners to participate financially in a project to fabricate QHR devices for metrological purposes.

Several NMIs are also producing arrays of Josephson junctions in small quantities. The NIST and the PTB have successfully transferred the technology of fabrication of unbiased arrays producing outputs of up to 10 V and 1 V, respectively, to commercial firms. At present, only a very limited number of programmable arrays are being produced by the NIST, the PTB and the

VTT (Finland); the last two institutes can make a very small number available for research purposes in the framework of collaborative projects.

CCEM work on key comparisons

The CIPM MRA assigns a major role to the Consultative Committees and the CCEM has made a considerable effort to carry out this task. The preparation of lists of CMCs of NMIs is well advanced in the area of electricity and magnetism. An important part of this work was the preparation and acceptance of the CCEM classification scheme for CMCs in electricity and magnetism. The CCEM helps to coordinate the work of RMOs by inviting RMO technical chairpersons in electricity and magnetism to attend CCEM meetings concerned with the MRA. An annual meeting of RMO technical chairpersons in electricity and magnetism precedes these CCEM meetings.

The CCEM has always expressed a great interest in international comparisons and it carries on a vigorous programme of key comparisons. It has now approved for provisional equivalence a total of eight CCEM and RMO key comparisons of dc and low frequency quantities and seventeen comparisons of high frequency quantities. It has approved for full equivalence, which includes giving the numerical results in the BIPM key comparison database, six CCEM and two RMO comparisons of dc and low frequency quantities. It also approves on a regular basis results from the nine BIPM ongoing key comparisons. It is worth mentioning that on two occasions the CCEM approved the linking of large-scale CCEM and RMO key comparisons, one of 10 pF capacitance and one of 10 V dc standards. This demonstrates the feasibility of the critical linking process foreseen in the CIPM MRA. All this progress is the result of considerable effort. The pilot laboratories responsible for preparing, carrying out, reporting and seeing through the approval of a CCEM comparison must devote considerable time to the enterprise. This has led to expressions of concern by some NMIs about the quantity of work dedicated to key comparisons. The CCEM Working Group on Key Comparisons (WGKC) examined this issue carefully and noted that: (1) in some cases key comparisons of similar quantities were running in parallel; (2) comparisons begun before the preparation of the *Guidelines for CIPM Key Comparisons* had inadequate protocols and analysis methods; and (3) the review process for key comparison reports was too complicated. The CCEM accepted the following proposals to increase the efficiency and decrease the workload of key comparisons: (1) insist on a well-prepared protocol that clearly defines the goals and expectations of each comparison; (2) reduce the number of participants; (3) provide guidance to report authors; (4) simplify the review process; (5) revise the key comparison scheme to include only eight key comparison areas in dc and low frequency and seven in the radiofrequency area and (6) allow only one key comparison at a time in each of the defined areas. Progress has already been made to implement these improvements.

At the beginning of a comparison a small committee is formed to provide support to the person in the pilot laboratory who is responsible for the comparison. The first task of each committee is to approve the comparison protocol. The number of NMIs requesting participation in CCEM comparisons should decrease now that the successful linking of two pairs of large-scale CCEM and RMO key comparisons has demonstrated that it is not necessary to participate in a CCEM key comparison to see an NMI's equivalence tabulated in the KCDB. The CCEM is now preparing guidance documents on creating, carrying out, reporting and agreeing key comparisons. The acceptance process has been accelerated by the creation of a restricted BIPM website for posting comparison reports so that they can be discussed via the Internet and approved at any time, not only at the annual meetings of the working groups responsible.

Finally, the WGKC disbanded and the CCEM set up the WGLF, making it and the GT-RF directly responsible to the CCEM, removing one step in the process of securing CCEM approval of a key comparison. These measures received the enthusiastic support of all the CCEM delegates. The Director of the BIPM expressed the view that the treatment of key comparison reports is often too rigorous and that considerable time could be saved by simplifying the analysis of the results. This view is shared by a number of CCEM delegates."

As President Elect of the CIPM, he took the opportunity of his last appearance as President of the CCEM to thank Dr Tom Witt (BIPM) for his important contributions both within the BIPM and as Executive Secretary of the Committee. Finally, he drew attention to the revised *Technical Guidelines for Reliable dc Measurements of the Quantized Hall Resistance*, published by Delahaye and Jeckelmann (*Metrologia*, 2003, **40**(5), 217-223).

Professor Bordé asked what steps were necessary to be fully confident in the relations expressing K_J and R_K in terms of e and h. Professor Göbel replied that for the Josephson constant the BCS theory and the Josephson device prove the relation $K_J = h/2e$. For the quantum Hall effect the situation is different; there is not a conclusive theory proving the relation $R_K = h/e^2$, and it remains necessary to improve the SI realization of the ohm. The SI realization of the ohm is achieved through the calculable capacitor, hence the importance of reducing its uncertainty so as to improve the absolute representation of the SI ohm. Thirdly, of course, the quantum metrological triangle could be closed to 1 part in 10^8.

Professor Bordé remarked that he considers the fine-structure constant α to be the key to relating the electric and magnetic quantities and encouraged the pursuit of studies on this constant and the calculable capacitor. Professor Göbel agreed, adding that the PTB was also actively studying this constant and its stability.

15.5 Consultative Committee for Thermometry

Dr Quinn expressed the regrets of Prof. Ugur, President of the Consultative Committee for Thermometry (CCT), who for reasons beyond his control was unable to attend and present his report.

On behalf of Prof. Ugur, Dr Quinn drew attention to the printed version of the report of the CCT and presented a historical overview of the Committee. He started by pointing out that thermometry was one of the very early tasks at the BIPM under the Metre Convention, because the length of the metre bar varied with temperature. He also noted that the very first international temperature scale, the Normal Hydrogen Scale, was developed at the BIPM.

In the first decade of the 20th century, the so-called "*grands laboratoires*" (Physikalisch-Technische Reichsanstalt, PTR, the National Physical Laboratory, NPL, and the National Bureau of Standards, NBS) discussed how thermometry could be put on a sound physical and international basis. By the time the 5th CGPM met in 1913, there were already plans to establish an international temperature scale.

The problem in thermometry is that the quantity we need to measure, thermodynamic temperature, requires a long, complicated and tedious measurement process – and even today it is not possible to measure thermodynamic temperature directly with the precision that is required in many parts of industry. Therefore some practical means of giving an indication of temperature is required. This can be illustrated most simply by saying that thermodynamic temperatures can

be obtained with a gas thermometer, while practical temperatures are obtained using a resistance thermometer.

The first World War intervened, and no further progress was made until 1927, when the 7th General Conference adopted the International Temperature Scale of 1927 on a provisional basis. It was planned that an International Conference on Thermometry should be organized within a very short time. However, no such Conference took place; instead, the International Committee created a Consultative Committee for Thermometry and Calorimetry, which first met in 1933, with the task to develop and improve the International Temperature Scale.

The Scale was revised in 1948 (IPTS-48), and again in 1968 (ITS-68), each time becoming more complicated, though not necessarily closer to thermodynamic temperature. Between 1948 and 1968, an enormous amount of work was undertaken in the NMIs on measuring thermodynamic temperatures, and developing the procedures and algorithms for a practical temperature scale, and the 1968 temperature scale differed significantly from that of 1948. We now know that many of these changes, in fact, took the scale further away from thermodynamic temperature.

Within a year or two of the promulgation of ITPS-68, the CCT was busy with its revisions. It was finally in 1990 that the next revision took place: the ITS-90, in which Dr Quinn and others in the room were closely involved. This scale was even more complicated, but the CCT believed it to be much closer to thermodynamic temperature than was IPTS-68.

During all this time, many international comparisons were carried out of measurements of the fixed points on which the scale is based. In the 1980s and 1990s, it was thought that the subject was quite well understood. However, when the CCT started to set up key comparisons, as part of the CIPM MRA, other detailed points began to emerge.

The CCT found itself unable to agree on many aspects related to these comparisons. There were deep divisions within the Committee, particularly with regard to how to evaluate the uncertainties of the measurements on the fixed points but also on the interpretation of the key comparison reference value. These problems had taken many years to resolve, and had made it very difficult to proceed to a conclusion in many key comparisons in thermometry. There are still no CMCs in thermometry published in the KCDB.

Part of the problem was, he thought, that many of the people involved, particularly in thermometry, have become obsessed with the fine detail of the statistical analyses of the results of the key comparisons. Dr Quinn commented that this may be a fine academic study, but he urged the directors of the NMIs to look closely at what is going on in their thermometry sections, to make sure that the delegates they send to the Consultative Committees have a reasonable idea of the objective of the task, and to introduce a sense of reality into the field of thermometry.

Having said all this, he noted that there were now signs that things were coming together, and expressed hope that CMCs in thermometry would be published in the KCDB within the coming year. Dr Quinn called urgently for this, pointing out that thermometry is a major area of physical science and engineering, and temperature measurement an important part of industrial activity, so it is essential that the subject be properly represented on the KCDB.

Finally, he drew attention to a new working group of the CCT, the ninth, which has been created to study the requirements of thermophysical measurements. He welcomed this development, in an area of great importance to many users.

Dr Quinn presented the report of the CCT.

"It is a pleasure to present the report of the CCT, which has met three times since the last General Conference.

The 20th meeting of the CCT, convened for 12-14 April 2000, came to an abrupt halt when Dr John Nicholas had a heart attack. His subsequent death was a shock to all present. The meeting reconvened to commemorate this dear friend and colleague and thereafter discussed only the issues that needed immediate attention. The 21st meeting of the CCT was held from 12 to 14 September 2001 and the 22nd meeting from 14 to 16 May 2003.

Working Group 1: defining fixed points and interpolating instruments

Efforts in this field have been focused on techniques for realizing the fixed points of the ITS-90 and on interpolating instruments. At the 20th meeting it was decided to widen the scope of the work to include the issue of impurities in fixed points. The main aim is to revise *Supplementary Information for the International Temperature Scale of 1990*.

The CCT considered it valuable to revive the BIPM web bibliography of publications relevant to thermometry. The BIPM could then link to NMI bibliography web pages and allow access through its search engine. Laboratories were requested to send the appropriate URLs to the Executive Secretary.

The 2003 meeting further discussed *Supplementary Information* and agreed the following:

- It should specify that the reference temperatures are for chemically pure substances.
- The isotopic concentrations corresponding to the assigned temperature should in general be specified.

In the absence of other information, the isotopic concentration would be the naturally occurring composition. When sufficient knowledge of isotopic effects is available, procedures for correction to an isotopic composition specified in *Supplementary Information* would be made. A procedure to incorporate such a correction for the triple points of water and for equilibrium hydrogen is under development.

The following draft recommendations are in progress:

- Revision of the relevant document on the estimation of fixed-point cell uncertainty arising from impurities. Methods based on chemical assays are primarily recommended, supplemented by thermal analysis (such as the slope of a melting curve) and comparisons between cells. Estimates of uncertainties based on representative comparisons are mainly useful as a validation tool to check for contamination during preparation. Reliance on thermal analysis alone should be avoided as a means of determining cell uncertainty.
- Proposed methods for correction of the experimentally determined *liquidus* point for impurity concentrations. Working Group 1 agrees that such a correction is in principle desirable, but only if the uncertainty of the chemical analysis is at a level of 100 % ($k = 2$) or better. Present evidence is that chemical assay results have variable utility, with uncertainties in the range 20 % to 300 %. The working group requests information on other chemical analysis techniques available or in use by NMIs, and may seek the advice of the Consultative Committee for Amount of Substance, which has recently discussed the analysis of trace impurities and concluded that reliance on a single method is generally insufficient.
- Proposed methods of experimentally determining the *liquidus* point.

Working Group 2: secondary fixed points and techniques of approximation to the ITS-90

The main scope of this work is the revision of the monograph *Techniques for Approximating the International Temperature Scale of 1990*, including the uncertainties that can be obtained with the approximating techniques.

It was decided that revisions to the document should extend well beyond a simple updating of the references.

An electronic version (in PDF format) of the existing *Techniques* document has been prepared. This document and the most recent list of secondary reference points (*Metrologia*, 1996, **33**, 133-154) will be hosted on the BIPM website. It is envisioned that *addenda* produced by the CCT working groups will be published electronically as they become available, and that the final text of the new documents will be made available on the BIPM website, thus allowing rapid updates and easy access.

The CCT has also examined the reference functions for Au/Pt (NIST) and Pt/Pd (NIST/IMGC) thermocouples, and endorsed the NIST Au/Pt and NIST/IMGC reference functions for general use as an aid to the International Electrotechnical Commission's process of defining international standards for these important thermocouple types.

Working Group 3: uncertainties

The CCT has decided to prepare a proposed guideline for the uncertainty analysis of standard platinum resistance thermometers (SPRTs) calibrated at the defining fixed points of the ITS-90. It was agreed that the guideline should be called *CCT Guidance Document on Uncertainties of SPRT Calibrations.*

It was also decided that this work and that on defining fixed points and interpolating instruments are strongly correlated, and the documents prepared by these two studies should be cross-referenced.

The CCT has organized various workshops on the issue of uncertainty in temperature measurements, either as independent events or in association with workshops relating to temperature measurement.

Another workshop will be held at TempMeko 2004 on uncertainties in temperature measurements, especially on fixed points.

Working Group 4: thermodynamic temperature determination and extension of the ITS-90 to lower temperatures

At the 1999 General Conference, the CGPM invited the CIPM to prepare a ^{3}He melting pressure equation as a function of thermodynamic temperature to serve as the basis for an extension of the ITS-90 below its present lower limit of 0.65 K.

The extension of the ITS-90 to below 0.65 K, known as the Provisional Low Temperature Scale of 2000 (PLTS-2000), has been discussed by the CCT. The scale is labelled provisional because its uncertainty below 10 mK is larger than desirable. Also, not all the work supporting this scale has been published in refereed journals. The scale is a compromise between supporting scales rather than a consensus. However, the CCT proposed the adoption of the provisional version because of the lack of new measurements and the genuine need for the scale. The PLTS-2000

overlaps with the ITS-90 between 0.65 K and 1 K to correct for the deviations of the ITS-90 as shown by thermodynamic measurements. Such an overlap also existed between the IPTS-68 and the EPT-76 at the low end of the IPTS-68. In the overlapping range, the temperatures can be distinguished by the index; T_{2000} refers to the PLTS-2000, while T_{90} refers to the ITS-90. The CCT unanimously accepted the PLTS-2000 and the CIPM also adopted this scale in October 2000.

The CCT has been watching new developments in both thermodynamic and ultra-low temperature thermometry, and noted with interest the recent development of a tunnel-junction noise thermometer by Spietz *et al.* of Yale University that is potentially useful as a thermodynamic probe over a very wide range of temperatures. It may initially find application at very low temperatures where the relative uncertainty, currently 0.1 % of T, is of interest.

Working Group 5: radiation thermometry

The CCT had decided to dissolve the joint CCPR/CCT Working Group on Thermodynamic Temperature Determinations for High Temperature Black Bodies as there was no longer a need for it. The Consultative Committee for Photometry and Radiometry accepted the CCT's recommendation, provided that the CCT Working Group 5 continues to liaise with the CCPR.

A workshop on uncertainties in radiation thermometry, held in 2001, has produced a document giving conclusions and recommendations on the evaluation of uncertainty in radiation thermometry. Within the scope of this document, the analysis completed to date considers realizations above the silver point, and includes the following key features:

- sensitivity coefficients in an uncertainty model;
- "normal" and "best practice" uncertainty values characterized for three different realization schemes (two lamp-based, one thermometer-based);
- links to the requirements of Appendix C of the MRA, where services "normally offered" by NMIs are listed; and
- some technical limitations on implementation (such as determination of the wavelength, filter stability, and the non-linearity of the thermometer).

The current work plan includes the consideration of uncertainty budgets for radiation thermometry below the silver point, as well as the identification of initial values for metal-carbon eutectics for consideration as secondary reference points.

Studies concerning the ITS-90 and discussions on the ITS-20XX

In order to evaluate the future needs regarding the International Temperature Scale, a workshop entitled "Towards ITS-20XX" was held in conjunction with the 8th Temperature Symposium in Chicago, October 2002.

The CCT has decided to be active on this subject, and assess the situation and future needs through various activities, including workshops and surveys.

There is general agreement within the temperature community that the role of the CCT is to look ahead to identify and anticipate changes likely to be required, including the possibility of an officially promoted, useful approximation to the ITS-90 that would be helpful in terms of cost and application. Lower-temperature applications for radiation thermometry, and new thermo-

couple functions for use both above and below 0 ºC were cited as practical potential improvements.

Working Group 6: humidity measurements

Work in this area is focused mainly on the organization of a key comparison.

Studies on humidity measurements are increasing, as indicated by the successful workshop on humidity in 2002 in Chinese Taipei, and by TempMeko 2001. There were many CCT-related activities at these events, including the meetings of Working Group 6.

Working Group 7: key comparisons

CCT-K1: realizations of the ITS-90 from 0.65 K to 24.5561 K using rhodium-iron resistance thermometers. This key comparison has been ongoing since 1996 and the first measurements were made in 1998. All measurements are now complete and data reduction is in process. The intention is to compile a matrix of laboratory temperatures for all twelve thermometers at some fifty or sixty comparison temperatures, to look for discrepant values that may require discussion with the individual participants, and to circulate the draft A report in 2003. It is hoped that the process can be completed, and an agreed draft B report and the associated Appendix B entries obtained in the timeframe of TempMeko 2004.

CCT-K2: realizations of the ITS-90 from 13.8 K to 273.16 K using capsule-type standard platinum resistance thermometers (SPRTs). This key comparison is complete and the final report and relevant Appendix B entries are in the KCDB.

CCT-K3: realizations of the ITS-90 from 83.8 K to 933.5 K using long-stem SPRTs. This key comparison is complete and the final report and relevant Appendix B entries are in the KCDB.

CCT-K4: aluminium and silver fixed points. This key comparison is complete and the final report and relevant Appendix B entries are in the KCDB.

CCT-K5: realizations of the ITS-90 between the silver point and 1700 °C using vacuum strip lamps as transfer standards. Measurements are complete and the draft A report has been distributed to the participating laboratories for discussion.

CCT-K6: humidity standards. The protocol of the comparison has been prepared and measurements will start soon.

CCT-K7: water triple point cells. Measurements have started. The draft A report is anticipated early in 2004.

International equivalence of temperature measurements and corresponding international comparisons

A major component of this work is to discuss the progress of key comparisons. Various meetings have been held since January 2000 between key comparison coordinators and the relevant working group, which is called upon to identify where no consensus in uncertainties exists. Protocols are to be required for all key comparisons, including those that are ongoing, so that key comparisons carried out by RMOs can be linked to CCT key comparisons. The protocols must guarantee that the results of an RMO key comparison are compatible with and can be compared with those of a CCT key comparison.

There has been some discussion on the interpretation of the phrases “significant unresolved deviations”, which appears in the MRA Appendix B and Appendix C in the context of the compatibility of entries, and “significant deviations”, which may be identified by the pilot during the key comparison. This issue has not been resolved completely.

Discussion of the status and results of RMO comparisons

No regional or bilateral comparisons are known to be planned or in progress related to CCT-K1. CMCs in this temperature region have been submitted for inclusion in Appendix C by COOMET, and it is anticipated that further submissions will be forthcoming from other RMOs.

A report on the bilateral key comparison equivalent to CCT-K2 between the All-Russian Research Institute for Physical, Technical and Radiophysical Measurements, Gosstandart of Russia, Moscow (VNIIFTRI), and the NRC (Canada) has been submitted to the CCT. A speedy resolution is anticipated, and the corresponding Appendix B entries are expected to appear in the KCDB by the end of 2003. Regional key comparisons equivalent to CCT-K3 are under way at APMP and EUROMET. The SIM is undertaking some supplementary comparisons in this temperature region, and there have been some difficulties related to customs and transport of artefacts between countries. Also, a bilateral key comparison between the CENAM (Mexico) and the NIST (United States) is expected to start in 2003.

An APMP comparison equivalent to CCT-K4 is planned. The protocol has been under discussion among the participants.

Two regional key comparisons equivalent to CCT-K5 are being undertaken by APMP and EUROMET.

An RMO key comparison corresponding to CCT-K6 has been completed within APMP, and a similar exercise will begin within EUROMET in the coming year. A bilateral key comparison between the NIST and the Instituto Nacional de Metrologia, Normalizaçao e Qualidade Industrial (INMETRO, Brazil) will take place within the SIM.

There are no known regional or bilateral comparisons planned or in progress related to CCT-K7.

SADCMET intends to undertake a series of supplementary comparisons in a variety of temperature regions.

Working Group 8: calibration and measurement capabilities

The CCT has set up the working groups required to deal with CMC assessment and the relationship between CMC claims and key comparisons. These have handled the CMC claims and the majority of temperature CMC entries have been reviewed.

Working Group 9: thermophysical properties

The CCT, realizing the importance of thermophysical properties, has established a working group to study the requirements of thermophysical measurements. Most of the work in this area is focused on assessment of the field and identifying potential key comparisons. Service categories have been identified and integrated with the service categories of other temperature-related measurements.

Other issues

The CCT expressed its thanks to Mr M. Durieux, who has attended seventeen CCT meetings and acted as Rapporteur for fifteen of these (since 1971). The Committee acknowledged Mr Durieux's scientific contributions to metrology and to the IPTS-68 and the low-temperature scales in particular, as well as his exemplary efforts in recording the Minutes of all discussions."

Professor Bordé invited questions from delegates.

Dr de Castro (Portugal) reported that the work of CCT WG9 was progressing well under the chairmanship of Mr J. Redgrove, NPL. Key comparisons have been proposed in the areas of thermal conductivity and thermal diffusivity and, possibly in the future, in thermal capacitance.

Dr Schwitz returned discussion to the lack of progress in the field of thermometry in the CIPM MRA, and suggested that Dr Quinn should write to the directors of the NMIs and designated institutes, as well as the RMOs involved so as to encourage a more consensus-bound approach. Dr Quinn replied that he had certainly mentioned the matter during several meetings of the CCT, but said that he would be happy to write a letter as well.

Professor Göbel asked if there were any plans to revise the ITS-90. Dr Quinn said that discussions were on-going but this was not an urgent matter, because the ITS-90 works well.

Professor Kovalevsky asked if there were any thoughts about extending the scale down to microkelvin or nanokelvin? Dr Quinn explained that the ITS-90 currently goes down to 0.6 K, below which there is an extension going down to about 1 mK. At lower temperatures there is no need for an international practical temperature scale, because thermodynamic temperatures can be measured directly with the precision required. The same applies to very high temperatures.

15.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry

Dr Hengstberger, President of the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR), presented the following report.

"It is my pleasure to present the report of the CCPR.

The CCPR currently meets at two-yearly intervals. Since the 21st General Conference the CCPR has held two meetings, both of them at the BIPM. The first, under the chairmanship of Professor A.J. Wallard, took place from 24-26 April 2001 and the second, under the chairmanship of Dr F. Hengstberger, from 17-19 June 2003. In the period immediately following the signing of the CIPM MRA between NMIs in 1999, the CCPR focused its work on the selection and initiation of the key comparisons required in the field. Since then the focus has shifted to the processing and evaluation of comparison data; the selection of methods for calculating key comparison reference values; and the compilation and implementation of detailed procedures for preparing drafts and final reports of comparisons. In order to streamline the interregional review process for CMCs submitted by NMIs for inclusion in Appendix C of the KCDB and to facilitate interregional agreement on CMC service categories, the CCPR followed a recommendation by the JCRB and formed a working group (WG-CMC) on this subject. At its 2003 meeting, the CCPR reaffirmed its 1977 decision in this respect (Recommandation 1) and agreed to make a recommendation to the CIPM to include an Appendix on the treatment of photobiological quantities in the new edition of the SI brochure. A task group under Mr J. Bastie (BNM, France) will draft the required text by the end of 2003.

International work in the field of photometry and radiometry will inevitably be significantly affected by the planned closure of the photometry and radiometry laboratories at the BIPM, particularly as the BIPM has been pilot laboratory for many of the key comparisons. The BIPM laboratory also maintained representations of the world mean candela and lumen in the form of groups of standard lamps, although other NMIs can maintain scales which can be compared on a regular basis and so maintain a world mean candela. The closure will also affect members of the Metre Convention, particularly the lesser-developed countries, in that they can no longer use that laboratory to obtain traceability from an independent source for their laboratory standards. The BIPM will in future still provide the secretariat for the CCPR, as it does for all other Consultative Committees.

Joint Working Group with the CCT (WG-CCT)

The terms of reference of the working group are:

- to develop and improve optical methods for temperature measurement in the framework of the International Temperature Scale;
- to maintain good links with the radiometry community; and
- to maintain liaison between the CCT and the CCPR.

The work of the group is currently focused on:

- examining the base-line parameters underlying the radiation thermometry scale realization; and
- monitoring the progress and function of eutectic mixtures of metals and carbon used for a new generation of high-temperature black-body radiators.

This work has now been incorporated into CCT Working Group 5: radiation thermometry, where Dr N.P. Fox (NPL, United Kingdom) represents the CCPR as an observer. Although the activities of the group are largely carried out by e-mail correspondence; it has met, since its establishment in 2000, in Berlin (2001), Chicago (2002) and Paris (2003). The CCPR observer reports back to the CCPR on these activities at each CCPR meeting.

CCT Working Group 5 has already completed a document entitled *Uncertainty Budgets for Realization of Scales by Radiation Thermometry* and is coordinating activities at various NMIs on metal-carbon eutectics. Black-body radiators using metal-carbon eutectics are also important new standards for realizing spectral radiance and spectral irradiance scales in radiometry.

As this is no longer a separate CCPR working group, this work will be reported in future reports to the CGPM under the heading “Liaison with CCT on work in radiation thermometry”.

Working Group on Calibration and Measurement Capabilities (WG-CMC)

Although the CCPR has long maintained an informal working group to deal with CMC analysis, this has, as recommended by the JCRB, been formalized and will have the following terms of reference:

- to establish and maintain lists of CMC service categories, and where necessary draw up rules for the preparation of CMC entries;
- to agree on detailed technical review criteria for CMCs;
- to coordinate and, where possible, conduct interregional reviews of CMCs submitted by regional metrology organizations for posting in Appendix C of the KCDB; and

- to coordinate the review of existing CMCs in the context of new results of key and supplementary comparisons.

In line with the JCRB recommendation, the WG-CMC members are representatives of the Technical Committees of the RMOs in the field of photometry and radiometry. The President of the CCPR is currently contacting the proposed members of the new working group to resume the urgent work on CMC service categories and to review pending interregional CMC submissions. He intends to hold a meeting of the working group in 2004 under his own chairmanship and to propose rotating the chairmanship alphabetically among RMOs at subsequent meetings. Important work on CMC service categories and the interregional reviews will continue in the meantime via e-mail.

Working Group on Key Comparisons (WG-KC)

At the request of the members, the President of the CCPR chairs the WG-KC, the current areas of which are:

- to establish and maintain a list of key and other comparisons in the field of photometry and radiometry, which will adequately support CMC claims by NMIs in this field of measurement in the spirit of the CIPM MRA between NMIs;
- to coordinate and schedule key comparisons, to review progress in comparisons and to recommend the inclusion of the results of key comparisons in Appendix B of the KCDB;
- to provide supplementary guidelines and/or interpretations of the guidelines on conducting key comparisons included in the MRA, specifically for the field of photometry and radiometry;
- to recommend general principles for the calculation of key comparison reference values in photometry and radiometry;
- to provide guidance on the range of CMCs supported by particular key comparisons;
- to identify areas where additional key comparisons are needed; and
- to monitor RMO key comparison activity.

At this stage, the working group has defined six key comparisons in photometry and radiometry and the first round of all of these comparisons has either been completed or is in progress. The WG-KC has one or more task groups for each ongoing key comparison, depending on whether the comparison is carried out as a single exercise or as a number of separate sub-comparisons. In the case of key comparisons of the same parameter carried out in different wavelength regions, different WG-KC task groups and pilot laboratories manage the individual sub-comparisons. A letter after the key comparison number identifies the sub-comparison and task group. The task group members are representatives of the pilot laboratory and of selected participating laboratories, and each task group reports progress and problems at WG-KC meetings. WG-KC task groups are disbanded after the production of the final comparison report.

The WG-KC agreed on some general recommendations to task groups regarding the calculation of key comparison reference values, and an additional task group on drawing up CCPR guidelines for comparison report preparation under Dr Y. Ohno (NIST, United States) was approved at the 2003 meeting.

CCPR key comparison of spectral irradiance (CCPR-K1)

This comparison is carried out separately over two overlapping wavelength regions. The first (CCPR-K1.a) covers the region from 250 nm to 2500 nm and is piloted by the NPL (United Kingdom). It has twelve participants and is being carried out in three phases with four laboratories per phase. Completion of all the measurements by the participating laboratories is expected in 2003. Data analysis and compilation of draft A of the comparison report is projected for December 2003 and the final draft B for May 2004. Altogether, the duration of the comparison will be about three to four years. In an informative analysis of its costs incurred as a pilot laboratory, the NPL estimates an expenditure of 300 person days for measurements and equipment maintenance, in addition to investments in equipment, automation and facility upgrades.

The second sub-comparison (CCPR-K1.b) takes place in the ultraviolet region (200 nm to 400 nm). So far, the pilot laboratory (PTB, Germany) has carried out the selection, ageing and testing of the deuterium lamps used as transfer. The first participants will receive their lamps during fall 2003 to start their measurements.

CCPR key comparison of spectral responsivity (CCPR-K2)

For this comparison, the wavelength range covered is divided into the three overlapping regions 900 nm to 1600 nm (CCPR-K2.a), 300 nm to 1000 nm (CCPR-K2.b), and 200 nm to 400 nm (CCPR-K2.c); the three sub-comparisons are piloted by the NIST, BIPM and PTB, respectively.

Comparison CCPR-K2.a is currently at draft A stage and draft B should become available soon.

Comparison CCPR-K2.b is at draft B stage and agreement has been reached among the participants at a task group meeting in 2003 on all outstanding issues concerning the final report.

The special transfer standards to be used in comparison CCPR-K2.c have all been received and tested by the pilot laboratory (PTB). They should be circulated to the first group of participants in September 2003 to start their measurements.

CCPR key comparison of luminous intensity/luminous responsivity (CCPR-K3)

The two sub-comparisons, CCPR-K3.a using luminous intensity standard lamps, and CCPR-K3.b, using photometric detectors have been finalized. CCPR-K3.a, piloted by the PTB, was already completed in 1999 and the results are included in Appendix B of the KCDB. CCPR-K3.b, piloted by the BIPM, has also been completed and will publish its final report shortly.

CCPR key comparison of luminous flux (CCPR-K4)

This key comparison was completed in 1999 with the PTB as pilot laboratory and the results have been accepted in Appendix B of the KCDB.

CCPR key comparison of spectral diffuse reflectance (CCPR-K5)

One of the three rounds of this comparison has been completed so far, and the second round is now in progress with the NIST as pilot laboratory.

CCPR key comparison of spectral regular transmittance (CCPR-K6)

The pilot laboratory (BNM) has received all the results from participants and is currently analysing the data and compiling draft A of the comparison report.

Apart from coordinating the key comparisons, the WG-KC also monitors progress with three supplementary comparisons. The first (CCPR-S1) deals with spectral radiance measurements and is piloted by the Institute for Optophysical Measurements of the Gosstandart of Russia (VNIIOFI). The measurements are almost complete and the pilot laboratory is about to start data analysis and prepare the draft A report. Supplementary comparison CCPR-S2 deals with measurements of the aperture areas of absolute radiometers and is piloted by the NIST. Most measurements by participants are completed and the pilot laboratory will soon start on the analysis of the data and the preparation of the report. Comparison CCPR-S3 for cryogenic radiometers has been completed and the final report has been approved and published.

Working Group on UV Radiometry (WG-UV)

The chairmanship of the WG-UV has changed from Dr B. Wende (PTB) to Dr E. Ikonen (Helsinki University of Technology, HUT, Finland). The terms of reference of the WG-UV are:

- to study measurement problems in the UV range and encourage coordination of the work of NMIs in that field; and
- to take initiatives aimed at improving worldwide equivalence in the field of UV radiometry, taking into account not only traditional techniques but also techniques such as synchrotron radiation, cryogenic radiometry and novel techniques for improving the stability of transfer standards.

Agreed priority actions include:

- coordinated research on UV and VUV transfer standard detectors;
- comparison of spectral responsivity in the VUV range from 10 nm to 250 nm; and
- coordinated research into suitable diffuse reflectance transfer standards for the UV range.

It was decided at the CCPR meeting in 2003 that the comparison of spectral responsivity in the VUV range (the second item above) will be dealt with as one of the sub-comparisons of key comparison CCPR-K2 and that the sub-comparison will be piloted by the PTB.

Working group meetings have been held during the reporting period in Madrid (October 1999), Paris (April 2001), Washington (May 2002) and Paris (June 2003).

Concluding remarks

With the first round of CCPR key comparisons either completed or well advanced, several complex problems concerning the acceptance of results and the calculation of key comparison reference values resolved, and the first two rounds of interregional review of CMC submissions completed, the focus of CCPR work will shift somewhat to maintenance issues and also back to the scientific aspects of the field. Maintenance issues include: the completion of all first-round key comparisons, further completion of the list of service categories, initiation of further rounds of interregional CMC reviews, advice on the range of parameters supported by specific key comparisons, and decisions on the repetition intervals between the various key comparisons. On

the scientific side, issues of optical power and energy measurements as well as metrology issues for fibre-optic communications have not been tackled for a number of years due to the priorities imposed by the implementation of the MRA. These will need urgent attention in the future. Another area of future attention will be cooperation with other international organizations active in photometry and radiometry, for example the International Commission on Illumination (CIE), the World Meteorological Organization (WMO) and others. The recent signing of a Memorandum of Understanding between the CIPM and the WMO is already facilitating CCPR cooperation with the relevant WMO committees.

I would finally also like to pay tribute to the dedicated staff in the BIPM Photometry and Radiometry section, led by Dr Michael Stock since Dr Rainer Köhler moved to other duties at the BIPM. Dr Stock, and before him Dr Köhler, and their team have enjoyed the respect of their colleagues at NMIs around the world through their scientific excellence. Although they will be redeployed in other suitable positions at the BIPM after the proposed closure of the laboratory, the international metrology community in this field will sorely miss their scientific and technical contributions."

Professor Bordé thanked Dr Hengstberger for his presentation and invited comments.

Dr de Leer commented that the challenge was to increase cooperation between metrologists working in the fields of photometry and radiometry, and chemistry.

Dr Lusztyk echoed the importance of metrology in the biosciences mentioning, in particular, techniques such as spectroscopy, spectrophotometry and colorimetry. He pointed out that quantitative measurements made with DNA chips are almost entirely based on colorimetry, and the quality of these measurements depends to a great extent on metrologists providing appropriate quantitative support.

Dr Hengstberger confirmed that the CCPR understood the shift of focus towards chemistry and accepted the BIPM policy in this area. He expressed his confidence that the challenges in the field of photometry and metrology would be met by the capable network of NMIs.

Professor Kovalevsky suggested that the CCPR could perhaps collaborate on some common problems with the IAU. One of the major tools of astronomers is photometry and spectrophotometry. For very good reasons, astronomers use their own system of units; although the unit W/s is appropriate for the Sun for example, other units are generally used for the stars. He wondered if it might be appropriate to contact the president of the photometry commission to see if some common problems could be considered.

Dr Hengstberger noted that the CIE has very close links with the IAU, particularly in regard to reducing light pollution.

Professor Bordé then asked about a subject already raised at the previous CGPM: How does the CCPR quantize the coherence of sources?

Dr Hengstberger replied that some of the corrections applied, for example, for diffraction at apertures, are influenced by the theory of coherence, which is still developing. We are nearing the point where we can use the theoretical results for numerical corrections in radiometry. Characterization of the coherence of sources is an area of study, but coherence is not measured in the key comparisons.

Professor Göbel asked if it was necessary to cover the entire range of wavelengths in key comparisons of some quantities?

Dr Hengstberger explained that the field comprises about fifty different quantities, of which the CCPR has selected a handful for checking by key comparisons. However, each of the selected quantities, such as spectral irradiance or spectral responsivity, is "key" over the whole wavelength range covered by radiometry. So although the CCPR does not check all the fifty quantities, each of the selected quantities is checked over the whole wavelength range.

Professor Bordé thanked Dr Hengstberger again.

15.7 Consultative Committee for Ionizing Radiation

Professor Moscati, President of the Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI), presented the following report.

"I am pleased to present the report of the CCRI.

The wide variety of applications of ionizing radiation in medicine, science and technology calls for measurements covering a wide range of radiation types, energies and doses. At one end of the scale, measurements in the medical and industrial fields usually involve high levels of activity (from TBq to PBq), together with high dose levels (from Gy to MGy). At the other end, measurements to support health legislation and activity in the environment need to cover low doses (μGy to mGy) and low levels of activity (from Bq to kBq). Many requirements in the medical area lie between these extremes. At all levels, there is increasing government interest in ionizing radiation measurements and the need internationally for all radiation measurements to be fully linked to the SI. The pressure to reduce uncertainties in measurement arising from regulators and users provides a strong incentive for NMIs to keep ahead of requirements in the field.

The CCRI fulfils a key role in bringing together representatives of the world's ionizing radiation metrology institutes, national and international, and providing a forum in which they can reach consensus on measurement issues. The work initiated by the CCRI, both at the BIPM and at the NMIs, provides a secure and permanent link between ionizing radiation measurements and the SI.

Since the 21st General Conference in 1999, the CCRI and each of its three Sections, Section I (X- and γ-rays, electrons), Section II (Radionuclide measurements) and Section III (Neutron measurements) have met twice, from 21 to 29 May 2001 and 22 to 30 May 2003. The meetings took place in the new Pavillon du Mail at the BIPM where the facilities added to the efficiency and effectiveness of discussions and were much appreciated. As an innovation for the CCRI, during its 17th meeting in 2001, Section II held a seminar on liquid scintillation counting; and following this, at the CCRI 18th meeting in 2003, Section I held a seminar on radiometry and dosimetry using synchrotron radiation. Each of these state-of-the-art seminars was well received and seminars may well become regular agenda items. Running the three Section meetings contiguously seems to work well although it is quite a heavy workload for the BIPM.

In the following report the highlights of the work of the CCRI, which are closely linked to the corresponding activity of the BIPM, are described in Section order. Further details may be found in CCRI publications.

X- and *γ*-rays, electrons

In dosimetry, the discussions in CCRI(I) have focused on the analysis of the results of the various key comparisons to be published in the KCDB. Correction factors relating to free-air standards and cavity ionization chambers used in key comparisons have been hotly debated for a number of years and several decisions and a Recommendation were made at the 2003 meeting to resolve these outstanding issues. The Key Comparison Working Group recommended the procedures to follow in order to ensure that the results of as many NMIs as possible are included in the KCDB by the end of 2003.

The CIPM international key comparisons in dosimetry are of two types, the BIPM ongoing comparisons and the CCRI(I) comparisons. Since 1999, over thirty comparisons of primary standards involving sixteen countries have been carried out, allowing NMIs to meet the recommendation that they should compare their standards, at least, every ten years to comply with the CIPM MRA. These results are grouped into seven key comparisons in the KCDB and cover twenty-one primary standards laboratories. For national laboratories in twenty-one Member States that maintain secondary standards, periodic calibration at the BIPM allows them to take part with confidence in RMO key comparisons. For countries outside the Metre Convention that use ionizing radiation, particularly in the medical radiotherapy area, the IAEA, in cooperation with the WHO, coordinates a network of secondary standards dosimetry laboratories. The IAEA dosimetry references are traceable to BIPM standards with periodic calibrations of its reference instruments being carried out in the BIPM radiation beams. The IAEA is an Observer on the CCRI(I) and presents a report at each meeting of its dosimetry work. Reports from the other international observers resulted in a discussion on a report committee being set up by the International Commission on Radiation Units and Measurements to resolve the issues of values and uncertainties for the physical constants used in the dosimetry measurement equations.

Radionuclide measurements

The CIPM comparisons of activity measurements include both CCRI(II) absolute measurements and BIPM ongoing relative measurements. In CCRI(II) comparisons, aliquots of the same radioactive solution are distributed at a given date among the participants. BIPM relative measurements use the SIR to which samples of any suitable *γ*-emitting radionuclide are submitted at any time by NMIs for comparison against the SIR reference sources.

The discussions during the two CCRI(II) meetings centred on two main areas: the establishment of key comparison reference values, and the extension of the SIR for the comparison of pure-beta emitters. A Key Comparison Working Group was formed to re-examine the SIR comparison results and, in particular, to produce a mechanism for identifying and dealing with outliers. This procedure was agreed in summer 2002 and production of the final reports for publication in the KCDB began that autumn. Over half of the fifty-nine ongoing key comparisons for activity have now been published. The SIR continues to serve as a verification system for laboratories that use secondary or derived methods for radionuclide standardization. Following trials at the BIPM, an operational system for the extension of the SIR, using both the CIEMAT-NIST and triple-to-double coincidence ratio methods, will facilitate the future ongoing comparison of beta emitters.

During the last four years, the CCRI(II) undertook an unprecedented number of comparisons, organized by the BIPM. These included activity measurements of ^{241}Am, ^{152}Eu, ^{192}Ir, ^{32}P, ^{238}Pu,

^{89}Sr, ^{204}Tl and ^{65}Zn, with an average of twenty participants for each comparison. Working groups ensured that the standardization methods and the chemical content of the solutions had been properly addressed, particularly prior to the ^{192}Ir and ^{204}Tl comparisons. The results of all completed comparisons look satisfactory although a further comparison of ^{32}P is planned to resolve some differences. There are now twenty-two CCRI(II) comparisons in the KCDB with degrees of equivalence already published for more than five of these. However, the transportation of these small quantities of radioactive material is not a trivial problem, especially for ^{238}Pu and ^{241}Am. Consequently, a recommendation was made by the CCRI to the CIPM and this, at least in part, has resulted in Draft Resolution I for this CGPM.

A stable and reproducible standard ionization chamber, realizable by any NMI, is under joint development at the NPL (United Kingdom) and the IRMM as a project of Section II. The incorporation of such a chamber into the SIR would initially provide a back-up instrument and, once proved, could eventually replace the SIR ionization chambers. Having identical chambers at each NMI should ultimately facilitate comparisons of gamma emitters, particularly of short-lived radionuclides, and make it possible to conduct many more comparisons.

Neutron measurements

The main activities of Section III have been the organization and analysis of key comparisons and the exchange of information on research and development at NMIs. A more rapid pace of key comparisons in support of the CIPM MRA began in 1999 and has continued ever since.

The publication of the completed comparison of 24.5 keV neutron fluence measurements was discussed in detail along with the entry of these results, the reference value, and equivalence statements into Appendix B of the KCDB. The issues surrounding the uncertainties in this comparison were finally resolved at the 2003 meeting, so the publication can proceed. Three comparisons in progress were discussed. The final draft report on the fast neutron fluence-rate comparison for four mono-energetic neutron sources in the keV and MeV energy ranges CCRI(III)-K10, piloted by the PTB (Germany), is expected within the next few months. All measurements for the neutron source emission-rate comparison CCRI(III)-K9.AmBe, piloted by the NPL (United Kingdom), are scheduled for completion by the end of 2003. Agreement was reached for the thermal neutron fluence-rate comparison CCRI(III)-K8, piloted by the NIST (United States), to proceed under a revised protocol. This was following the successful example of the CCRI(III)-K10 comparison at a single laboratory, rather than by the slower procedure involving the circulation of a transfer instrument to many laboratories around the world.

Section III received a report on the status of the RMO comparison of neutron survey meter calibrations (EUROMET Project No. 608), piloted by the Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire of the BNM (France), and this is now designated EUROMET.RI(III)-S1. Plans were made for two participants to conduct a bilateral comparison of neutron fluence-rate measurements at 19 MeV as a EUROMET supplementary comparison.

An important part of the work of Section III is the exchange of information on the status of neutron metrology at the participants' laboratories, outlining resources, facilities, instruments, current applications and future needs. To facilitate this exchange, it was agreed that the slides of presentations made at the last meeting would be made available on the CCRI(III) website."

Dr Shehata (Egypt) asked Prof. Moscati to comment on the nature of the agreement reached in the levels of uncertainties in the CCRI key comparisons. Professor Moscati explained that the

laboratories participating in a CCRI key comparison submit their results together with an estimated uncertainty budget. In cases where some of these uncertainties appear to be unrealistically low, the CCRI Working Group on Key Comparisons has decided to fix a minimum uncertainty for each comparison, reflecting the lowest uncertainties achievable with state-of-the-art techniques in the best laboratories. Unless lower uncertainty claims are backed up by appropriate scientific evidence, the CCRI Working Group on Key Comparisons automatically increases lower claims to this minimum value.

Dr Vaucher (Switzerland) returned to Prof. Moscati's comments about future challenges and asked what the CCRI's view was on proton dosimetry. Professor Moscati replied that the Consultative Committees tried to remain aware of current trends and needs of the NMIs and users, and the CCRI would of course deal with proton dosimetry if there was a demand for it. He added that some high-energy physics laboratories are proposing trials with hadrons, which deliver a high dose locally.

Professor Bordé then invited Prof. Moscati to read Draft Resolution I and invited questions.

Dr Kaarls added that this Draft Resolution was also presented on behalf of the Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM). He noted that the CCQM had encountered significant problems with transporting samples for international comparisons; gas cylinders were sometimes delivered empty after having had their contents examined by customs officials!

Dr Šafarik (Czech Republic) noted that many bodies deal with customs and transport procedures, which are harmonized to some extent on the regional and international levels; he mentioned: the UN Economic Commission for Europe dealing with the facilitation and harmonization of trade procedures in general; the World Customs Organization, dealing with harmonization of customs procedures; and other specialized international organizations such as the International Air Transport Association, dealing with transport procedures. He commented that it was difficult for national bodies to interact with these bodies, so proposed the addition of a phrase inviting the BIPM to deal with these international organizations.

Dr Inglis pointed out that the word "unimpaired" should be replaced by "unimpeded".

There were no further questions.

There revised version Draft Resolution I2 was subsequently voted unanimously as Resolution 9 (see page 380).

15.8 Consultative Committee for Amount of Substance

Dr Kaarls, President of the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry (CCQM), presented the following report.

"I am pleased to present the report of the CCQM.

Ten years have passed since the establishment of the CCQM by the CIPM in 1993, based on the hypothesis that the traceability of measurement results in chemistry was feasible, despite the fact that only in a very limited number of cases had this been demonstrated. Many chemists at that time were, to say the least, rather sceptical about the possibility of improving the existing situation, although it became increasingly clear that in support of trade, industry and society the need existed for comparable measurements traceable to common long-term stable references. In fact almost all chemists claimed implicitly that their measurement results were traceable to the

SI as they expressed their results in SI units. However, these results were often presented without an uncertainty statement, so that the rigour of the measurements could not be assessed.

Now, after ten years of the CCQM, we can state that global comparability and traceability of measurements in chemistry can be realized with uncertainties that, in general, are sufficient for their intended purpose. Although an enormous amount of work still has to be done, we now see that in almost all fields of chemical analysis the issues of traceability and measurement uncertainty are being addressed.

As the amount of work is very substantial and resources are limited we, the NMIs, have to set priorities, dictated by the needs of trade, industry and society, and have to cooperate with other suitable and competent institutes. Therefore, the CCQM is liaising with many other organizations, a number of which are now members or observers of the CCQM.

Since the 21st General Conference, the CCQM has met every year (6-7 April 2000, 4-6 April 2001, 18-19 April 2002 and 10-11 April 2003). The number of members and observers has increased over the last four years, demonstrating the still growing interest of the (designated) NMIs and other intergovernmental and international organizations. This of course reflects the rapidly expanding needs of trade, industry and society for reliable, comparable and traceable measurements in all fields of chemistry.

Despite the importance and number of measurements in chemistry, including the huge demand for clinical measurements carried out every day in the health sector, metrology in chemistry has still not developed at the same pace as "classical" physical metrology at most of the NMIs (with the exception of some ten NMIs). Efforts to improve metrology in chemistry are nevertheless increasing. This process has been aided by the nomination of key institutes within a country, such as the national health institute or environmental or food testing institute, to the status of designated NMI for certain quantities and ranges.

The wide interest in metrology in chemistry is clearly demonstrated by the full participation of many NMIs and other designated institutes in the activities of the seven CCQM working groups, each of them already being comparable in size to other Consultative Committees. The broad scope of CCQM activities is also demonstrated by its membership which includes several other intergovernmental and international organizations, such as the World Meteorological Organization, World Health Organization, International Atomic Energy Agency, International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, International Union of Pure and Applied Chemistry, ISO Committee on Reference Materials (ISO REMCO), International Laboratory Accreditation Conference, and Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry (CITAC). The Institute for Reference Materials and Measurements of the European Commission is also an active member. Overall, the CCQM meetings are attended by some sixty representatives from about twenty-five different countries, while some 120 experts participate in the meetings of the CCQM working groups, which are held prior to the plenary CCQM meeting.

CCQM working groups

The major activity of the CCQM has been the organization of studies and key comparisons, undertaken by the seven CCQM working groups:

- Working Group on Organic Analysis, chaired by the NIST (United States);

- Working Group on Inorganic Analysis, chaired by the Laboratory of the Government Chemist (LGC, United Kingdom);
- Working Group on Gas Analysis, chaired by the NMi VSL (The Netherlands);
- Working Group on Electrochemical Analysis, chaired by the Slovak Institute of Metrology (SMU, Slovakia);
- Working Group on Bioanalysis, chaired by the LGC/vice-chair the NIST;
- Working Group on Surface Analysis, chaired by the NPL (United Kingdom);
- Working Group on Key Comparisons and CMC Quality, chaired by the NRC (Canada).

The areas covered by the CCQM include health, food, environment, advanced materials, commodities, forensics, pharmaceuticals, biotechnology, surface analysis and general analytical applications. The lists of studies, key comparisons and results are published on the BIPM website: http://www.bipm.org/en/committees/cc/ccqm/.

Since the beginning of these activities, some eighty studies and key comparisons have been carried out or are under way. The results of these comparisons underpin the claimed CMCs of the (designated) NMIs. Nevertheless there are still several groups of CMCs where direct evidence of their reliability based on the results of a study or a key comparison is not yet available. The Working Group on Key Comparisons and CMC Quality is investigating which areas should be considered in more detail by the initiation of a study or key comparison.

Almost all CCQM working groups meet twice a year, once at the BIPM prior to the plenary CCQM meeting in April and again during the second half of the year. In general, the second meeting is held at the premises of one of the member institutes of the working group. These meetings at the NMIs are often combined with a peer review visit of the chemical division of the institute and greatly contribute to the further improvement of the capabilities and competences of NMIs, as well as to the establishment of mutual confidence in measurement capabilities between NMIs.

As many NMIs in the field of metrology in chemistry are still in the development phase, the CCQM has a policy of assisting these NMIs by admitting them as observers to the working groups and allowing them to participate in studies. Note that the situation is different to most other fields of metrology, because the number of participants in studies and key comparisons is not limited by the number of samples available.

Working Group on Organic Analysis

The studies and key comparisons carried out by the CCQM Working Group on Organic Analysis include:

- cholesterol, glucose and creatinine in serum;
- organic contaminants in tissue;
- pp'-DDE in corn oil and fish oil;
- pp'-DDT in fish oil;
- gamma-HCH in fish oil;
- PCBs in sediment;
- ethanol in aqueous matrix;
- LSD in urine;
- drugs of abuse in urine;

- purity of compounds (glucose, DDE, xylene, TBT); and
- NMR studies.

Almost all the results after a first study are very satisfactory with measurement uncertainties generally of the order of 1 % to 3 %, or better.

During its last meeting, the CCQM approved the initiation of the following studies and key comparisons:

- ethanol in aqueous matrix on forensic levels;
- volatile organic compounds in organic solvents;
- purity of atrazine and chlorpyrifos compounds; and
- organic solutions of PAHs, PCBs and pesticides.

It is expected that this working group will continue comparisons that fulfil the needs of clinical chemistry, while more work is to be expected on purity analysis.

Working Group on Inorganic Analysis

The studies and key comparisons carried out by the CCQM Working Group on Inorganic Analysis include:

- calcium in serum;
- arsenic in shellfish;
- lead in wine;
- copper, cadmium, zinc, etc. in wine;
- cadmium and zinc in rice;
- metals in synthetic food digest;
- cadmium and lead in natural water;
- lead and cadmium in sediments;
- minor elements in steel;
- constituents in aluminium alloy;
- di- and tributyltin in sediment;
- sulphur in fuels;
- elemental solutions (Al, Cu, Fe, Mg); and
- anions in calibration solutions.

Almost all the results after a first study are very satisfactory with an uncertainty of the order of 1 %.

During the last meeting of the CCQM further work was agreed as follows:

- minor elements in steel;
- potassium hydrogen phthalate assay; and
- sulphur in fuels.

Working Group on Gas Analysis

The studies and key comparisons carried out by the CCQM Working Group on Gas Analysis, or those that are currently under way, include:

- CO, CO_2, NO and SO_2 in nitrogen;
- natural gas;
- propane in nitrogen;
- benzene, toluene, xylene (BTX) in nitrogen and air;
- VOCs in air;
- dynamic mixing methods;
- reactive gases at ambient levels;
- greenhouse gases at ambient levels;
- ozone at ambient levels;
- ethanol in air; and
- purity analysis of gases, including H_2O.

Most of the results are very accurate, achieving uncertainties much better than 1 % and in several cases approaching 0.01 %.

During the last meeting of the CCQM further work was agreed as follows:

- different types of natural gases;
- reactive gases at ambient levels (NO in nitrogen and SO_2 in air); and
- SF_6 and CFCs in nitrogen.

Working Group on Electrochemical Analysis

The studies and key comparisons carried out by the CCQM Working Group on Electrochemical Analysis include:

- pH (phosphate and phthalate buffers);
- fundamental studies on pH standards;
- electrolytic conductivity;
- coulometry;
- HCl assay; and
- KHP assay.

The results have been quite good and have contributed to a better comparability in pH and conductivity measurements.

During the last meeting of the CCQM further work was agreed as follows:

- pH measurement of carbonate buffer solutions;
- KHP assay; and
- electrolytic conductivity.

Working Group on Bioanalysis

The CCQM Working Group on Bioanalysis was established at the 6th meeting of the CCQM in April 2000. The aim of this working group is to address metrological issues in biotechnology and molecular biology. The work can be distinguished between nucleic acid/gene, protein and cell measurements. Quantitative DNA and RNA analyses are becoming increasingly important in different fields of measurements, such as food testing (GMOs), clinical and therapeutic measurements, and forensics (DNA fingerprinting). Instrument manufacturers and users require traceability and calibration. In the meantime, the need for internationally comparable and traceable measurements in the field of clinical chemistry and laboratory medicine has become an urgent issue as the European Commission has issued a Directive demanding traceability of *in vitro* diagnostic measurements to standards of "higher order", to come into force on 1 January 2004.

The interest in the work of this CCQM working group is high and many (designated) NMIs are already members or observers. The working group is still in the phase of establishment and developing its final programme. To date, it has agreed on the following studies:

- DNA profiling;
- DNA primary quantification; and
- peptide/protein quantification in proteomics.

Several other proposed studies are in a phase of further preparatory investigation and discussion, including:

- PCR quantitation study;
- fluorescent dyes spectral correction studies;
- comparability study of the results obtained by DNA profiling techniques;
- circular dichroism study of protein solutions; and
- biomolecular (gene/protein/cell) measurements.

Working Group on Surface Analysis

The CCQM Working Group on Surface Analysis was also established during the 6th meeting of the CCQM in April 2000. A growing number of NMIs have been asked by industry to address metrological problems in surface analysis. In particular the developments in nanotechnology, the semiconductor industry and industries producing and working with thin-layer technologies are highly dependent on proper surface measurements. These industries also include, for example, polymers, coatings and paint, and measurements dealing with corrosion for aerospace, protein adhesion and toxicity for body implants.

A first study carried out by the working group, of SiO_2 on Si wafers, has been very successful in comparing and characterizing a large number of techniques and demonstrating that the level of comparability of measurements could be improved, with uncertainties reduced to below 1 nm. Work proposed for the near future includes:

- dopant distribution in Si;
- Fe-Ni and Co-Pt alloy thin-film composition;
- coatings;
- surface layers, contaminants;

- polymer surfaces; and
- thin-film multilayer systems.

The methods and technologies are of great interest to industry, and the continuation of this work within the CCQM is highly desirable.

Working Group on Key Comparisons and CMC Quality

So far, as I reported during the meeting of the 21st CGPM in October 1999, the CCQM Working Group on Key Comparisons has coordinated the proposals for studies and key comparisons by the other working groups, seeking a balanced approach, promoting the right priorities and trying to prevent overloading the NMIs with comparisons.

The CIPM MRA is still being implemented in the field of metrology in chemistry. As this field of activity is relatively new for many NMIs, it has become clear that the regional and interregional review of claimed Calibration and Measurement Capabilities required further discussions than in general were needed in the more "classical" field of metrology in physics. These discussions require input from experts of the CCQM, to review CMCs for which there are underpinning comparison results, as well as the more difficult cases where there are currently no international comparison results to underpin the claim. Therefore the CCQM decided at its April 2003 meeting to widen the scope of the working group into a CCQM Working Group on Key Comparisons and CMC Quality. It is composed of representatives/experts of the RMOs and of experts from all the CCQM working groups.

As the NMIs not only deliver services to their customers by offering calibration and measuring capabilities, but in many cases also produce and distribute Certified Reference Materials (CRMs), this working group will also look into the criteria to be fulfilled for accepting CRMs in Appendix C of the KCDB.

General issues

The CCQM has continued its discussions on issues of common and general importance.

Joint CCQM working group meetings

Joint meetings of the CCQM working groups are organized on occasions when their work programmes overlap. These have included joint meetings of the Working Group on Inorganic Analysis with the Working Group on Electrochemical Analysis; of the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Bioanalysis; and of the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Gas Analysis. They have proved very useful and will be continued in the future.

CCQM workshops

The work of the CCQM has greatly benefited from a number of workshops it has organized:

- In December 1999, a workshop was held on defining uncertainty budgets and the calculation of measurement uncertainty.

- In April 2002, a very successful workshop on traceability in chemical measurements was held, where the need for traceability by the different user communities was discussed and the mechanisms being used or planned by NMIs to achieve traceability were described.
- In November 2003, a workshop will be held to address the needs of regulators, accreditation bodies, industry and other sector-specific organizations for traceability in food analysis.

The very successful workshop on traceability in laboratory medicine, held in June 2002, organized by the BIPM, the IFCC, and the CCQM should also be mentioned.

Certified Reference Materials

CRMs are widely used for calibration and method validation. Most NMIs deliver different CRMs to their customers as a means of disseminating traceability.

Appendix C of the KCDB lists the CRMs delivered by the NMIs. These CRMs are only those indicative of the quantities/measurands and measurement ranges delivered by an NMI to its customers. The intention is not that the CIPM MRA should cover the whole catalogue of CRMs delivered by NMIs.

However, those CRMs mentioned should be based on the laboratory's own measurement capabilities and the competence of the NMI to characterize (with respect to stability, homogeneity, etc.) and assign a value to the CRM.

Competence in the value assignment of the CRMs can be demonstrated by compliance with appropriate ISO guides and standards, such as ISO *Guide 34* relating to the general requirements for the competence of reference material producers.

The CCQM Working Group on Key Comparisons and CMC Quality is studying a further refinement of the criteria to be fulfilled for CRMs to be mentioned in Appendix C.

Cooperation with the ISO REMCO has been established in order to address common issues.

The need for special CRMs, in particular, matrix materials, is almost infinite. It is clearly an impossible task for NMIs to produce and deliver all the CRMs needed. A further task for NMIs is to certify and deliver very pure materials, based on the application of direct assays or indirect (impurity) measurements. Such materials are the basis of calibration solutions, and as such at the top of the traceability chain. This is a considerable challenge.

CRMs delivered by the NMIs under the CIPM MRA are accompanied by a certificate with an uncertainty statement for a traceable measurement result for its value assignment. This is not always true of commercially produced CRMs. The lack of demonstrated traceability is a great difficulty for the chemical laboratory community when seeking accreditation according to International Standard ISO 17025, or ISO 15189 in the field of clinical laboratories.

Cooperation with other intergovernmental and international organizations

Accurate measurements traceable to the SI, being long-term, stable, fixed anchor points, are essential for several programmes in the environmental area. Likewise, the measurement programme of the WMO requires accuracies at the highest achievable levels. Therefore, with this in mind, the CIPM has signed a MoU with the WMO assuring close cooperation with the BIPM, CCPR and CCQM.

Measurements in clinical chemistry and laboratory medicine form a huge daily activity all around the world. Comparability and traceability are now high on the agenda of the clinical and *in vitro* diagnostics community. Conformance with regulations (e.g. the EC IVD Directive), accreditation requirements, better treatment of patients and cost savings require more accurate and precise measurements. Therefore the CIPM has also signed a MoU with the World Health Organization, while the long-standing cooperation with the IFCC has been intensified. As many of the measurements are chemical analyses, close cooperation has now been established with the CCQM and, in particular, with the CCQM Working Groups on Organic Analysis and on Bioanalysis, while some work also has to be done by the CCQM Working Group on Inorganic Analysis.

Cooperation with the IAEA and the IRMM is realized by the participation of these institutes in the different CCQM working groups.

With respect to standardization and guidance documentation, cooperation has now been established with CITAC, ISO REMCO, and IUPAC.

Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine

After a few preparatory meetings and driven by the introduction of the EC Directive on *in vitro* diagnostic measurements, requiring traceability to standards of higher order, the BIPM, IFCC and ILAC, supported by representatives of regulators, industry associations, quality assurance and proficiency testing providers and documentary standards organizations, decided in June 2002 to establish a Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM). The aim of the JCTLM was to support the worldwide comparability, reliability and equivalence of measurement results in laboratory medicine. Lists of validated higher-order reference materials and reference measurement procedures will also be published, and a list of reference measurement laboratories will be drawn up.

The WHO and laboratories that are custodians of WHO International Standards have been active in the meetings of the JCTLM and are cooperating in its activities.

The JCTLM, which is currently chaired by the IFCC with the secretariat provided by the BIPM, has two working groups:

- Working Group 1 on Reference Materials and Reference Procedures, co-chaired by the NIST and the IRMM, is currently reviewing reference materials and reference methods which have been nominated as being of higher order.
- Working Group 2 on Reference Measurement Laboratories, co-chaired by the German Association of Clinical Chemists, the University of Bonn (Germany) and the University of Ghent (Belgium), has developed criteria which laboratories must fulfil to demonstrate their competence as reference measurement laboratories.

Working Group 1 has eight sub-groups on:

- electrolytes (calcium, chloride, potassium, etc.);
- enzymes (AST, amylase, CK, GGT, etc.);
- metabolites and substrates (cholesterol, urea, etc.);
- proteins (albumin, troponin-1, PSA);
- nucleic acids (DNA, RNA);
- drugs (digoxin, lithium, etc.);

- hormones (cortisol, estriol, testosterone, etc.); and
- coagulation factors.

New sub-groups will be established to review the following groups of reference materials and methods:

- blood grouping and typing;
- blood gases;
- infectious diseases;
- non-electrolyte metals; and
- vitamins.

It has been proposed that a series of measurements will need to be undertaken to ensure the comparability of the reference materials that have been reviewed as of a "higher order". These comparisons will be carried out by laboratories that have demonstrated their competence in the field, such as NMIs that have successfully participated in key comparisons and have measurement capabilities that have been accepted under the CIPM MRA and published in Appendix C.

An International Recognition Arrangement is in preparation, under which the framework established by the JCTLM for the recognition of higher-order reference materials and measurement procedures could be used.

Codex Alimentarius Commission of the WHO and the FAO, World Anti-Doping Agency (WADA) and the pharmaceutical sector

In many other areas of chemical analysis a move towards accreditation is taking place, together with the need to demonstrate the traceability of measurement results. It is expected that cooperation with these organizations and sectors will be established in the near future, making use of the activities already existing under the CCQM and the JCTLM.

The CCQM workshop on traceability in food analysis, already mentioned, will be held in November 2003 at the BIPM.

Material properties

Good knowledge of material properties is indispensable in today's industry and society.

The CCQM has tabled the first proposals to investigate needs and to study the existing situation and start cooperative action in the area of materials. The proposals include the production, characterization and value assignment of CRMs, including chemical CRMs, optical filters, heat transfer coefficients, etc.

This discussion has been taken up by the CIPM as these material properties involve the expertise of several other Consultative Committees.

Viscosimetry

In September 1999, a first meeting was organized at the BIPM to investigate the problems, needs and possibilities for further activities in viscosity measurements. As it was not immediately clear

to which Consultative Committee this activity should be reported, the CIPM decided to create an *Ad Hoc* Working Group on Viscosity (AHWGV), chaired by the President of the CCQM.

At the second meeting in October 2001, it was decided to organize a comparison on kinematic viscosity up to 40 000 mm^2/s and at temperatures up to 100 ºC organized by the PTB (Germany) in close cooperation with Cannon Instrument Company in the United States.

Eleven NMIs with an independent scale of viscosity participated in this comparison, while seven other NMIs not having an independent scale also participated. The results of the comparison were presented at the 3rd meeting of the AHWGV in November 2002. In general, the comparison has been successful, with results within 0.1 % to 1 % uncertainty, depending on viscosity and temperature. The final report was published in 2003.

The comparison demonstrated good agreement with the results of the Cannon Instrument Company, which has organized the ASTM viscosity scale over a long period of time.

Taking into account the type of work involved and the organizational aspects, in that the majority of NMIs have activities in the field of viscosity, the CIPM is expected to decide at its 2003 meeting that in future the Working Group on Viscosity will report to the Consultative Committee for Mass and Related Quantities.

Designated institutes

In many countries, the NMIs do not currently have broad expertise with respect to metrology in chemistry. In order to serve trade, industry and society at short notice in an efficient and effective way, a number of them are making use of existing capabilities and expertise in metrology in chemistry available in several national institutes and universities by designating these institutes to act as an NMI for certain quantities and measurement ranges in chemistry, so that they can participate in the CIPM MRA.

In some countries, the metrological laboratory of a private, commercial company has been designated for certain quantities and measurement ranges. In such cases, the facilities should be accessible to every potential customer on an equal footing and a level economic playing field should be guaranteed.

For certain types of measurement in chemistry, the use of expensive facilities such as a reactor for instrumental neutron activation analysis is required. As most NMIs do not have such facilities in-house, it is strongly recommended that they make use of available reactors in their country.

BIPM programme of metrology in chemistry

At the 21st meeting of the CGPM in 1999, the CCQM was of the opinion that it would be essential for the BIPM to build up its own fundamental knowledge in the field of metrology in chemistry in order for it to become a competent partner in the international community of chemists and to assist clearly in the establishment of a worldwide system of traceability and comparability in the field of measurements in chemistry. Therefore the CCQM advised the CIPM to establish a chemical metrology activity at the BIPM. The CCQM notes that in the period since the 21st CGPM such a chemical activity has started. A work programme on ozone reference standards has been developed and the first series of international comparisons has been successful. The comparison programme is now being extended as a CCQM study with the BIPM

as the pilot laboratory, with twenty laboratories registered as participants. In 2003, after discussions during 2002 with the working groups concerned, the CCQM unanimously advised that the Chemistry section of the BIPM should add a small activity on purity analysis in the field of organic and clinical chemistry, as part of the global cooperation of NMIs.

The various activities in the BIPM programme of work give it the required status to speak for the international metrological community, bringing together the different intergovernmental and international organizations with interests in metrology, serving the wider community in establishing globally recognized comparability through traceability to the SI, or if not (yet) possible to other internationally agreed references. The extension of the programme to some activities in the organic/clinical field is seen as essential to consolidate the position of the BIPM in the field of metrology in chemistry.

Conclusions

Very good progress has been made over the ten years of the CCQM's existence, demonstrating that accurate metrology in chemistry is possible. Several issues still need to be addressed:

- education on metrology in chemistry, including the understanding of traceability and measurement uncertainty;
- understanding and research with respect to the definition of the measurand (discrepancies between results arise due to imprecise definition of the measurand);
- method-dependent measurements;
- matrix problems;
- commutability in clinical and therapeutic measurements; and
- the use of non-SI units in those cases where traceability to the SI is not (yet) achievable, for example units related to biological activity.

Professor Bordé thanked Dr Kaarls and invited questions.

In response to a question from Prof. Mills, Dr Kaarls cited biological activity as an example of a quantity with a bio-unit not traceable to the SI. To quantify biological activity the laboratories of the WHO produce CRMs with activity expressed in "WHO units". The CRM they produce has a WHO unit of 1. This holds for the batch, but when another batch is made it may have a different activity but again this is defined as having an activity of 1 WHO unit. In fact, ideally it should be possible to express such activity in mol mol^{-1} s^{-1} or similar, but Dr Quinn pointed out that the biological activity of these molecules cannot generally be specified in terms of the physical chemical measurements we can make, because we do not understand sufficiently well the interaction between these complex molecules and the human body. Until one can make a physical chemical measurement that has a 1:1 correspondence with its biological activity, arbitrary units are necessary. He cited the example of insulin.

In answer to a question from Prof. Göbel, Dr Kaarls confirmed that the JCTLM database of higher order reference materials is distinct from Appendix C of the KCDB.

Dr Shehata (Egypt) asked Dr Kaarls to explain the principle of traceability achieved through CRMs to the definition of the mole. Dr Kaarls explained that CRMs are samples whose properties and composition are very well known from calibrations made using primary methods used to calibrate instruments. Dr Quinn added that this question was one of the first addressed by

the CCQM after its creation, and the reason why the CCQM spent a considerable amount of time talking about primary methods in chemical analysis. A primary method is a method that allows the results of an analysis to be obtained directly in moles on the basis of measurements made using other base units of the SI. The primary method is the way you get from the definition of the mole to the amount of substance in a particular sample without any prior knowledge of its chemical content in moles. Almost all base units of the SI are realized through primary methods – they are used in time, temperature, length, electric current, luminous intensity, as well as amount of substance. The only unit that is not realized in this way is the kilogram because the realization of the unit exists already in the form of the International Prototype of the kilogram.

Professor Bordé asked if laser spectroscopy was used to measure the quantity of foreign gases in air, such as ozone and SF_6. Dr Kaarls replied that laser spectroscopy is indeed one of the many technologies used to make such measurements. Professor Bordé suggested that it might be appropriate to develop such laser systems at the BIPM in the future. He thanked Dr Kaarls and invited Dr Valdés to present the work of the CCAUV.

15.9 Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration

Dr Valdés, President of the Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV), presented the following report.

"It is my pleasure to deliver the report of the CCAUV.

The CCAUV was established in 1998 at the 87th meeting of the CIPM, as the result of recommendations from a working group chaired by Prof. A.J. Wallard, who presided over the activities of the new Consultative Committee during the first two years. At its 89th meeting, the CIPM agreed to designate Dr J. Valdés, member of the CIPM, as President of the CCAUV. The first meeting of the CCAUV took place at the BIPM in July 1999, followed by second and third meetings in October 2001 and October 2002, respectively, with Dr P.J. Allisy-Roberts (BIPM) as Executive Secretary. Twenty-eight delegates, five observers and one guest were present at the last meeting, besides the BIPM members and the President. After that meeting, Dr Giuseppe Basile retired with effect from April 2003 as the representative of the IMGC (Italy) on the CCAUV.

During the 21st CGPM (October 1999) it was reported that a special issue of *Metrologia* devoted to acoustics, ultrasound and vibration would be welcomed. Such a publication appeared in December 1999 [Vol. **36**(4)], containing a series of interesting articles in the areas of airborne as well as underwater acoustics. This special issue of *Metrologia*, together with the extensive list of publications now included in the CCAUV section of the BIPM website, is a valuable reference source for researchers in this field of metrology.

Since its creation, the CCAUV has initiated an active programme of key comparisons. Of the CIPM key comparisons, two have already been completed and published, another should be published in the near future, one draft A report is under consideration, two more are in progress, and two further comparisons are planned to start in 2003-2004. There are also several RMO key comparisons: six in acoustics (one approved, two reports in progress, one with measurements in progress and two planned); two in ultrasound (both planned); and four in vibration (two approved, one of which should have linked results published soon, one for which the report is in progress and another which is just starting). A supplementary comparison of the SIM circulating two pistonphones is also complete.

The detailed status of the CIPM key comparisons, available in the KCDB, may be summarized as follows:

- CCAUV.A-K1: Comparison of sound pressure in air from 63 Hz to 8 kHz.
  The comparison report is nearing completion and should be published before the end of 2003 with results for twelve participants.
- CCAUV.A-K2: Comparison of sound pressure in air at low frequencies from 2 Hz to 125 Hz.
  This comparison is planned for after 2004 with at least eight participants.
- CCAUV.A-K3: Comparison of sound pressure in air from 31.5 Hz to 31.5 kHz.
  Measurements started in January 2003 with twelve participants.
- CCAUV.A-K4: Comparison of free-field sound pressure in air from 2 kHz to 40 kHz.
  This comparison has been postponed until 2004.
- CCAUV.U-K1: Comparison of ultrasonic power at three frequencies and five power levels.
  This comparison ran from 1999 to 2002 and was published in November 2002 with the results available in the KCDB for nine participants.
- CCAUV.U-K2: Comparison of ultrasonic pressure at 1 MHz to 15 MHz.
  This comparison is in progress with five participants and the measurements should be complete by July 2003. The report may be ready before the end of 2003.
- CCAUV.V-K1: Comparison of charge sensitivity from 40 Hz to 5 kHz.
  This comparison ran from 2000 to 2001 and was published in December 2002. The results are available in the KCDB for twelve participants.
- CCAUV.W-K1: Comparison of sound pressure in water from 1 kHz to 500 kHz.
  This comparison ran from 2000 to 2002 and the draft A report is currently being considered by the seven participants.

Interesting discussions took place during the CCAUV meetings concerning the determination of KCRVs, estimation of uncertainties, stability of the objects being circulated, and reference standards involved such as standard microphones. In some cases, as for example when processing the CCAUV.V-K1 data, the pilot laboratory performed an extensive investigation into the determination of the KCRV, including five methods in total: fit, mean, median, likelihood and weighted mean. The decision was taken to use the weighted mean.

Other matters concerning the scope of the CCAUV also arose during discussions around key comparisons, as for example the need for even lower frequency acoustical measurements, for applications beyond human hearing such as acoustical microscopy.

It is desirable to ensure the maximum possible participation of NMIs in key comparisons and in the work of the CCAUV. In situations where NMIs do not have specific expertise, but this is available in a national centre of expertise, Member States could associate such national centres with the NMIs, and designate them under the Mutual Recognition Arrangement. This would allow them to participate in meetings and in the technical work of the CCAUV. In turn, the activities and facilities of these centres could be used to provide services for industrial, scientific, medical and other organizations that require or would benefit from calibrations that are traceable to the SI.

The classification of services in the field of Acoustics, Ultrasound and Vibration (AUV) metrology was also discussed in connection with the CMC submissions of NMIs for the JCRB.

During the second meeting of the CCAUV, new challenges for AUV metrology were presented, including quite new ideas and developments in the domain of nanotechnology. An *ad hoc* working group created for that purpose produced a document, which was considered during the

3rd meeting of the Committee. This contributed to the report that the CIPM was preparing for the 22nd CGPM, addressing more technical considerations than those in *National and International Needs Relating to Metrology*, prepared by the CIPM for the 21st CGPM.

All the CCAUV meetings included reports from regional representatives presenting an overview of the regional activities, reports from NMIs on their new facilities, programmes and research areas, and reports from international observers on the IEC and ISO Technical Committees related to AUV. The current information related to these topics is included in the thirty-nine working documents presented during the last CCAUV meeting.

Several international scientific meetings encompass the activities of the CCAUV. A Sound and Vibration Workshop was announced to coincide with the IEC/TC29 meeting scheduled to take place in Copenhagen in September 2003.

Last but not least, the CCAUV entered into a long-standing discussion concerning dimensionless units which have application in AUV metrology. The CCU had raised the question as to whether the neper, the bel or both would be adopted as SI units. During the last CCAUV meeting, the Director of the BIPM provided an overview of the history and current status of the topic, after which the proposal was addressed by the delegates. Both personal and institutional opinions were put forward from some NMIs, there were contributions from international observers, and the latest papers on the subject submitted to *Metrologia* by the President of the CCU *et al.* and the President of the CCAUV were discussed. The CCAUV was in agreement that the *status quo* should be maintained, keeping both the neper and the bel outside the SI. Certainly, the best reason for not changing would be to avoid the confusion that would be created by any change, with influences not only in the metrology community, but in all facets of commerce and industry. The CCAUV proposal to maintain the current status was also supported by the IEC, and finally by the CIPM at its meeting in October 2002.

In the CCAUV section of the BIPM website, a number of documents have been made available, including an extensive list of bibliographies submitted by the member NMIs. He encouraged members to continue to submit these, to develop this valuable resource.

He then turned to the discussions of the CCAUV, CCU and CIPM concerning the neper and bel, and briefly presented his only views on the subject. In what he called Logic A, which is currently applied, the ratio of two quantities of the same kind is considered a new quantity. Within this system, it is necessary to name the new quantity; for example, mass fraction. In this case we have kg kg^{-1}, which might be called the unit “one”, or “uno”. He posed the question, however: how would this new unit be realized? He suggested that in this case, the uno could be realized by comparing two kilogram standards on a balance, although his own preference would simply be to use the SI base unit, the kilogram.

He then presented Logic B, in which division of one quantity by another of the same kind expresses the number of times one quantity fits into the other. This is a number, not a new quantity, and might be called a coefficient, a factor, or a ratio; no SI unit would be assigned to it.

A choice should be made between Logic A or Logic B. In the field of acoustics, confusion arises as a result of use of the decibel with different power and field quantities, without specifying to what the decibel is referred. He suggested that use of the underlying accepted SI units was preferable, and drew attention to a paper on this subject he had published in *Metrologia*, 2002, **39**(6), 543-549.”

Professor Bordé thanked Dr Valdés for his presentation, and invited questions.

Dr de Leer took up the discussion on the use of ratios as units, citing the example of mol mol^{-1} in chemistry. Here it is not possible to divide one mole of a specified compound by a mole of another specified compound, so it is not possible to give special names. Dr Valdés agreed that one might talk about 10^{-6} mol mol^{-1}, if one chose not to use ppm, but there was no need to introduce a new unit microunomol!

Professor Mills pointed out that chemists use mole fraction very widely and find it useful. He said that he agreed with much of what Dr Valdés had said, but pointed out that people are not going to stop using the decibel and the CCU would like to lead them into a more logical way of using it and defining it.

Dr Inglis said he was interested in the work Dr Valdés had presented on nanoscale microphones. He asked whether there was a need for new standards in this area, and perhaps even future key comparisons? Dr Valdés estimated the timescale would be between five and ten years from now.

In answer to a comment from Prof. Bordé, Dr Valdés explained that the nanoscale microphones were being developed by a team trying to reach the quantum limit in their search for gravitational waves.

15.10 Consultative Committee for Units

Professor Mills, President of the Consultative Committee for Units (CCU), presented the following report.

"It is my pleasure to deliver the report of the CCU. The CCU has held two meetings since the last CGPM in 1999. The 14th meeting was held in April 2001 and the 15th in April 2003.

14th meeting of the CCU, April 2001

1. We reviewed the responsibilities of the CCU. We see our main responsibilities as the consideration of possible changes to the International System of Units (SI); the preparation of successive editions of the SI Brochure, which is the official definition of the SI; and the promulgation of the SI through all science, technology and engineering.

2. We considered possible changes to the definitions of the base units in the coming years.

   (i) A small change that we plan to make in the next edition of the Brochure is to add to each of the definitions of the base units a statement of the quantity that is fixed by the current definition. Thus the present definition of the metre fixes the speed of light; the definition of the kilogram fixes the mass of the prototype; the definition of the second fixes the frequency of the hyperfine transition in the caesium atom; the definition of the ampere fixes μ_0, the permeability of free space; the definition of the kelvin fixes the temperature of the triple point of water; the definition of the mole fixes the molar mass of the carbon atom; and the definition of the candela fixes the luminous intensity of the specified source.

   (ii) Major changes can be foreseen to the definition of the kilogram, the second, and possibly the kelvin at some stage in the next ten years or so.

   The kilogram is in need of a new definition because the mass of the prototype is known to vary by several parts in 10^8 over periods of time of the order of a month, due to changing surface chemistry effects. One possible new definition would be in terms of the mass of a carbon atom, and would fix the Avogadro constant; and an alternative in terms of the

equivalent mass of a photon through the Einstein and Bohr relations, $E = mc^2 = hv$, would be realized using a watt balance, and would fix the Planck constant. These alternatives have different advantages, and neither can at present be realized with quite the desired accuracy. It is not yet possible to choose between them.

The change to be expected in the definition of the second is a change from the microwave frequency of the caesium atom used in the present definition to an optical frequency that would be more than 100 times higher. This would give significantly higher precision in realizing the definition. A number of alternative atomic spectral transitions are being considered in various research laboratories around the world. To realize such a definition requires a highly stable flywheel oscillator that can be locked to the optical transition, and can be compared with the microwave transition of the caesium atom with the necessary precision.

The anticipated change in the definition of the kelvin is one that would fix the value of the Boltzmann constant, and would be realized by an experiment that would relate temperature to energy. At present such experiments are a long way from the necessary precision, but developments are to be expected in this field.

The CCU is following these developments, and will take advice from the many metrologists working in these fields and from the other appropriate Consultative Committees before any change is made.

3. The CCU reconsidered the proposal that the neper, symbol Np, should be adopted as an SI unit alongside the radian, which we presented to the last CGPM in 1999. Delegates who were present at that meeting will remember that it was received with many doubts, as a result of which the proposal was withdrawn for further consideration. The CCU still considers that the neper should be regarded as an SI unit closely related to the radian, and three members of the CCU published a paper in *Metrologia* explaining the arguments for this action (I.M. Mills, B.N. Taylor and A.J. Thor, Definitions of the units radian, neper, bel and decibel, *Metrologia*, 2001, **38**, 353-361). However, after putting various modified proposals to the CIPM, none of which gained approval, we have decided to leave this proposal for the present.

4. The CCU considered the problems created by the different meanings attached to the names “SI units” and “units of the SI”. According to all recent editions of the SI Brochure, including the current 7th edition published in 1998, the name “SI units” should be taken to span only the coherent units, not including any multiple or submultiple prefixes; but the name “units of the SI” should be taken to span all units including those involving prefixes. According to this rule the centimetre and the millimetre, for example, are not SI units, but they are units of the SI. It appears to be contrary to the rules of English grammar to read different meanings into the names “SI units” and “units of the SI”.

   The CCU has decided to resolve this situation by stating that both “SI units” and “units of the SI” shall be taken to have the same meaning, which should include both the coherent units and all units obtained by adding multiple or submultiple prefixes. When it is desired to refer to only the SI units without prefixes, the name “the coherent SI units” should be used. The next edition of the Brochure will be written in this way.

5. The question of extending the SI prefixes beyond their present range from 10^{+24} to 10^{-24} was discussed, but it was decided to make no change. The possibility of changing the recommended prefix symbols for deca, hecto and kilo, from da, h and k to the capital letters

D, H and K was also discussed, but a decision was again made to make no change. The CCU believes that even small changes to the rules of the SI should only be made when the case is very strong, because any changes may cause confusion, and have consequences in the changes that have to be made in many other documents around the world based on the SI.

6. The CCU discussed the possibility of adopting a name and symbol for the number one, to be used for dimensionless quantities. The possibility of the name uno, symbol U, was considered. The advantage of such a unit is that it would be possible to use it with prefixes, to express the values of dimensionless quantities equal to very large or very small numbers, thus avoiding the use of ambiguous and language-dependent symbols such as ppm, ppb and ppt. The disadvantage is that the uno would be a dimensionless unit equal to one that might be used to express the value of a wide variety of different quantities, which may itself cause confusion. See the report below of the 15th meeting of the CCU in 2003.

15th meeting of the CCU, April 2003

At this meeting, our most recent, we began seriously to discuss and work on preparing the manuscript for the next edition of the SI Brochure. There will be a number of changes from the previous edition, outlined below. We hope to have a fairly complete manuscript by spring 2004, and to achieve publication early in 2005.

1. We plan that the next edition shall be entirely available on the Internet, through the BIPM website, with the advantage of the search facilities that this will make possible.

2. We plan to extend Chapter 1 in a tutorial style, to introduce the basic idea of an international system of units, the SI, based on an international system of quantities, the ISQ. We shall also explain the significance of coherent quantities, and of dimensions, more fully than at present. We shall introduce the problems of some of the newer quantities involved in biological research.

3. We plan to make only small changes to Chapter 2 on the definitions of the base units of the SI, and to make no changes at all to the wording of the actual definitions. We shall emphasize the difference between defining a unit and realizing the definition. A number of small changes will also be made to the section on derived units, including a revised description of the problems of dimensionless units. Chapter 4, which is concerned with non-SI units, is provided mainly for information and assistance for the reader. We shall emphasize the advantages of using SI units, while discouraging but not condemning those who, for various reasons, may wish to continue to use non-SI units. We shall simplify the subdivision of non-SI units in Tables 6 to 10. We plan to extend Chapter 5, which is concerned with practical advice on how to use and write text and equations involving SI units. A number of changes will also be made to the appendices.

4. The CCU also discussed, once again, the possibility of introducing the uno, symbol U, to represent the number one used as a unit for dimensionless quantities. Although we do not plan to take any action on this at the present time, it was decided that we should prepare a paper that could be widely circulated to the scientific unions and National Metrology Institutes to canvass opinion on this proposal. There seems little doubt that the CCU will discuss this again in future meetings.

Summary and conclusion

I should like to emphasize the importance of the role that the CCU plays as guardian of the SI, and in providing guidance in its use. Most users of the SI have specialized expertise in particular areas of science, and this applies to metrologists as much as to others. However, the CCU has to take a broad view of its responsibilities, and in this respect it is somewhat different from the other Consultative Committees. It is important that we should be thinking about new developments in all fields where quantitative measurements are involved, and their implications for the way in which units are defined, the definitions are realized, and the results are presented. Science is forever changing, and we have to respond to these changes if we are to maintain the value of the SI. The Brochure plays an important role in disseminating information on the SI to professional metrologists, members of the many international committees on standardization, as well as to all practising scientists and technologists around the world.

I should like to express my thanks and appreciation to the current members of the CCU, many of whom travel long distances to take part in our discussions. I find these discussions always stimulating and valuable. I would also like to encourage directors of NMIs around the world to bring to the attention of bright young metrologists the possibility that they might play a part in the work of the CCU. We would welcome new young members, who may thus become part of a new generation contributing to this work."

He drew attention to the presence of the SI brochure on the web and concluded by thanking Prof. Peter Martin for his role as Executive Secretary of the CCU since 1998.

Professor Leschiutta commented that the SI brochure is very widely distributed, and recommended that the BIPM should continue to produce a printed version. Dr Quinn confirmed that this had always been the intention.

Professor Bordé then invited Prof. Mills to present Draft Resolution L2.

Professor Mills explained that the governments of Australia, the United Kingdom, and the United States had submitted Draft Resolutions on the symbol for the decimal marker in the International System of Units. At its 92nd meeting (October 2003) the CIPM had discussed these texts and the text presented by the CIPM, Draft Resolution L2, is an amalgamated version.

He gave a brief background to the subject, saying that it was not a technical matter, but concerned wide use in the community of the decimal marker. Of the current Member States of the Metre Convention, the populations of those countries where it is customary to use a decimal point add up to 3.6 billion (3.6×10^9), and the populations of those countries where it is customary to use a decimal comma add up to 1.0 billion (1.0×10^9). There are currently 30 Member States using a decimal point, and 34 Member States using a decimal comma. Some Member States use both. Despite this, the ISO recommends that the decimal marker shall be a comma. The existing recommendation is therefore at conflict with customary practice in the world, particularly in the English-speaking world, where documents written in the English language universally use the decimal point.

Professor Mills then read the text of Draft Resolution L2, which proposes that the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line, and Prof. Bordé invited discussion.

▮ Symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI)

Draft Resolution L2

The 22nd General Conference,

considering that

- a principal purpose of the International System of Units (SI) is to enable values of quantities to be expressed in a manner that can be readily understood throughout the world,
- values of quantities are normally expressed as a number times a unit,
- often the number in the expression of the value of a quantity contains multiple digits with an integral part and a decimal part,
- in Resolution 7 of the 9th General Conference, 1948, it is stated that "In numbers, the comma (French practice) or the dot (British practice) is used only to separate the integral part of numbers from the decimal part",
- following a decision of the International Committee made at its 86th meeting (1997), the International Bureau of Weights and Measures now uses the dot (point on the line) as the decimal marker in all English language versions, including the English text of the SI Brochure (the definitive international reference on the SI), with the comma (on the line) remaining the decimal marker in all of its French language publications,
- nevertheless, some international bodies use the comma on the line as the decimal marker in their English language documents,
- furthermore, some international bodies, including some international standards organizations, specify the decimal marker to be the comma on the line in all languages,
- the prescription of the comma on the line as the decimal marker in many languages is in conflict with the customary usage of the point on the line as the decimal marker in those languages,
- in some languages that are native to more than one country, either the point on the line or the comma on the line is used as the decimal marker depending on the country, while in some countries with more than one native language, either the point on the line or comma on the line is used depending on the language,

declares that the SI symbol for the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line,

reaffirms that "Numbers may be divided in groups of three in order to facilitate reading; neither dots nor commas are ever inserted in the spaces between groups", as stated in Resolution 7 of the 9th CGPM, 1948.

On behalf of Prof. Thor (Secretary of ISO TC 12), Dr Andersson (Sweden) suggested that the adjective "SI" should be deleted from the point "declares", because the decimal marker is not limited to that system. Professor Mills said that personally he did not object to this, but explained that the feeling of the CIPM had been that the authority of the CGPM concerned the SI, even though the decimal marker is of course a broader issue. Professor Göbel suggested that "SI" could be deleted and another clause added: "in particular this should be the case for the SI".

This received wide support, and the three delegations from the three originator States expressed their approval. Dr Kaarls agreed that a revised version would be presented for voting.

When the amended draft was subsequently presented to the Conference, it was without the inclusion of this additional sentence; Drs Kaarls and Quinn explained that efforts had been made to include the comment, but whatever phraseology was used the comment had appeared to be limiting, and so had finally been abandoned. Dr Kaarls reminded delegates that of course Resolution 7 of the 9th CGPM (1948) did not mention the SI either.

The revised text, Draft Resolution L3, was duly adopted unanimously, without further discussion, as Resolution 10 (see page 381).

16 Annual dotation of the BIPM: Report of the working group on the dotation

The working group of the 22nd CGPM on the BIPM dotation (hereafter called the Budget Committee) met on Tuesday afternoon 14 October 2003 and on Thursday afternoon 16 October 2003. The Committee was chaired by the Secretary of the Conference, Dr Robert Kaarls, and was made up of the following Member States: Australia, Canada, China, Egypt, France, Germany, India, Italy, Japan, Republic of Korea, Mexico, Norway, Russian Federation, Serbia and Montenegro, United Kingdom, United States of America.

16.1 Meeting of Tuesday 14 October

The meeting on Tuesday 14 October opened with the Chairman explaining the task of the Budget Committee. He then read out the text of Draft Resolution J and gave a brief summary of the extensive discussions and consultations that had led up to the adoption of the Draft by the CIPM in October 2002. An account of these is given in the Convocation to the 22nd CGPM sent to Member Governments in December 2002 and, more extensively, in the Appendix to the document "Programme of Work and Budget of the BIPM for the years 2005 to 2008" sent to Member Governments in April 2003.

The points he highlighted were:

- the rapid evolution in needs for national and international activities in metrology not only in the classical areas of metrology but areas such as chemistry, biotechnology and laboratory medicine, where traditionally metrology had not been considered of high priority; these are described in the report of the CIPM to the CGPM on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*;
- the results of the two questionnaires sent in 2002 to the directors of the NMIs;
- the results of consultations with the directors of the NMIs during the Directors' Meeting in April 2002;
- the successful development of the CIPM MRA; and
- the report by KPMG on the economic impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement and the BIPM.

The Chairman also reminded the Budget Committee of the fact that the 21st CGPM in 1999 adopted the programme of work at that time proposed by the CIPM for the BIPM, which included new activities in chemistry as well as the work which was foreseen would arise from the CIPM MRA (notably the KCDB). He drew attention to the fact that it was recognized and noted by the 21st CGPM that the budget agreed in 1999 would not be sufficient to continue all these activities after 2004, unless a substantial increase in dotation could be accepted by the 22nd Conference in 2003.

In fact, the work load of the BIPM had increased even more than had been foreseen in 1999. In 2002, it became clear that the increase in dotation that would be required to be voted by the 22nd CGPM in 2003 in order to maintain all of work then being done would be larger than consultations with directors of NMIs had shown Member States would be likely to approve. At its meeting in October 2002, the CIPM therefore decided to make significant cuts in programme that would allow a much smaller increase in budget to be asked of Member States. These cuts, some of which were to take place immediately, were designed to allow a balanced budget in 2008 while maintaining the core programme of the BIPM, and allowing the extensions into chemistry that were seen to be essential. Included in these cuts were the immediate closure of the Photometry and Radiometry section of the BIPM and a reduction of the activities of the Length section, which together with the other measures will lead to an overall reduction in numbers of permanent staff at the BIPM and a reduction in reserves to about 39 % of annual budget and a balanced budget by the year 2008. The financial previsions underlying this forecast were based on an assumed increase of dotation of 6.7 % in 2005 plus annual increases for inflation of 1.8 % (as proposed in Draft Resolution J).

The Chairman of the Budget Committee then asked for the preliminary opinion of the Member States represented in the Committee on Draft Resolution J. Nine of the sixteen States present indicated that they would be ready to vote for the Draft either as it stands (Australia, Canada, China, Italy, Norway, Serbia and Montenegro and the United Kingdom) or with modifications to provide the same total amount but with the increase spread over four years (France and Russia). The position of Egypt was that no increase above price inflation in France could be accepted; for Germany the increase in the first year should not exceed 5 %; for India no increase above inflation; Japan did not agree with the proposal because it was not nominally zero growth but wished to look more closely at some details; the Republic of Korea did not wish to express an opinion at this stage; for Mexico no increase above inflation; and for the United States no increase at all but would be willing to consider the inclusion of inflation not exceeding 1.8 % *per annum*.

There followed a discussion concerning the programme of work at the BIPM. All expressed support, but Egypt and Mexico wished to draw attention to the reduction in services to smaller States that has resulted from the cuts in programme decided by the CIPM in 2002. This was noted by others but counterbalanced by the greatly increased role of coordination now undertaken by the BIPM. After further discussion, the Committee unanimously supported the programme of work proposed for the BIPM, particularly the necessity of maintaining its core programme of scientific work. This programme should be aimed at maintaining the broad technical competence that was needed to carry out technical work that was of value to Member States and also to pursue BIPM's wider coordination and international liaison mission. This increased role of coordination was unanimously supported by the Committee. The Committee took a positive view of the increase of activities in the field of chemistry, including, in particular, work on ozone standards and on purity measurements in the field of organic and biological

analysis in support of clinical chemistry and laboratory medicine triggered by the *In Vitro* Diagnostics Directive of the European Union.

The Budget Committee then discussed how the divergent views expressed by Member States concerning the dotation could be brought together. The German delegation suggested that BIPM reserves could be used to support the proposed programme and that subsequent inflation increases could be paid from the dotation. In response, the Director of the BIPM pointed out that the reserves had already been reduced to some 45 % of annual operating funds and that it is already envisaged that further reduction to some 39 % is planned to be reached in 2008. He said that reserves at or around that level were necessary because: (a) fluctuations in income from year to year have been more than 20 %, and income from Member States comes at all times of the year and reserves are needed to support cash flow; (b) there is a lack of payments in those cases where Member States were in default for up to three years until the redistribution rules are applied. The Committee accepted that for these reasons a level of reserves of about 40 % is prudent.

Further discussions indicated that while most of those States that had originally said that they could not accept any increase above inflation were prepared to be flexible and not block the wishes of the majority, the United States maintained its original position. It was concluded, therefore, that no agreement could be reached and that the Chairman should report back to the Conference on Thursday morning and that a second session of the Budget Committee should take place on Thursday afternoon.

The conclusions to be reported by the Chairman of the Budget Committee to the Conference were as follows:

- Member States of the Budget Committee agreed unanimously on the work programme of the BIPM;
- several Member States wished their view to be noted that the BIPM should maintain calibration facilities that served the NMIs of the Member States;
- no agreement could be reached on the budgetary consequences of the proposed programme; a large majority of the members of the Budget Committee acknowledged that they obtained a good return on investment from their contributions to the BIPM;
- despite the fact that delegations expressed serious concerns about the financial situation in their own country there was general support for some real increase in dotation in order to make it possible for the BIPM to carry out the proposed programme of work;
- proposals were made to spread the proposed increase over the whole period of 4 years in the period 2005 to 2008 instead of a single large increase in the first year;
- the United States would vote for a proposal for no increase, would abstain on a proposal for an increase to allow for annual inflation of 1.8 % but would veto any proposal for a real increase; this was a position not taken by any other delegation;
- unless some flexibility could be found in the position of the United States, there seemed no possibility for reaching a solution acceptable to all Member States; and
- it was suggested that a possible way forward was to split the proposed budget into two parts, one being an obligatory part with increases corresponding to inflation only, and a second part being a discretionary part to provide for the real increase wished for by the majority of Member States; the Budget Committee decided to consider this suggestion and re-convene on Thursday afternoon.

Finally, the Chairman in a closing statement said that an increase only at the level of 1.8 % to account for inflation, would result in a further reduction in the number of comparisons and calibrations carried out for NMIs. The Committee had considered this generally to be undesirable as it would, among other things, make membership of the Metre Convention less attractive to smaller and developing countries – something that contradicted the overall wishes of the General Conference. Many points had been made by various delegations as to the desirability of maintaining the BIPM in a position to meet demands placed upon it. Not only is the BIPM a highly efficient organization but also money spent at the BIPM on work for Member States is highly cost effective and saves Member States money that they would otherwise have to spend themselves. He cited the importance of the new activities in laboratory medicine as an example of the important new work that the BIPM was embarking on for Member States.

16.2 Meeting of Thursday 16 October

The Budget Committee continued its meeting on Thursday afternoon.

This second meeting began with a discussion on the proposal that had been made on the Tuesday for the dotation to be split into two parts. There was wide agreement that such a solution in which the major part of the increase was considered to be discretionary would not be a viable solution for the BIPM. It would result in the income of the BIPM being uncertain to such an extent that no proper programme planning would be possible. Another solution must be found.

The German delegation then announced that the maximum increase in the first year (2005) that it could accept would be 5 %, including inflation.

The Japanese delegation then presented the results of its detailed study of the proposed budget increases. It declared first of all that it would accept the proposed costs for BIPM staff salaries and for the pension fund as presented in the “Programme and Budget” document but it considered that significant cuts could be made in the provisions for investments in laboratory equipment and the maintenance of the BIPM buildings. That the proposed salary and pension costs should be maintained in any budget settlement was then agreed by the Committee.

In reply to the Japanese suggestion that the levels of spending on building maintenance were too high, it was pointed out that the amounts foreseen for the period 2005 to 2008 were at about the average level that has been spent for the past one hundred years and reflect the costs of maintaining historic buildings and providing up-to-date laboratory accommodation. The Committee supported the need for an adequate provision for the buildings at the BIPM.

Japan then proposed an increase of 3.6 % in 2005, including a provision of 1.8 % for inflation, to be followed by further annual increases of 1.8 % in 2006, 2007 and 2008.

The discussions in the Budget Committee then made clear that this proposal would not provide a realistic way forward for the BIPM and that it could only lead to considerable further immediate reduction in staffing levels, and to further closures of laboratory work. It was also pointed out that the Metre Convention operating procedures made no financial provisions for redundancies and as the BIPM reserves were not designed to provide for staff redundancies, any costs associated with consequent reductions in staff would have to be borne directly by Member States.

There then followed a discussion on the figure to be taken for inflation. It emerged that an estimate of 1.8 % for inflation was considered by most delegations to be an underestimate, and

the Committee took advantage of this to review the level. Agreement was reached among all delegations that an annual increase of 2 % for inflation would be acceptable.

As a result of further discussions, the German and Japanese delegations then agreed on a compromise proposal: the dotation for 2005 should include a step increase of 3 % plus an increase of 2 % for inflation leading to a total increase of 5 % with further increases for inflation of 2 % in 2006, 2007 and 2008.

The Chairman then asked each delegation to express its opinion on this proposal. Delegates from fifteen Member States accepted the compromise proposal and indicated that they would recommend it to the Conference and be ready to vote for such a proposal if it were put to the Conference. The sixteenth, the United States, maintained its position that it would veto any proposal for a real increase.

There followed further discussion after which the United States made a counter proposal that while accepting the inflation increases of 2 % *per annum*, the increase agreed by the German and Japanese delegations be reduced from 3 % to 1.6 %. The United States would abstain on such a proposal and would not use its veto.

This counter proposal was not accepted by any of the other delegations. The resulting deadlock led to a return to the suggestion that the dotation could be in two parts: one part fixed and the other part "discretionary". In this case, the discretionary part would be the difference between the 3 % initial increase accepted by all except the United States and the 1.6 % proposed by the United States. In this way, the increase in 2005 would come to a total of 5 % if all the discretionary parts were paid.

Most members of the Committee, whilst reluctantly accepting that this proposal could provide the necessary compromise, felt that the division was in a sense arbitrary and was basically unsatisfactory. They also wished to give the BIPM as secure a financial allocation as possible, as uncertainty in the budget could lead to difficulties for its management. There was general consensus that the "discretionary" part should be made as firm as possible and that Member States should be invited to declare their intention to pay it.

The final proposal to be put to the Conference and agreed by all Member States of the Budget Committee, included a discretionary part of the budget designed to make up the difference between an increase of 3.6 % and the proposed 5 % for the year 2005.

16.3 Report to the Conference

The results of the discussions in the Budget Committee were reported to the CGPM on Friday morning by the Chairman of the Budget Committee as follows:

- the Budget Committee had two difficult meetings, and discussed the proposed budget in a considerable degree of detail;
- as the United States originally declared that its general policy for international organizations was not to accept any increase and that it would veto an increase of more than 1.8 % as a yearly correction for inflation, no initial agreement could be reached;
- a constructive proposal had been made by Germany and Japan and based on an increase of 5 % in 2005, including an inflation correction of 2 %, together with a further increase for inflation of 2 % per year over the period 2006-2008, was finally agreed by all but one of the members of the Budget Committee;

- the delegation of the United States subsequently declared that it would not veto, but would abstain, on a proposal based on an increase of 3.6 % in the year 2005, made up of a single real increase of 1.6 % plus an inflation correction of 2 % for 2005, and a subsequent yearly provision for inflation only of 2 % over the period 2006-2008; and
- finally, agreement was reached on a discretionary step of about 134 000 euros per year on average over the period 2005-2008 thereby making up for the difference between the 3.6 % proposal that was acceptable to the United States, and the 5 % proposal acceptable to the other members of the Budget Committee.

The chairman of the Budget Committee was therefore able to present a modified Resolution to the CGPM based on the above compromise. However, he remarked that this compromise is less than the budget proposed by the CIPM and thus requires the CIPM and the Director of the BIPM to reconsider the programme of work of the BIPM.

The CIPM and BIPM would try to avoid any further reduction in the calibration services delivered to the NMIs.

As suggested by several delegates, the CIPM and BIPM will consider whether any other sources of financial support may be obtained from other organizations.

The CGPM also expressed strong support for sponsored secondments and fellowships at the BIPM. These would enable Members States to provide suitably qualified people who would take part in the BIPM core programmes as well as in additional projects that met commonly agreed interests of the Member State and the BIPM.

16.4 Discussion

When the modified Resolution J2 was presented on the morning of Friday 17 October, several further comments were made.

Dr Bement reminded delegates that his initial instruction from the American Government had been to veto any increase in the dotation. He had indicated the conditions under which he would be able to withhold this veto, and he remarked that good progress had been achieved. However, further changes were still required. Firstly, a rewording under “further decides” to “further decides to support the increasing workload of the BIPM by an additional discretionary contribution”, so that the “at risk” part of the budget is not specifically tied to the coordination activities but to the workload in general. Secondly, under “requests”, to “requests Member States to declare to the BIPM at the latest by 1 April 2004 their intent to pay a share of this discretionary contribution”. Otherwise, by a play of words, the discretionary contribution has been changed to a non-discretionary contribution, which would require the American delegation to veto the Resolution.

Dr Kaarls assured him that the intention had not been to make the discretionary contribution obligatory, but rather to establish on how much support the BIPM can count in order to carry out its work programme. The changes proposed by the American delegation were agreed, with a minor rewording to indicate the span of the discretionary part over all four years, and to facilitate the wording of the French version.

Dr Pákay, Hungary, said that although he intended to vote in favour of the Resolution, current economic problems in Hungary were forcing staff cuts at the OMH, and the closure of the OMH section on microwave measurements. He called on the decision-makers at the BIPM to bear in

mind such problems. Dr Quinn said that the BIPM of course remained sensitive to the budgetary problems of Member States.

Dr Šafarik (Czech Republic) noted that it was important to consider what would happen after 2008. Member States should be aware that in 2008 the budget required will be based on the sum of the two parts: "fixed" and "discretionary". Professor Kovalevsky pointed out that the 22nd CGPM could not take a decision concerning the 23rd CGPM, but agreed that the comment was important and should be noted in the Proceedings.

Dr Jones (New Zealand) expressed concern about having a discretionary component of the budget, calling for clear guidance on how to explain to governments why there is a discretionary component and what that discretionary component gives. What is really a small amount of money could be put at risk by the difficult task of explaining the split. Professor Kovalevsky replied that a formal request for the discretionary component would of course be addressed to all Member Governments, stating their proportion of it (the same as for the fixed part) and explaining the idea of the discretionary component. The bureau of the CIPM would reflect on the best way of explaining the new Resolution.

Dr Carneiro (Denmark) turned discussion to the three bullet points concerning staff secondments and sponsorship of fellowships at the BIPM, suggesting that this part on scientific collaborations might be more appropriate elsewhere, rather than in the text of the Resolution on the dotation. Dr Quinn explained that the Committee had included the points here because, due to budget restrictions, the BIPM has already had to stop financing research fellowships itself. The Resolution is formally asking NMIs to help carry out the extra workload by providing secondments, so these bullet points are indeed intimately linked with the financial part.

Dr Blevin (Australia) lent his support to the suggestion from the United States' delegation that the wording in the bullet point "further decides..." should be changed from "increasing coordination role" to "increasing workload", reminding delegates that the Metre Convention states that the BIPM is managed by the CIPM, not by the General Conference. If the CGPM starts specifying particular uses for parts of the budget, it is going against this delegation to the CIPM in the Convention. The panel agreed that this modification had been made.

Dr Quinn checked that the modified wording of the final line "requests" was acceptable to everyone.

16.5 Voting on Draft Resolution J3

During a preliminary vote then an official vote, modified Draft Resolution J3 was passed as Resolution 12 with no votes against and one abstention (United States) (see page 383).

In the name of the CIPM, Prof. Kovalevsky thanked delegates for this vote, which he said gave full confidence for the coming four years.

17 Proposals by delegates

Professor Bordé reminded participants that the Convocation requested that Member States inform the CIPM at least six months before the General Conference of their wishes or any proposals that they would like to submit for consideration. This is in order that the CIPM can abide by the decision of the 9th General Conference (Resolution 10, 1948), that "(1) the wishes or proposals thus deposited will be distributed by the bureau of the CIPM to all Member States of the Convention at least four months before the opening of the Conference, so that delegates may receive the necessary instruction and authority; (2) all other wishes and proposals will be presented to the Conference only if the CIPM has had time to study them and has approved them".

Professor Bordé reported that no formal proposals had been received from Member States, and no other issues were raised by delegates.

18 Renewal of half of the International Committee

In conformity with Articles 7 (1875) and 8 (1921) of the Rules annexed to the Metre Convention, half of the membership of the International Committee must be proposed for renewal by secret ballot at the General Conference. Incoming provisional members (those who have been provisionally elected since the last Conference to fill vacancies) are first, the remainder being selected by lot from among the remaining members of the International Committee.

The following members (the six new members since the 21st General Conference, plus the name of Dr Semerjian in place of Dr Brown, plus two other names drawn by lot during the 92nd meeting of the CIPM, October 2003; see the report of that meeting) were proposed for election or re-election by the 22nd General Conference: Dr Bennett, Dr Chung, Dr Hengstberger, Dr Inglis, Dr Kaarls, Dr Lusztyk, Dr Schwitz, Dr Semerjian, Dr Tanaka.

Mr Érard (France) and Dr Jones (New Zealand) acted as scrutineers of the ballot. All nine proposed members were elected with a large majority. A total of four votes were cast for three other candidates, all of whom, however, were already members of the CIPM.

19 Votes on all Resolutions

Revised Draft Resolution A was adopted unanimously as Resolution 1.

Revised Draft Resolution B was adopted unanimously as Resolution 2.

Draft Resolution C was adopted unanimously as Resolution 3.

Draft Resolution D was adopted unanimously as Resolution 4.

Draft Resolution E was adopted unanimously as Resolution 5.

Revised Draft Resolution F was adopted unanimously as Resolution 6.

Revised Draft Resolution G was adopted unanimously as Resolution 7.

Revised Draft Resolution H was adopted unanimously as Resolution 8.

Revised Draft Resolution I was adopted unanimously as Resolution 9.

Revised Draft Resolution L2 was adopted unanimously as Resolution 10.

Revised Draft Resolution N was adopted unanimously as Resolution 11.

As reported in section 16.5, revised Draft Resolution J was adopted as Resolution 12 with no votes against and one abstention (United States).

The final texts of the Resolutions are presented on pages 373-384.

20 Other business

Delegates were reminded that the meeting of directors, held on the morning of Wednesday 15 October, concerned only NMI directors from Member States, not Associates.

The Chairman thanked the French Ministry of Foreign Affairs for hosting a reception for delegates at the Centre de Conférences Internationales on the evening of Monday 13 October. He also thanked the British Ambassador, Sir John Holmes, for hosting a reception at the British Embassy on the evening of Thursday 16 October, to say farewell to Dr Quinn and to welcome Prof. Wallard as Director of the BIPM.

20.1 Visit to the BIPM

Delegates to the General Conference were invited to visit the BIPM on Wednesday 15 October 2003. They had the opportunity to visit the laboratories, examine the projects and facilities, and talk to the staff.

20.2 Visit to the depository of the metric prototypes

The visit to the depository of the metric prototypes at the Pavillon de Breteuil took place at 16 h 00 on 15 October 2003, in the presence of the President of the CIPM, the Director of the BIPM, and the representatives of the Curator of the Archives de France.

The three keys necessary to open the depository were assembled: the key entrusted to the care of the Director of the BIPM, the one deposited at the Archives Nationales in Paris, brought by Mrs C. Béchu and Mr E. Rousseau, and finally the one kept by the President of the CIPM.

The doors of the vault and the safe having been opened, the presence in the safe of the International Prototype of the kilogram and its official copies was observed.

The following indications were noted on the measuring instruments placed in the safe:

temperature:	22 °C
maximum temperature:	24 °C
minimum temperature:	21 °C
relative humidity:	61 %

The safe and the doors of the vault were then locked.

The Director of the BIPM,	*For the Curator of the Archives Nationales,*	*The President of the CIPM,*
T.J. Quinn	C. Béchu	J. Kovalevsky

20.3 The CIPM Mutual Recognition Arrangement

During the Conference, Dr Z. Nikolai, Dr G. Sydorenko and Dr G. Deitch signed the MRA on behalf of the NMIs of Belarus, the Ukraine, and Israel, respectively.

21 Closure of the Conference

The President of the Conference thanked all present, particularly Dr Kaarls, Secretary of the Conference, Prof. Kovalevsky, President of the CIPM, and Dr Quinn, Director of the BIPM. He then expressed his thanks, along with his best wishes, to Professor Wallard, incoming Director of the BIPM, and his appreciation to all the personnel of the BIPM, in particular Mrs F. Joly and the Secretariat, and Mrs B. Perent, Administrator of the BIPM. Finally he thanked the French Ministry of Foreign Affairs for having hosted the Conference at the Centre de Conférences Internationales, all the contributors, particularly the Presidents of the Consultative Committees, and the translators.

Professor Kovalevsky also expressed his thanks to the delegates for their presence and active participation, and on behalf of the CIPM thanked them for their confidence in the BIPM. He said that the programme of work of the BIPM would have to be adjusted in the light of the adopted Resolution 12, but promised that Prof. Wallard would do the maximum to ensure that the scientific work of the BIPM and the calibration services offered to Member States would be

maintained, within the framework established by the CIPM in 2002. Finally, he thanked the Conference President, Prof. Bordé, for having chaired the meeting in such an excellent manner.

Professor Bordé reminded delegates that the next General Conference would take place in four years' time, in October 2007, and closed the Conference at 15 h 15.

Resolutions adopted by the 22nd General Conference on Weights and Measures (2003)

Links with other organizations

Resolution 1

The 22nd General Conference,

considering

- the work of the Metre Convention in extending traceability of calibration and measurement results into new application areas,
- the evident value of collaboration and Joint Committees already established by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) with other international organizations,
- the need to seek efficiency through collaboration and partnerships with other international organizations, where these serve the common aims and objectives,
- the long-standing relations with the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML),

noting and welcoming the formal arrangements recently created by the BIPM with the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Health Organization (WHO) and the World Meteorological Organization (WMO), and the efforts of the BIPM to draw up similar arrangements with other bodies,

invites

- international and intergovernmental organizations for which metrology impinges on their activities to cooperate with BIPM, to develop similar formal relationships and, if necessary, participate in Joint Committees,
- all Member States to help implement the results of these collaborations and the joint efforts so as to extend the influence and impact of the Metre Convention and of traceability of calibration and measurement results into user domains where these form part of national rather than international responsibilities.

Metrology and trade

Resolution 2

The 22nd General Conference,

considering

- the increasing importance for world trade of reliability in measurement and comparability of measurement results,
- the commitment of the World Trade Organization (WTO) to the reduction in non-tariff barriers to trade,
- the recent report commissioned by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) from a commercial consulting company on the economic impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement on world trade,

notes the long-standing application made by the BIPM for observer status on the WTO Committee on Technical Barriers to Trade, and

requests Member States of the Metre Convention to press for a positive acceptance of this application as soon as possible.

On the coordination of the initiatives to support the implementation of metrology, accreditation, and standardization in developing countries and economies

Resolution 3

The 22nd General Conference,

considering

- the desirability of extending relationships between the Metre Convention and the bodies working on aspects of metrology, accreditation and standardization infrastructures in developing countries and economies,
- the value of creating a coherent, coordinated approach to metrology, accreditation and standardization,
- the creation of a Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS), involving representatives of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), the International Accreditation Forum (IAF), the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the International Organization for Standardization (ISO), the International Telecommunication Union (ITU), the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), and the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO),
- the initiatives of several Member States of the Metre Convention in support of metrology in developing countries,

noting the independent policy relationships between Member States of the Metre Convention and a number of the partner bodies in the JCDCMAS,

welcomes and supports the participation of the Metre Convention in the work of the JCDCMAS with the specific remit to assist in a coherent technical implementation of metrology, accreditation and standardization in developing countries and economies in such a way as to avoid any conflict with the independent policies and activities of the National Metrology Institutes of Member States of the Metre Convention.

Value and benefits of the Metre Convention for Member States and for Associates of the General Conference

Resolution 4

The 22nd General Conference,

considering

- the clear technical and economic benefits to countries and economies of being Member States of the Metre Convention or Associates of the General Conference,
- the desirability of extending the number of Member States or Associates so as to widen the impact and the benefit of participation in the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA),
- the need to ensure that the CIPM MRA is not seen as a technical barrier to trade but, on the contrary, is seen as an Arrangement that gives equal opportunities to all,

welcomes

- the initiatives already taken by the International Bureau of Weights and Measures to promote membership of the Metre Convention and increase the number of Members and Associates of the General Conference,
- the potential of the Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS) for alerting non-members to the merits of membership, and

invites Member States to promote wider membership through their initiatives, such as aid programmes in developing countries, and through their discussions in appropriate international fora.

Report on evolving needs for metrology in trade, industry and society, and the role of the International Bureau of Weights and Measures

Resolution 5

The 22nd General Conference,

considering

- Resolution 11 of the 20th General Conference, which recommended to the International Committee that it study the long-term needs relating to metrology,
- Resolution 1 of the 21st General Conference, which noted the Report to the General Conference on long-term needs relating to metrology,
- the new Report adopted by the International Committee in October 2002,

notes

- the content of the new Report,
- its contribution to the identification of priorities within current activities and to the setting of new priorities,

- its contribution to the decisions of the International Committee on the programme of future work at the International Bureau of Weights and Measures (BIPM),

thanks the many organizations and individuals who contributed to the work of the International Committee, and

invites the International Committee

- to continue to keep a careful watch on the increasing demands placed on the National Metrology Institutes and the BIPM as far as their current work in metrology is concerned and the additional activities generated by new needs in such areas as chemistry, biotechnology, medicine, the environment and food,
- to report to the next General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs together with any financial and programme implications there may be in relation to the meeting of such international needs through the activities of the BIPM, and
- if necessary, to update their 2002 Report.

On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

Resolution 6

The 22nd General Conference,

noting

- the positive social and economic impact, including the lowering of costs in non-tariff barriers to trade that are expected to follow from adoption by regulators and legislators of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA),
- the effect of the CIPM MRA in building mutual confidence between trading partners,
- the interest already created with certain regulatory authorities, trade organizations and national authorities,
- the use of the CIPM MRA, for example, in facilitating the European Union/United States trade agreement,
- that the credibility of the CIPM MRA is based upon a secure technical foundation, namely, the key comparisons, Quality Systems and other measures to ensure quality,
- that the CIPM MRA has been signed with the approval of the appropriate official authorities in each country,

welcomes the interest shown by these bodies, and

invites

- all Member States to promote the CIPM MRA among their national regulatory, accreditation and standardization bodies as a framework for acceptance of calibration and measurement certificates from National Metrology Institutes (NMIs) and designated institutes as well as from accredited laboratories that can demonstrate traceability to the International System of Units through standards realized by the signatory NMIs and designated institutes,

- the International Committee to prepare a declaration on the importance and application of the CIPM MRA in trade, commerce and regulatory affairs, and to bring it to the attention of the Governments of the Metre Convention with the recommendation that the principles of the CIPM MRA be included in intergovernmental agreements as appropriate,

encourages the International Committee to take all possible steps to increase the number of signatories of the CIPM MRA representing NMIs and other designated institutes that form part of the metrological infrastructure of the Members States of the Metre Convention and the Associates of the General Conference.

Involvement of National Metrology Institutes in the complete range of work of the Metre Convention

Resolution 7

The 22nd General Conference,

considering

- the importance of the subject matter covered by the terms of reference of the Consultative Committees,
- the location of many national centres of expertise in the relevant disciplines in specialized institutes outside the National Metrology Institutes,
- the desirability of ensuring the maximum possible participation of National Metrology Institutes and other designated institutes in key comparisons in these areas,

noting that the official notification of changes to the list of designated institutes in Appendix A of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA) is transmitted to the International Bureau of Weights and Measures through the signatory National Metrology Institute,

recommends

- that Governments or appropriate official authorities of the Member States of the Metre Convention make appropriate arrangements to associate (or link) the activities and facilities of these other national centres of expertise to the National Metrology Institute by designating them under the CIPM MRA so that they can participate in the activities defined by the MRA, and
- that these facilities be used to provide services for industrial, scientific, medical and other organizations that require or would benefit from calibration results that are traceable to the International System of Units.

Revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre

Resolution 8

The 22nd General Conference,

recalling that

- the 21st General Conference in 1999 welcomed the adoption in 1997 by the International Committee of a revised *mise en pratique* of the definition of the metre, and
- the Conference also recommended that national laboratories pursue experimental and theoretical research on optical wavelength and frequency standards, including the development of new techniques for the comparison of different standards over a wide range of wavelength and frequency to improve yet further the experimental basis of the International System of Units (SI),

considering that

- new techniques based on trapped ions and atoms have opened up the possibility of highly accurate and stable optical clocks and frequency standards,
- these systems appear to have the potential for providing the basis for a future, improved, definition of the second,
- the introduction of femtosecond comb technology has considerably facilitated the absolute frequency measurement of optical radiation sources, including those sources used to realize the metre,
- the International Committee in 2002 updated the recommended values of a number of radiations published in the 1997 *mise en pratique* and added values for several new radiations,

welcomes

- the adoption of these new values and their subsequent publication in *Metrologia* in 2003, and
- the close collaboration and discussions between the length and time and frequency communities aimed at the eventual linking of optical and microwave frequency standards,

recommends that national laboratories continue to develop reliable and proven techniques for the generation and comparison of optical and microwave frequency standards, and

invites the International Committee to keep this important subject under regular review, especially in relation to a possible redefinition of the second.

Requirements for cross-border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials

Resolution 9

The 22nd General Conference,

considering

- recent events that are understandably requiring stricter control of container, luggage and carry-on belongings of national and international travellers, as well as unaccompanied packages,
- that these controls are making it more and more difficult, and sometimes impossible, to transport equipment, standards, and reference materials that are needed for comparisons of national measurement standards,
- that these comparisons rely intrinsically on frequent and unimpeded transportation of standards, many of which have limited stability and so require rapid movement,
- that certain samples or equipment are fragile and can become contaminated or damaged beyond the point of use if not handled carefully by personnel in airports, freight handling agencies or customs officials,
- that the inherent dangers in transport of certain samples in the nuclear, chemical and pharmaceutical field for metrology are far less than those envisaged from the point of view of those that seek to prohibit or restrict wholesale movement of such goods,
- the importance of implementing new procedures that can facilitate the unimpeded transport of such materials,
- that this facilitation could be accomplished by modifications, guidance notes or other addenda to existing regulations that inform officials as to the course of action to be undertaken in the case of metrological samples and equipment,

recommends that National Metrology Institutes, government bodies and international organizations responsible for the control and regulation of the movement of goods and substances, all work with relevant bodies to investigate, propose and implement special procedures that relate to the free and unimpeded movement of metrological materials and equipment among National Metrology Institutes, designated institutes and the International Bureau of Weights and Measures,

and further **recommends** the International Committee to draw the attention of other international organizations having responsibilities in this area to this Resolution.

Symbol for the decimal marker

Resolution 10

The 22nd General Conference,

considering that

- a principal purpose of the International System of Units (SI) is to enable values of quantities to be expressed in a manner that can be readily understood throughout the world,
- the value of a quantity is normally expressed as a number times a unit,
- often the number in the expression of the value of a quantity contains multiple digits with an integral part and a decimal part,
- in Resolution 7 of the 9th General Conference, 1948, it is stated that "In numbers, the comma (French practice) or the dot (British practice) is used only to separate the integral part of numbers from the decimal part",
- following a decision of the International Committee made at its 86th meeting (1997), the International Bureau of Weights and Measures now uses the dot (point on the line) as the decimal marker in all the English language versions of its publications, including the English text of the SI Brochure (the definitive international reference on the SI), with the comma (on the line) remaining the decimal marker in all of its French language publications,
- however, some international bodies use the comma on the line as the decimal marker in their English language documents,
- furthermore, some international bodies, including some international standards organizations, specify the decimal marker to be the comma on the line in all languages,
- the prescription of the comma on the line as the decimal marker is in many languages in conflict with the customary usage of the point on the line as the decimal marker in those languages,
- in some languages that are native to more than one country, either the point on the line or the comma on the line is used as the decimal marker depending on the country, while in some countries with more than one native language, either the point on the line or comma on the line is used depending on the language,

declares that the symbol for the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line,

reaffirms that "Numbers may be divided in groups of three in order to facilitate reading; neither dots nor commas are ever inserted in the spaces between groups", as stated in Resolution 7 of the 9th CGPM, 1948.

Relationship between National Metrology Institutes and Nationally recognized Accreditation Bodies

Resolution 11

The 22nd General Conference,

considering

- the key role played by National Metrology Institutes (NMIs) at the origin of accreditation of calibration and, in some countries, also of testing laboratories to meet the increasing demand for the calibration of measuring standards and instruments traceable to the International System of Units (SI),
- the essential character of a close technical cooperation between the staff of NMIs and Nationally recognized Accreditation Bodies (NABs),
- the overriding importance to the paying customer of technical competence in the accreditation process of calibration and testing laboratories,
- recent tendencies towards the requirement for complete separation between NMI and NAB activities in the name of impartiality, independence and integrity of the latter,
- the evident danger that such a complete separation may have for the technical competence of NABs and, in consequence, for accredited calibration and testing laboratories,
- that the specification and implementation of national practices related to the national measurement and the national accreditation systems are ultimately the responsibility of national Governments,
- that the relationship between the NMI and Nationally recognized Accreditation Body or Bodies varies from country to country; the body or bodies may be part of the NMI, be operated by the NMI or may be completely separated from it,

emphasizing the importance of equitable and harmonized practices in respect of both large and small metrology and accreditation systems in all regions of the world,

recognizing the importance of worldwide harmonization of such practices,

welcomes the recent CIPM-ILAC Memorandum of Understanding between the International Committee for Weights and Measures and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC),

calls upon all accreditation organizations to recognize that NMIs and accredited calibration laboratories together provide an indispensable route to traceability to the SI and hence to reliability in measurements and worldwide comparability of measurement results for the whole economy and society and that they should work closely together,

recommends that

- Member Governments of the Metre Convention ensure that an appropriate relationship exists between NMIs and NABs,
- this relationship fosters collaboration on matters concerning traceability of measurement results and ensures effective and complementary actions under the CIPM MRA and the ILAC arrangement,

and notes that calibration is not a conformity assessment activity.

Dotation of the BIPM for the years 2005 to 2008

Resolution 12

The 22nd General Conference,

considering

- the increasing importance of metrology for trade, industry, the environment and human health and safety in all Member States of the Metre Convention,
- the corresponding need for an efficient, highly expert, international coordination of metrological activities,
- the central role played by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) in such coordination and the services it renders to Member States of the Metre Convention,
- the broadened responsibilities given to the BIPM at the 21st General Conference in 1999 but without any corresponding increase in dotation,
- the additional increase in workload, unforeseen at the time of the 21st General Conference, that has also been absorbed by the BIPM since the last General Conference,
- the extension of the range of work under the Metre Convention now carried out in Member States, notably in areas of chemistry, biotechnology and medicine,
- the need to extend the range of expertise among the scientific staff of the BIPM to meet demands in these new areas,
- the considerable efforts that continue to be made by the BIPM to enhance the efficiency of its operation, and its commitment to continue these efforts,

recognizing

- the difficult economic situation now existing in some Member States and the consequent strict limits on direct contributions to intergovernmental organizations,
- the high importance of the work of the BIPM for all Member States,
- the need to provide the financial and other means to enable the BIPM to meet the increasing demand placed upon it,

invites National Metrology Institutes (NMIs)

- to arrange, at their expense, a continuing series of short-term placements or secondments of their staff to the BIPM to work on projects of mutual interest integrated into the BIPM programme,
- to accept staff of the BIPM to work in their institutes on programmes of mutual interest,
- to sponsor a permanent programme of Fellowships at the BIPM for suitable staff with a view to establishing four such Fellowships at the BIPM by the end of 2004 on projects of mutual interest to the sponsoring NMI and the BIPM,

further invites individual governments, National Metrology Institutes and international organizations as well as private organizations and foundations to make additional financial contributions or contributions in kind to the BIPM,

decides that the fixed part of the annual dotation of the BIPM will be increased in such a way that the fixed part and the complementary part (defined by Article 6, 1921) of the Rules annexed to the Metre Convention (1875) shall, for those States that are members of the Metre Convention at the time of the 22nd General Conference, be

9 587 000 euros in 2005
9 779 000 euros in 2006
9 974 000 euros in 2007
10 174 000 euros in 2008,

further decides to support the increasing workload of the BIPM by an additional discretionary contribution of

130 000 euros in 2005
132 000 euros in 2006
136 000 euros in 2007
138 000 euros in 2008,

requests Member States to declare to the BIPM, at the latest by 1 April 2004, their intention to pay for the full four years their share of this discretionary contribution.

Appendix A

Convocation of the 22nd General Conference on Weights and Measures

Note: The text of the present Convocation was sent to the Governments of the Member States of the Metre Convention and Associates of the General Conference in December 2002. Three Draft Resolutions on the symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI) were added in April 2003. A number of Draft Resolutions were modified during the General Conference; the final adopted Resolutions are given on pages 373-384.

Convocation of the 22nd General Conference on Weights and Measures

The 22nd General Conference is hereby convoked for

Monday the 13th of October 2003 at 10:00

at the Centre de Conférences Internationales, 19 Avenue Kléber, Paris 16e.

Constitution of the 22nd General Conference

Convention du Mètre (1875): Article 3*

> "The operation of the International Bureau of Weights and Measures shall be under the exclusive direction and supervision of an International Committee** which latter shall be under the control of a General Conference*** to be composed of the delegates of all the contracting Governments."

Rules annexed to the Metre Convention (1875): Article 7

> "The General Conference, mentioned in Article 3 of the Convention, will meet in Paris on the convocation of the International Committee at least once every six years.
>
> Its task is to discuss and to initiate measures necessary for the propagation and improvement of the metric system, and to sanction new fundamental metrological measurements and initiatives which may have been made between its meetings. It will receive a report from the International Committee on the work accomplished and will proceed, by secret ballot, to the renewal of half of the International Committee.
>
> Votes at the General Conference take place by States: each State has the right to one vote.
>
> The members of the International Committee have the right to take part in the meetings of the Conference. They may at the same time be delegates of their Governments."

---

* BIPM translation.

** Often referred to in this document as CIPM or International Committee.

*** Often referred to in this document at CGPM or General Conference

Place and dates of sessions of the 22nd General Conference

All the sessions will take place at the

Centre de Conférences Internationales
19, avenue Kléber, Paris 16e

in a room offered by the Ministère des Affaires Étrangères de France with simultaneous translation in French and English.

First session,	Monday	13 October 2003	at 10:00
Second session,	Monday	13 October 2003	at 15:00
Third session,	Tuesday	14 October 2003	at 09:30
Fourth session,	Thursday	16 October 2003	at 09:30
Fifth session,	Friday	17 October 2003	at 09:30
Sixth session,	Friday	17 October 2003	at 15:00

A meeting of directors of National Metrology Institutes of the Member States will take place on Wednesday 15 October starting at 09:30 at the BIPM to be followed by visits to the laboratories and a reception in the grounds of the Pavillon de Breteuil. The Directors' Meeting of is not, formally, a part of the General Conference and will be chaired by the President of the International Committee.

The General Conference Working Group on the Dotation of the BIPM will meet at 15:00 on Tuesday 14 October and, if required, on Thursday 16 October at 15:00. The meetings of the working group will take place at the Centre de Conférences Internationales.

It is expected that most of the main points of the agenda up to and including Item 10 will be dealt with in session one, and that session two will concentrate on Items 11 and 15. Session 3 will consider Items 12 and 13 and will conclude with a number of reports from Consultative Committees (Item 14). Item 14 will be concluded in session four which will also contain a preliminary report of the Working Group on the Dotation so that the Group can complete its work and report to session five. This session and session 6 will be concerned with voting on all the Resolutions and the remaining agenda items.

Provisional agenda of the 22nd General Conference

1 Opening of the Conference.

2 Address by His Excellency the Ministre des Affaires Étrangères de la République Française.

3 Reply by the President of the International Committee.

4 Address by the President of the Académie des Sciences de Paris, President of the Conference.

5 Presentation of credentials by delegates.

6 Nomination of Secretary of the Conference.

7 Establishment of the list of delegates entitled to vote.

8 Approval of the agenda.

9 Report of the President of the International Committee on work accomplished since the 21st General Conference.

10 External relations, including those with the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Health Organization (WHO) and the World Meteorological Organization (WMO).

11 Report of the CIPM on evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM.

12 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement.

13 Report on the admission of Associates of the General Conference.

14 Reports of Presidents of Consultative Committees:

- 14.1 The Consultative Committee for Length;
- 14.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities;
- 14.3 The Consultative Committee for Time and Frequency;
- 14.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism;
- 14.5 The Consultative Committee for Thermometry;
- 14.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry;
- 14.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation;
- 14.8 The Consultative Committee for Amount of Substance;
- 14.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration;
- 14.10 The Consultative Committee for Units.

15 Programme of future work at the BIPM.

16 Annual dotation of the BIPM.

17 Proposals by delegates.

18 Renewal of half of the International Committee.

19 Votes on all Resolutions.

20 Other business.

21 Closure of the Conference.

Notes on the principal points of the agenda

Note on Draft Resolutions: the place in the Convocation at which the Draft Resolutions are presented does not necessarily reflect the position in the agenda at which they will be discussed or voted upon. In all cases, votes on the Resolutions are taken on the last day of the Conference after all discussion has been completed.

1 Opening of the Conference

The 22nd General Conference is taking place four years after the preceding Conference. The practice of having quadrennial General Conferences is now well established, since such a periodicity provides sufficient opportunity for Member States to review the important activities carried out under the Convention while not being so frequent that the administrative and other costs of running a General Conference are prohibitive.

5 Presentation of credentials by delegates

To help in the efficient organization of the Conference, it is desirable that the BIPM be informed of the composition of each delegation at least two weeks before the opening of the Conference.

Delegates entitled to vote at the Conference are required, on arrival, to present credentials from an appropriate authority of their Government.

9 Report of the President of the International Committee

Article 19 of the Rules annexed to the Metre Convention stipulates that "The President of the International Committee will give the General Conference an account of the work carried out since the time of the last meeting".

In his report to the 22nd General Conference, the President will review the important developments that have taken place in the affairs of the Metre Convention since the 21st General Conference.

The first task is to welcome Greece and Malaysia as new Member States of the Metre Convention and the re-integration of Yugoslavia into the Convention, and Chinese Taipei, Cuba, Ecuador, Hong Kong (China), Kenya, Latvia, Lithuania, Malta, Philippines, and Ukraine as Associates of the CGPM.

A major change during the period since the last General Conference, and one that has major implications for the work of the Metre Convention, as well as for several other intergovernmental and international organizations, is that National Metrology Institutes (NMIs) have identified many new requirements for traceable measurements. These now form entirely new areas of activity under the Metre Convention. We have noted the continued demand for higher accuracy in traditional areas of activity. We have also noted challenging applications in all of the key technologies such as nanotechnology, information technology and communications, space, biotechnology, medicine and pharmaceuticals that have been identified by Member States as important for their long-term economic development. There are issues that

the CIPM and the CGPM need to consider if traceable measurement is to be introduced into these areas. An important outcome of this burgeoning demand for measurement has been the recognition by even the largest NMIs that they cannot address all of these new demands individually and that cooperation is becoming essential. This raises the importance of the co-ordination and knowledge/technology transfer role of the BIPM through the CIPM Consultative Committees. The possibility of an increased role for the BIPM in this area was also identified in Resolution 1 of the 21st CGPM and future programmes of work will reflect this.

Over the past few years, many NMIs have been examining the economic importance of all areas of their work, have prioritized their work and are reflecting these priorities in the choice of projects and programmes. This process of priority setting has been facilitated by the local strategies of mutual dependence developed by some of the regional metrology organizations (RMOs). This greater degree of mutual dependence makes sense from the point of view of an individual NMI. But it will be important to ensure that, as a result of the choices made by NMIs there is still an adequate range and diversity of approaches to the improvement of the definitions and to the independent realizations of the International System of Units (SI). The Consultative Committees of the CIPM are uniquely positioned to maintain an oversight of this trend and to alert NMIs if there are gaps.

The CIPM has considered carefully how it should react to the trends and has discussed with and taken advice from NMI directors as to how best to extend the SI into the new areas. The CIPM has also looked particularly carefully at the BIPM's role in facilitating coordination of work at NMIs, as a facilitator of high-level contacts and connections at the intergovernmental level and as a unique focus for knowledge of international metrology and technology transfer between all NMIs. It has also looked hard at the balance of technical and administrative support that the BIPM has traditionally given to all members of the Metre Convention and at how it should plan to serve the needs of world metrology for the next decade. Much of this thinking was already implicit in the discussions at the 21st General Conference and in the report on *National and International Needs relating to Metrology* (the "Blevin" Report). But even that report and the debate at the 21st General Conference underestimated the speed and the extent of the expansion of metrology into new areas. Nor was it appreciated how far-reaching would become the importance now attached by Governments and international organizations to the relationship between metrology, trade, human health and safety. The impact and benefits already emerging from the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA) as well as the work required to implement it in NMIs and at the BIPM were also underestimated. The CIPM therefore requested an update of the "Blevin" report presented to the 21st General Conference together with a new assessment of the implications of recent developments. In preparing this report, the CIPM consulted NMIs so as to solicit their views on the effectiveness and utility of the BIPM's activities. This will be reported separately together with important implications for the future. It will be a key issue for the Conference. In addition, and because of the unique role that it plays internationally, the BIPM also commissioned a report on the economic benefits that it brings to members of the Metre Convention through such activity. These reports result in major financial implications for the BIPM and for its activities. In this respect, the CIPM at its meeting in 2002, made a number of decisions regarding the future programme of work at the BIPM to enable it to meet changing demands for work while at the same time respecting the likely financial constraints for the period 2005 to 2008. These issues will be discussed further under agenda Items 15 and 16.

Resolution 1 of the 21st General Conference also encouraged the BIPM to develop its responsibilities beyond the traditional coverage of metrology and to address emerging global

need in, for example, chemistry and biotechnology. This has proved to be extremely far-sighted and the CIPM took the view that in order to promote and extend the concept of the SI and traceable measurement into these areas it was vital to develop partnerships with key bodies in the field. One particularly important way of doing this is to follow the support given at the last CGPM for an increase in the BIPM's interactions with other international and inter-governmental organizations. Since then several Memoranda of Understanding (MoUs) and agreements have been signed with key organizations and plans of action have been developed so as to tackle real issues of importance to both parties. The President will highlight the present state of activity in this field. He will discuss the growing importance of scientific as well as policy links with international organizations and the benefits that these bring to the implementation of initiatives to develop confidence in the accuracy and acceptability of measurements worldwide. The BIPM is uniquely positioned to open up such opportunities on behalf of the NMIs of Member States – a task that is more generally acceptable to the partner bodies than if it had come from a single NMI. In several cases, Joint Committees have also been created. These are now highly credible and increasingly influential bodies through which to work and their multipartite nature ensures that the results of their work are implemented in the new communities. The way in which the BIPM ensures that it has technical credibility when dealing with such bodies is a key issue for decisions in the CIPM and at this Conference. It is, however, broadly accepted that the BIPM's success is strongly related to its scientific and technical credibility and that this credibility is a direct result of its scientific programme.

Resolution 1 of the 21st General Conference welcomed the collaboration between the BIPM and the RMOs. It also welcomed the meetings between the CIPM and the NMI directors as well as collaborations with relevant international organizations. These interactions have increased substantially and such "Directors' Meetings" now form a regular, and highly regarded, part of life for NMIs and for the BIPM. Valuable two-way information flows have been established and the meetings have served as a unique, high-quality, sounding board and discussion forum for matters of mutual interest. There have also been many new links created at the working, technical level and BIPM staff are regularly invited to attend a range of meetings of the RMOs, especially when issues relating to the CIPM MRA are discussed. In response, the BIPM now makes sure that the positions of all RMOs can be represented at meetings of the CIPM Consultative Committees. This helps ensure, for example, that all RMO views can efficiently be taken into account in a single meeting and that the outcomes can be swiftly and effectively communicated back to the RMOs. At a different level, the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (the JCRB) now meets twice a year and is becoming the forum in which issues relating to the implementation of the MRA are being aired and operating decisions taken.

It is, however, the work of the CIPM MRA that has undoubtedly had the widest and most profound effect on the work of the BIPM. In fact, the effort needed to deal with all the consequent activities was far more than was thought to be the case at the last CGPM. It has also, of course, had a huge impact on the activities of the NMIs and the RMOs and is, as we hoped, already creating considerable interest among regulators, accreditors and other intergovernmental bodies. It has been an important influence on the reduction of non-tariff barriers to trade and is placed to have an impact on sanitary and phyto-sanitary issues. The details of this activity will be reported separately to the Conference but amongst the more significant results are:

- a full commitment to the work of the MRA by all NMIs and the national bodies on whose behalf they signed the MRA; the biggest impact here has been an increased level of participation in comparisons despite the significant resource implications;

- a more formal framework within which comparisons have been carried out with a consequential higher level of collaboration and interaction between NMI scientists;
- a thorough review of Calibration and Measurement Capability (CMC) claims within as well as between RMOs; many CMCs were challenged which resulted, in the majority of cases, in more realistic uncertainty budgets;
- the identification of significant and unsuspected errors in the realization of certain units and quantities at several NMIs that could otherwise have gone unnoticed for many years;
- a recognition by several countries as to the benefits of becoming an Associate of the CGPM particularly because of the advantages of recognition of their measurement capabilities that are conferred through participation in the MRA and the value that this brings to trade and international recognition;
- a closer relationship between BIPM and accreditors, particularly through an important MoU with ILAC, and intense intergovernmental activity as well as a great deal of work by the NMIs and regional economic groupings so as to take account of the MRA in regulation, legislation, and international trade agreements; and
- a perceived significant value to intergovernmental and international bodies in accessing and using those processes, established and accepted within the MRA, as a means of extending the Metre Convention framework into new areas of activity that identify a requirement for traceable measurement.

The period since the last Conference has seen the conclusion of a long-term plan for the provision of new buildings at the BIPM, financed by savings from current income without any additional dotation. A laboratory building for the laser work was completed in 1984, the construction of a building for a library and offices was finished in 1988 and, finally, a building for the mechanical workshop, offices and meeting facilities was completed in 2001. The BIPM is now well placed to meet immediate and foreseen demands.

In the period since the last Conference, the BIPM has used the most modern information technology to support its meetings and to enhance its communications and interfaces with the external world. The website, still in the process of evolution and development, is used by Consultative and Joint Committees to host all documents for meetings as well as information that is useful to the communities in between meetings. All Consultative Committees and Joint Committee meetings are now “paperless” and enhanced networking and information technology in the main conference room enables delegates to use individual PCs as well as to have real-time Internet access.

One especially significant event was the 125th anniversary of the signing of the Metre Convention itself. To celebrate the anniversary, a special conference, organized in collaboration with the French Academy of Sciences, was held in October 2000 at the time of a Directors’ Meeting and of the annual meeting of the CIPM. The conference attracted a large attendance and included eight technical presentations, five of which were delivered by Nobel Prize winners.

On personnel issues, there have been several changes to the membership of the CIPM itself, including a change of Secretary from Dr W.R. Blevin to Dr R. Kaarls as well as the election of two new Vice Presidents, Prof. G. Moscati and Dr B. Inglis. With several recent elections to the Committee we hope that we can look forward to a more stable membership over the next few, crucial, years for the BIPM. During the period since the last Conference, the CIPM has also appointed Andrew Wallard to succeed Terry Quinn as Director on 1 January 2004.

Finally, the President will report on the technical work of the BIPM since the 21st General Conference.

10 External relations

10.1 In the period since the last General Conference, there have been several meetings of the joint OIML/BIPM/ILAC working group. These have covered a range of topics but specific issues that have been discussed include:

- the relationship between the CIPM MRA and those either developed or being developed by the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) and the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML);
- regular reviews of progress on joint activities including the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), in particular, a definition of the term "traceability" that could be used by all three organizations; the JCGM operates through two working groups: Working Group 1, on the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (the GUM) and Working Group 2, on the *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (the VIM);
- discussions on the OIML draft law on metrology where BIPM has been asked for comments;
- action by the CIPM and others in relationship to the draft text of ISO 17011 regarding the position of NMIs that also operate accreditation services; this developed consensus on the steps that such NMIs had taken to avoid conflicts of interest and led to a redrafting of the relevant paragraphs; and
- a common position on the need to improve the coordination of the activities related to metrology in developing countries of the three organizations as well as those of the International Accreditation Forum (IAF), the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Organization for Standardization (ISO), and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). As a result, these organizations have formed a Joint Committee, the Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS). The additional aim of the Committee is to promote metrology, accreditation and standardization and provide a technical and advisory resource for funding agencies so as to improve the effectiveness of their funding of metrology infrastructures in developing countries.

10.2 On 3 November 2001, the ILAC and the BIPM signed a Memorandum of Understanding, the text of which can be found on the BIPM website. It commits both organizations to strengthen cooperation and to refer, wherever possible, to the MRAs drawn up by the two organizations. In addition, there are separate formal arrangements between the BIPM, the World Health Organization (WHO) and the World Meteorological Organization (WMO). The WHO and WMO are invited to attend the CGPM as observers, and to appropriate meetings of Consultative Committees and Joint Committees. The letters of agreement between the BIPM and the organizations also recognize each other's responsibility and remit in the respective areas of common interest and the value of working together. The BIPM is invited to appropriate meetings of the organizations. These working agreements are of key importance in promoting metrology in areas where up to now it has not had a high profile.

10.3 The BIPM has also developed similar informal close working relations with a number of international and intergovernmental organizations so as to seek cooperation and define joint activities of mutual benefit. The CIPM believes that this should continue, noting in particular that as the Metre Convention extends its influence technically as well as into new domains of application, there are enormous advantages to working in collaboration with other organizations. There are three specific advantages. First, it clearly helps to unify and coordinate the work of the BIPM with organizations like the ILAC and the OIML that are also concerned with traceability and worldwide confidence in measurement in a general sense. Second, it enables the BIPM to work with user-based bodies that have knowledge, expertise and credibility in new communities such as health and food. Links and partnerships with these bodies are vital so as to ensure widespread, effective and efficient adoption of measurement-related practices. Third, and especially in the field of regulation trade and legislation, collaboration will help raise the profile of metrology and especially the relevance, uptake, and use of the CIPM MRA as a framework to be employed in support of their initiatives to reduce technical barriers to trade.

The CIPM therefore wishes to propose three Draft Resolutions to the General Conference. The first is aimed at general collaboration. The second draft is aimed specifically at the relevance of the MRA to trade. In this connection, the BIPM has been seeking "observer status" representation on the World Trade Organization (WTO) Committee on Technical Barriers to Trade. So far there has been no progress in securing such representation despite increasingly good cooperation at the working level. This remains a matter of considerable concern to the CIPM. Finally, the third Draft Resolution refers to the coordination of the initiatives to support metrology, accreditation and standardization in developing countries and economies.

Links with other organizations

Draft Resolution A

The 22nd General Conference,

considering

- the work of the Metre Convention in extending the concept of traceable measurement into new application areas,
- the evident value of collaboration and Joint Committees already established by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) with other international organizations,
- the need to seek efficiency through collaboration and partnerships where these serve the common aims and objectives of other international organizations,
- the long-standing relations with the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML),

noting and welcoming the formal arrangements recently created by the BIPM with the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Health Organization (WHO) and the World Meteorological Organization (WMO), and the efforts of the BIPM to draw up similar arrangements with other bodies,

invites

- international and intergovernmental organizations for which metrology impinges on their activities to cooperate with BIPM, to develop similar formal relationships and, if necessary, participate in Joint Committees,
- all Member States to help implement the results of these collaborations and the joint efforts so as to extend the influence and impact of the Metre Convention and of traceable measurements into user domains where these form part of national rather than international responsibilities.

▮ Metrology and trade

Draft Resolution B

The 22nd General Conference,

considering

- the increasing role of reliable and comparable measurements in world trade,
- the commitment of the World Trade Organization (WTO) to the reduction in non-tariff barriers to trade,
- the recent report commissioned by the International Bureau of Weights and Measures from a commercial consulting company on the economic impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement on world trade,

notes the long-standing application made by the BIPM for observer status on the WTO Committee on Technical Barriers to Trade, and

requests Member States of the Metre Convention to press for a positive acceptance of this application as soon as possible.

▮ On the coordination of the initiatives to support the implementation of metrology, accreditation, and standardization in developing countries and economies

Draft Resolution C

The 22nd General Conference,

considering

- the desirability of extending relationships between the Metre Convention and the bodies working on aspects of metrology, accreditation and standardization infrastructures in developing countries and economies,
- the value of creating a coherent, coordinated approach to metrology, accreditation and standardization,
- the creation of a Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS), involving representatives of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), the International Accreditation Forum (IAF), the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Laboratory

Accreditation Cooperation (ILAC), the International Organization for Standardization (ISO), the International Telecommunication Union (ITU), the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), and the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO),

- the initiatives of several Member States of the Metre Convention in support of metrology in developing countries,

noting the independent policy relationships between Member States of the Metre Convention and a number of the partner bodies in the JCDCMAS,

welcomes and supports the participation of the Metre Convention in the work of the JCDCMAS with the specific remit to assist in a coherent technical implementation of metrology, accreditation and standardization in developing countries and economies in such a way as to avoid any conflict with the independent policies and activities of the national metrology institutes of Member States of the Metre Convention.

10.4 The CIPM also notes the desirability of an increase in the membership of the Metre Convention and of steps to promote the benefits of membership as well as of Associate membership of the General Conference. There are many countries and economies which are, for example, either a member of the WTO or of the OIML but which are not members of the Metre Convention. The CIPM believes that the JCDCMAS will inevitably draw the attention of developing countries and other non-members of the Metre Convention that are members of the partner bodies, to the work of the Convention. These are opportunities to be grasped. The CIPM is also aware that as there is evident willingness of international bodies such at the European Commission to refer to the CIPM MRA in its trade agreements with the United States as well as in other major trade agreements. This is on the one hand desirable and a mark of the perceived value of the MRA but its very success may actually create the possibility that such requirements for participation in the CIPM MRA may itself appear to be a technical barrier to trade. It therefore seems clear that renewed efforts should be made to extend the membership of the Metre Convention.

The CIPM welcomes the initiatives already taken by the BIPM to promote membership of the Convention and to attract new members. It therefore proposes the following Draft Resolution to the General Conference.

▮ Value and benefits of the Metre Convention for Member States and for Associates of the General Conference

Draft Resolution D

The 22nd General Conference,

considering

- the clear technical and economic benefits to countries and economies of being Member States of the Metre Convention or Associates of the General Conference,
- the desirability of extending the number of Member States or Associates so as to widen the impact and the benefit of participation in the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA),

- the need to ensure that the CIPM MRA is not seen as a technical barrier to trade but, on the contrary, is seen as an Arrangement that gives equal opportunities to all,

welcomes

- the initiatives already taken by the International Bureau of Weights and Measures to promote membership of the Metre Convention and increase the number of members and Associates of the General Conference,
- the potential of the Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS) for alerting non-members to the merits of membership, and

invites Member States to promote wider membership through their initiatives, such as aid programmes, in developing countries, and through their discussions in appropriate international fora.

11 Report of the CIPM on evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM

The last CGPM received and discussed a report *National and International Needs relating to Metrology* prepared by the then Secretary of the CIPM, Dr W.R. Blevin. This proved to be a widely-referenced and widely-used document, and the CIPM considered it important to update and review it so as to inform its own work as well as the decisions to be taken by the 22nd CGPM. This update, prepared by Dr R. Kaarls, is available on the BIPM website (www.bipm.org) and will be introduced by Dr Kaarls to the Conference.

This report emphasizes particularly the developments in new areas and their relevance to the needs of society. It highlights the growing role of the BIPM in the communities concerned. In respect of the new Report, the CIPM proposes the following Draft Resolution.

▮ Report on evolving needs for metrology in trade, industry and society, and the role of the International Bureau of Weights and Measures

Draft Resolution E

The 22nd General Conference,

considering

- Resolution 11 of the 20th General Conference, which recommended to the International Committee that it study the long-term needs relating to metrology,
- Resolution 1 of the 21st General Conference, which noted the Report to the General Conference on long-term needs relating to metrology,
- the new Report adopted by the International Committee in October 2002,

notes

- the content of the new Report,
- its contribution to the identification of priorities within current activities and to the setting of new priorities,
- its contribution to the decisions of the International Committee on the programme of future work at the International Bureau of Weights and Measures (BIPM),

thanks the many organizations and individuals who contributed to the work of the International Committee, and

invites the International Committee

- to continue to keep a careful watch on the increasing demands placed on the national metrology institutes and the BIPM as far as their current work in metrology is concerned and the additional activities generated by new needs in new areas such as chemistry, biotechnology, medicine, the environment and food,
- to report to the next General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs together with any financial and programme implications there may be in relation to the meeting of such international needs through the activities of the BIPM, and
- if necessary, to update their 2002 Report.

12 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

The Director of the BIPM will report to the General Conference on the current state of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (the MRA). Specifically he will comment on any changes or additions which may be necessary to the MRA as a result of representations from signatories. It also proposes that the formal end of the transition period for the MRA be 31 December 2003, by which time the majority of CMCs from signatories and designated laboratories will have been reviewed and entered into the BIPM key comparison database. In addition, the majority of NMIs and designated laboratories will have complied with or have firm plans to comply with the requirements for Quality Systems.

The considerable interest that the MRA has created among accreditors, regulators, intergovernmental bodies and users of NMI services will be presented to the General Conference. The CIPM notes that the report by private consultants on the international activities of the BIPM referred to the importance of promoting the importance, potential impact and overall benefit to be gained from widespread uptake of the MRA. The CIPM therefore proposes the following Draft Resolution to the General Conference.

▮ On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

Draft Resolution F

The 22nd General Conference,

noting

- the positive social and economic impact, including lowering the costs of non-tariff barriers to trade, that are expected from adoption, by regulators and legislators of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA),
- the effect of the CIPM MRA in building mutual confidence between trading partners,
- the interest already created with certain regulatory authorities, trade organizations and national authorities,
- the use of the CIPM MRA, for example, in facilitating the European Union/United States trade agreement,

welcomes the interest shown by these bodies, and

invites all Member States to press their national regulatory, accreditation, standardization and legislative bodies to adopt the CIPM MRA as a framework for acceptance of calibration and measurement certificates from national metrology institutes (NMIs) and designated institutes as well as from accredited laboratories that can demonstrate traceability to the International System of Units through standards realized by the signatory NMIs and designated institutes.

13 Report on the admission of Associates of the General Conference

The President will inform the General Conference on the current situation.

14 Reports of Presidents of Consultative Committees

The Presidents of the ten Consultative Committees of the CIPM will make short presentations on the work accomplished since the 21st General Conference. The published reports of the meetings of the Consultative Committees cited by the Presidents in their reports are available on the BIPM home page on the World Wide Web (www.bipm.org).

In the interest of the widest possible involvement in the work of its Consultative Committees, and because some Member States do not always allocate responsibility for certain standards in National Metrology Institutes or designated institutes named in the CIPM MRA, the CIPM made the following draft proposal to the General Conference:

▮ Involvement of National Metrology Institutes in the complete range of work of the Metre Convention

Draft Resolution G

The 22nd General Conference,

considering

- the importance of the subject matter covered by the terms of reference of the Consultative Committees,
- the location of many national centres of expertise in the relevant disciplines in specialized institutes outside the National Metrology Institutes,
- the desirability of ensuring the maximum possible participation of National Metrology Institutes and other designated institutes in key comparisons in these areas,

noting that the official notification of changes to the list of designated institutes in Appendix A of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA) is transmitted to the International Bureau of Weights and Measures through the signatory National Metrology Institute,

recommends

- that Governments of the Member States of the Metre Convention make appropriate arrangements to associate (or link) the activities and facilities of these other national centres of expertise to the National Metrology Institute by designating them under the CIPM MRA so that they can participate in the activities defined by the MRA, and
- that these facilities be used to provide services for industrial, scientific, medical and other organizations that require or would benefit from calibrations that are traceable to the International System of Units.

14.1 The Consultative Committee for Length

The Consultative Committee for Length (CCL) met in September 2001 and concentrated on the reports of its two working groups: the Working Group on Dimensional Metrology (WGDM) and the Working Group on the *Mise en Pratique* of the Definition of the Metre. The WGDM deal mostly with the reports and conclusions of the key comparisons and the entry of appropriate data into Appendix C of the MRA. The Working Group on the *Mise en Pratique* reported on moves to deal with the advent of new comb-based frequency measurement technology especially its potential for linking optical and microwave frequency measurements. The Group prepared a set of recommended values for the frequencies of the light sources used in spectroscopy as well as in dimensional measurement. These will form the basis of a revised "*mise en pratique*" which is in course of finalization and publication.

▮ Revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre

Draft Resolution H

The 22nd General Conference,

recalling that

- the 21st General Conference in 1999 welcomed the adoption in 1997 by the International Committee of a revised *mise en pratique* of the definition of the metre, and
- the Conference also recommended that national laboratories pursue experimental and theoretical research on optical wavelength and frequency standards, including the development of new techniques for the comparison of different standards over a wide range of wavelength and frequency to improve yet further the experimental basis of the International System of Units (SI),

considering that

- new techniques based on trapped ions and atoms have opened up the possibility of highly accurate and stable optical frequency standards and references,
- these systems appear to have the potential for providing the basis for a future, improved, definition of the second,
- the introduction of femtosecond comb technology has made it possible to make absolute frequency measurements on optical radiation sources, including those sources used to realize the metre,
- the International Committee in 2002 updated the recommended values of a number of radiations published in the 1997 *mise en pratique* and added values for several new radiations,

welcomes

- the adoption of these new values and their subsequent publication in *Metrologia* in 2003, and
- the close collaboration and discussions between the length and time and frequency communities aimed at the eventual linking of optical and microwave frequency standards,

recommends that national laboratories continue to develop reliable and proven techniques for the generation and comparison of optical frequency standards, and

invites the International Committee to keep this important subject under regular review, especially in relation to a possible redefinition of the second.

14.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities

The Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) met in May 1999 (7th meeting) and in May 2002 (8th meeting). The earlier meeting concentrated on reports of CIPM key comparisons and reviewed projects at several NMIs on the precision weighing process, the cleaning and manufacturing processes for Pt-Ir prototypes and for stainless steel standards. Most of these activities were closely correlated with the activities of the Mass section

of the BIPM. The Committee also considered reports from its working groups on force, low, medium and high pressures, the Avogadro constant and hardness. The CIPM approved the results of the Working Group on Density which led to the publication of a new density table of water.

In 2000, common problems related to key comparisons were discussed at the chairpersons' meeting at the National Physical Laboratory (United Kingdom) which adopted CCM guidelines based closely on those issued by the BIPM for the implementation of key comparisons.

At its 8th meeting, the CCM took the first report from its Working Group on Fluid Flow established in 1999 and reviewed its work, as well as that of other working groups, on key comparisons. The linkages with RMO Technical Committees were discussed intensively by the RMO representatives and the current status, results and plans of many RMO key comparisons were approved. Details of the practical matters associated with key comparisons, such as transportation, stability, uncertainty of artefacts, and the period between key comparisons, were discussed within the working groups in the CCM in order to maintain best metrological practice.

The new Working Group on Gravimetry, created in 2001 by the CIPM, met and the results of its most recent comparison at the BIPM in 2001 were discussed.

The Working Group on the Avogadro Constant, at its annual meeting, revised its plans for a programme designed to achieve its target of an uncertainty level at the level of a part in 10^8.

A special publication of *Metrologia* featured the latest research achievements in pressure standards and a further edition is planned for the mass and density areas.

14.3 The Consultative Committee for Time and Frequency

The Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) met for its 14th meeting in April 1999 and for its 15th meeting in June 2001. The Committee noted and welcomed the progressive introduction of caesium fountains and the beginnings of their contribution to International Atomic Time (TAI). They also noted with interest the development of absolute frequency measurements of visible radiations made possible through advances in femtosecond comb technology and encouraged closer liaison between the CCTF and the CCL. The CCTF has also endorsed the work of the BIPM Time section in developing new algorithms for calculations of Coordinated Universal Time (UTC) and has considered the implications of a possible redefinition of UTC that may mean the abandonment of leap seconds. The CCTF is working with the International Telecommunications Union, which is responsible for these matters. The Committee is also monitoring the increasing use of atomic clocks in space and the emergence of a new European time system (Galileo).

14.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism

The Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) met for its 22nd meeting in September 2000 and for its 23rd meeting in September 2002. The 22nd meeting took particular note of the work towards redefining the kilogram based on "watt balances" and the relevance of the regular adjustments of the fundamental constants to electrical measurements. The work of the Committee and its working groups had been heavily influenced by the large number of key comparisons in the area as well as by the number of CMCs that are processed for inclusion in the BIPM key comparison database (KCDB). The CCEM Working Group on Key Comparisons had

taken a particular interest in the methods used to link CIPM and RMO comparisons in the same area.

Meetings of the Working Group for ac Measurements of the Quantized Hall Resistance, the Working Group on Radiofrequency Quantities and the Working Group on Key Comparisons immediately preceded the 23rd meeting of the CCEM in September 2002. The CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram met in Ottawa in June 2002 after the CPEM 2002. All of these meetings reflect the high level of interest among the NMIs in the area of electricity and magnetism. In the domain of activities related to the MRA, the CCEM and its working groups put particular efforts into establishing procedures for carrying out RMO and CCEM key comparisons, approving the results and making them available through the KCDB. In doing this, special attention is being given to speeding up the key comparison process and maintaining the number of key comparisons at levels that will not become burdensome to NMIs. As for the scientific metrology side of the work of the CCEM, the Committee noted that the CIPM agreed with its declaration to reduce the relative standard uncertainty assigned to the conventional value of the von Klitzing constant to one part in 10^7. In this meeting the CCEM reaffirmed the importance given by electrical metrologists to maintaining the direct link of the electrical units to the SI rather than establishing the link indirectly through fundamental constants and theoretical calculations. It also took note of the continued interest in the calculable capacitor and the increased interest in using electrical measurements to link the kilogram to the watt. Finally the BIPM presented a proposal for a novel cryogenic experiment aimed at this goal.

14.5 The Consultative Committee for Thermometry

The Consultative Committee for Thermometry (CCT) has met twice since the last CGPM: for its 20th meeting in April 2000 and its 21st meeting in September 2001. Much of its work has been devoted to the processing and analysis of key comparisons and to the work, in several NMIs, on the extension of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) to the measurement of temperatures below 0.65 K. Two new key comparisons of water triple-point cells and of humidity standards were initiated. The CCT also established a working group to organize key comparisons in the field of thermophysical properties. The Committee has reviewed and revised the terms of reference of its working groups and set new targets for their work. Most of the working groups met during the Temperature Symposium in Chicago in October 2002. On this occasion, a CCT workshop about the weaknesses of the ITS-90 was held.

14.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry

The Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) met for its 15th meeting in March 1999 and for its 16th meeting in April 2001. As with most other Committees, the topic of key comparisons has dominated the work of the CCPR with considerable debate on the analysis of key comparison results. It has also had to consider carefully how far its work should extend into the more applied areas of photometry and radiometry such as fibre optics and measurement of appearance. These are areas where commercial considerations play a great part in the work programmes of the NMIs as well as that of other organizations, and the Committee has to balance this need against its current interests in “core” techniques. As a consequence of the results of a key comparison in luminous intensity and luminous flux, the CIPM agreed in 2001 with a CCPR recommendation to adjust the values of the candela and lumen as maintained

by the BIPM. The CCPR Working Group on Air-UV Radiometry has monitored the important developments in black-body and synchrotron radiation technology and their relevance to the work on the Committee. The CCPR has also noted the continued increased use of cryogenic radiometers in NMIs and the rise in confidence in detector-based scales. In its reports, it pointed to the increasing relevance of absolute radiometry to the ITS-90 and hence to the need for close liaison with the CCT.

14.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation

The Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI) met in June 1999 (16th meeting) and in May 2001 (17th meeting). On both occasions the results and the processing of key comparison data occupied the attention of the Committee with particular emphasis being given to the linking of CIPM and RMO comparisons. The analysis and workload on the BIPM staff has been particularly heavy as the BIPM has many ongoing comparisons and has been pilot laboratory for many of the CCRI comparisons.

The CCRI was particularly concerned about the impact of customs procedures on the smooth passage of radioactive samples between laboratories and the increasingly tight restrictions on the movement of even small samples given worldwide concerns about terrorism. The CCQM had expressed similar concerns – especially as it moved into new areas such as food and pharmaceuticals. Other Consultative Committees had noted the increasing difficulty in transporting transfer standards during CIPM key comparisons and RMO key comparisons. In some cases travelling standards had been damaged or otherwise interfered with in such a way as to negate the results of work carried out up to that point in the comparison. The CCRI therefore took the lead in formulating the following Draft Resolution:

▮ Requirements for cross border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials

Draft Resolution I

The 22nd General Conference,

considering

- recent events that are understandably requiring stricter control of container, luggage and carry-on belongings of national and international travellers, as well as unaccompanied packages,
- that these controls are making it more and more difficult, and sometimes impossible, to transport equipment, standards, and reference materials that are needed for comparisons of national measurement standards,
- that these comparisons rely intrinsically on frequent and unimpeded transportation of standards, many of which have limited stability and so require rapid movement,
- that certain samples or equipment are fragile and can become contaminated or damaged beyond the point of use if not handled carefully by personnel in airports, freight handling agencies or customs officials,

- that the inherent dangers in transport of certain samples in the nuclear, chemical and pharmaceutical field for metrology are far less than those envisaged from the point of view of those that seek to prohibit or restrict wholesale movement of such goods,
- the importance of implementing new procedures that can facilitate the unimpeded transport of such materials,
- that this facilitation could be accomplished by modifications, guidance notes or other addenda to existing regulations that inform officials as to the course of action to be undertaken in the case of metrological samples and equipment,

recommends that national metrology institutes, government bodies and international organizations responsible for the control and regulation of the movement of goods and substances, all work with relevant bodies to investigate, propose and implement special procedures that relate to the free and unimpaired movement of metrological materials and equipment among national metrology institutes, designated institutes and the International Bureau of Weights and Measures.

14.8 The Consultative Committee for Amount of Substance

The Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM) has continued to make an impact in chemical measurement. It has taken the initiative to broaden its liaisons with international organizations in other areas. In particular, the CCQM has been instrumental in opening up discussions with the laboratory medicine community as a result of which the JCTLM has been formed. In addition, the CCQM is leading the thinking about coordinated work in biotechnology and pharmaceuticals. In order to begin work in these areas the CCQM has organized several crucial international symposia and workshops to bring interested parties together – often for the first time.

The CCQM has held four meetings since the Convocation of the last General Conference: the 5th meeting in February 1999, the 6th meeting in April 2000, the 7th meeting in April 2001 and the 8th meeting in April 2002. The 9th meeting of the CCQM is scheduled for April 2003.

Early successes included the establishment of a worldwide traceability framework for gas analysis and development of the concept of traceability and uncertainty as these concepts apply to chemical measurements. The CCQM's choice of the analytes and certified reference materials for key comparisons has been made with careful reference to their impact and utility in the fields of food, commodities, health, biotechnology, the environment, forensic science, advanced materials and general analytical chemistry. In this way, the Committee is seen to be reacting to the high-priority needs of user communities. The CIPM strongly supports the view that the Metre Convention should be seen to be responding positively and quickly to the needs of these communities as they impact strongly on consumers and the quality of life. They also impact on the regulators that are implementing new regulations; e.g. the regulation with respect to *In Vitro* Diagnostic measuring devices (EU IVD Directive).

The CCQM has tackled new challenges that are largely specific to the fields of chemistry and chemical analysis. In particular, the classification of certified reference materials and the format of CMC claims are different from those in the physical and engineering fields and have required extensive consultation with practitioners in order to make entries into the KCDB in a “user-friendly” and relevant form. The CCQM also recognized that in order to make progress in new areas, there was a need to launch several specific working groups in areas such as gas analysis, organic and inorganic analysis, electro-chemical analysis, surface analysis, and bio-analysis

(including proteomics and genomics). Many NMIs are not active in fields that are covered by the CCQM and it has therefore been necessary to involve a large number of other designated specialist institutions from Member States. This has been successfully achieved, although the numbers of attendees at CCQM meetings makes it the largest Consultative Committee as a result of which the CCQM makes full use of all of the BIPM's current resources.

The CCQM has intensified its cooperation with the ISO, in particular with respect to the traceability and measurement uncertainty of certified reference materials (ISO REMCO) and several other international organizations, like the American Organization of Analytical Chemists (AOAC), Eurachem/CITAC (the Co-operation on International Traceability in Analytical Chemistry), and the National Conference of Standards Laboratories (NCSL). Strong links with the regional metrology organizations are also fostered in support of the development of metrology in chemistry in these areas.

The CCQM has forged important links with a number of international organizations, including: the WMO, and especially its Global Atmospheric Watch programme (GAW); the WHO; and the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC). The last two organizations have been particularly supportive and constructive in the establishment of the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM). The membership of this Committee also includes: representatives from the ILAC; quality assessment organizations; regulators from the European Union, Japan and the United States; reference materials producers; and the IVD industry associations from the European Union, Japan and the United States.

Further cooperation is expected to take place with the international organizations in the fields of: food testing (Codex Alimentarius of the WHO and the Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO), abusive drugs, and forensic analysis.

At this very moment, some forty key comparisons and about sixty studies have been carried out or are in progress, covering an increasing number of fields of chemistry. This will give a firm basis for comparability and underpinning of the measurement and calibration capabilities of the participating NMIs, as well as the recognition of measurement and calibration certificates issued by the participating NMIs.

14.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration

The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV) is the newest Consultative Committee and held its first meeting in the July before the last CGPM, its second in October 2001 and its third in October 2002. The Committee has been active in unifying and coordinating the efforts of those with technical responsibilities and interests in the fields within the CCAUV's terms of reference. Its work has been hampered to some extent because many Member States do not always allocate responsibility for certain standards, such as those relating to underwater acoustics or to medical measurements, to organizations that are either open or that are linked to the national metrology system.

The initial meetings of the CCAUV have been important stimuli which have helped focus the attention of NMIs on the work of the Committee, broaden its membership, and provide opportunities to share technical knowledge so as to increase the capabilities and competence of new entrants into the field. At its first meeting, the CCAUV launched a number of key comparisons and was pleased at its second meeting to note that some had already been completed and that the process of linking them with RMO comparisons was well in hand. At its

second meeting, the CCAUV launched a consultation exercise to identify the priorities that will set its future workplan and a draft report was presented to its third meeting.

14.10 The Consultative Committee for Units

The Consultative Committee for Units (CCU) has held one meeting in April 2001, its 14th, since the last General Conference, concentrating on revisions to the SI Brochure with the publication of the 8th edition. It has also begun to consider the implications of any changes to the definition and realization of the unit of mass in parallel with the experimental progress made worldwide and the regular reports to the CCEM and the CCM.

The CCU has continued to debate issues relating to the neper, the bel and the decibel, following the withdrawal of Draft Resolution L at the 21st General Conference. Since then, several members of the CCU have published a discussion paper in *Metrologia* and have pursued the debate. The CIPM does not wish to make further proposals until consensus is reached.

In April 2003, the governments of Australia, the United Kingdom, and the United States had submitted three Draft Resolutions on the symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI).

In the English language, the symbol used to separate the integral part of a number from the decimal part – called the decimal marker – is broadly understood to be the point on the line. This symbol is also used as the decimal marker in many other languages, including those spoken by the most populous nations on Earth. However, despite these well known facts, some international bodies employ the comma on the line as the decimal marker in their English language publications; and, moreover, two of the world's most influential international standardizing bodies specify in their international standards that the comma on the line shall be the symbol for the decimal marker in all languages. Since the standards coming from these bodies are widely misinterpreted as defining the modern metric system, that is, the SI, there is a great deal of confusion worldwide concerning the correct symbol for the decimal marker in the SI. Indeed, this issue was brought to the attention of the 21st CGPM in 1999 by Dr Castelazo (Mexico), as is duly recorded in the proceedings of that CGPM (page 319).

The adoption of a Resolution will bring an end to this unwelcome confusion, because it states clearly and unequivocally that both the point on the line and the comma on the line are SI symbols for the decimal marker, that the symbol to be used in a given language is that in common use in that language, and that, in particular, in the English language the SI symbol for the decimal marker is and shall continue to be the point on the line. This is consistent with the decision taken by the CIPM at its 86th meeting in 1997, namely, to allow the BIPM to employ the point on the line as the decimal marker in all of its English language publications and to continue to employ the comma on the line as the decimal marker in all of its French language publications.

We conclude by noting that the usage of the dot (point on the line) as the decimal marker is so ingrained in the English language that it is impossible to conceive of it ever changing.

Draft Resolution K on the symbol for the decimal marker in the SI was presented to the 22nd CGPM by the Government of Australia.

Symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI)

Draft Resolution K

The 22nd General Conference,

considering that

- a principal purpose of the Système International d'Unités (SI) is to enable values of quantities to be expressed in a manner that can be readily understood throughout the world,
- values of quantities are normally expressed as a number times a unit,
- often the number in the expression of the value of a quantity contains many digits with an integral part and a decimal part,
- the second paragraph of Resolution 7 of the 9th General Conference on Weights and Measures (CGPM), 1948, states "In numbers, the comma (French practice) or the dot (British practice) is used only to separate the integral part of numbers from the decimal part. Numbers may be divided in groups of three in order to facilitate reading; neither dots nor commas are ever inserted in the spaces",
- the dot (point on the line) remains, and is sure to remain, the decimal marker in the English language, which is by far the dominant language in science and technology today, in addition to being the preferred decimal marker in many other languages,
- notwithstanding this fact, some international bodies use the comma (on the line) as the decimal marker in their English language documents,
- furthermore, some international bodies, including some international standards organizations, specify the decimal marker to be the comma on the line in the English language as well as in all other languages,
- the World Trade Organization has ruled that international standards should be used wherever possible,
- the resulting dual use of both the point on the line and the comma on the line as a decimal marker in the same language, in particular the English language, causes confusion and has a potential negative impact on international trade, especially in the labelling of packages,

declares that

- the SI symbol for the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line depending upon the custom of the language in use,
- in particular, the SI symbol for the decimal marker in the English language is and shall continue to be the point on the line.

Draft Resolution L on the symbol for the decimal marker in the SI was presented to the 22nd CGPM by the Government of the United States.

Symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI)

Draft Resolution L

The 22nd General Conference,

considering that

- a principal purpose of the International System of Units (SI) is to enable values of quantities to be expressed in a manner that can be readily understood throughout the world,
- values of quantities are normally expressed as a number times a unit,
- often the number in the expression of the value of a quantity contains multiple digits with an integral part and a decimal part,
- in Resolution 7 of the 9th General Conference on Weights and Measures (CGPM), 1948, it is stated that "In numbers, the comma (French practice) or the dot (British practice) is used only to separate the integral part of numbers from the decimal part,"
- following a decision of the CIPM made at its 86th meeting (1997), the BIPM now uses the dot (point on the line) as the decimal marker in all of its English language publications, including the English text of the SI Brochure (the definitive international reference on the SI), with the comma (on the line) remaining the decimal marker in all of its French language publications,
- the point on the line remains, and is sure to remain, the decimal marker in the English language, which is by far the dominant language in science and technology today, in addition to being the preferred decimal marker in many other languages,
- notwithstanding these facts, some international bodies use the comma on the line as the decimal marker in their English language documents,
- furthermore, some international bodies, including some international standards organizations, specify the decimal marker to be the comma on the line in all languages, including English,
- the prescription of the comma on the line as the decimal marker in English and many other languages is in conflict with the customary usage of the point on the line as the decimal marker in those languages, and the use of both in the same language causes unwelcome confusion,

declares that

- the SI symbol for the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line depending upon the custom of the language in use,
- in particular, the SI symbol for the decimal marker in the English language is and shall continue to be the point on the line.

Draft Resolution M on the symbol for the decimal marker in the SI was presented to the 22nd CGPM by the Government of the United Kingdom.

Symbol for the decimal marker in the International System of Units (SI)

Draft Resolution M

The 22nd General Conference,

considering that

- a principal purpose of the International System of Units (SI) is to enable values of quantities to be expressed in a manner that can be readily understood throughout the world,
- values of quantities are normally expressed as a number times a unit,
- often the number in the expression of the value of a quantity contains multiple digits with an integral part and a decimal part,
- in Resolution 7 of the 9th General Conference on Weights and Measures (CGPM), 1948, it is stated that "In numbers, the comma (French practice) or the dot (British practice) is used only to separate the integral part of numbers from the decimal part,"
- following a decision of the CIPM made at its 86th meeting (1997), the BIPM now uses the dot (point on the line) as the decimal marker in all of its English language publications, including the English text of the SI Brochure (the definitive international reference on the SI), with the comma (on the line) remaining the decimal marker in all of its French language publications,
- the point on the line remains, and is sure to remain, the decimal marker in the English language, which is by far the dominant language in science and technology today, in addition to being the preferred decimal marker in many other languages,
- notwithstanding these facts, some international bodies use the comma on the line as the decimal marker in their English language documents,
- furthermore, some international bodies, including some international standards organizations, specify the decimal marker to be the comma on the line in all languages, including English,
- the prescription of the comma on the line as the decimal marker in English and many other languages is in conflict with the customary usage of the point on the line as the decimal marker in those languages, and the use of both in the same language causes unwelcome confusion,

declares that

- the SI symbol for the decimal marker shall be either the point on the line or the comma on the line depending upon the custom of the language in use,
- in particular, the SI symbol for the decimal marker in the English language is and shall continue to be the point on the line.

15 Programme of future work at the BIPM

A detailed programme of the work to be carried out at the BIPM during the years 2005 to 2008 corresponding to the dotation requested below in draft Resolution J will be proposed by the International Committee in a document entitled "Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the years 2005 to 2008". Following past

practice, this document will be sent to Member States not less than six months before the Conference, thus not later than April 2003.

16 Annual dotation of the BIPM

The 21st CGPM in 1999 decided to increase the annual dotation of the BIPM by 1.5 % *per annum* from 2001 to 2004, an amount set to cover only foreseen price increases in France during this period. However, it was known at the time that the programme of work adopted by the Conference would lead to a significant real increase in costs, but a real increase in dotation was not voted by the CGPM. Instead, the BIPM was asked to absorb most of the increase in cost by improvements in efficiency and, if necessary, by small cuts in programmes. The CIPM, in its 1998 report to Member States on *National and International Needs relating to Metrology,* drew attention to the fact that, in the absence of a real increase in dotation voted by the 21st CGPM, by the time of the 22nd CGPM in 2003 it would be necessary for the Conference to vote a significant increase in dotation or accept that there would be significant reductions in programme at the BIPM.

Since the 21st CGPM in 1999, the workload of the BIPM has increased even more than was foreseen at the time. This has been due largely to the additional work related to the implementation of the CIPM MRA.

In considering the future programme of work, the Committee has also taken into account the rapid extension of needs for international activity in metrology into the fields of chemistry, bioanalysis, medicine, food and other similar areas. Requirements for international activity in the traditional fields have by no means shown any signs of diminishing (see the report of the CIPM to the Member States, *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, mentioned under Item 11 of the draft agenda). The additional dotation required for the maintenance of the full programme currently being carried out by the BIPM is now estimated to be about 1.1 million euros on 1 January 2005 plus increases to cover price increases in France at the beginning of the three subsequent years of the *quadrennium*. In order to enter further into the field of chemistry towards bioanalysis and medicine, it was estimated that the dotation should increase by an additional 0.8 million euros on 1 January 2005, making a total of 1.9 million euros.

A careful study was made by the Committee of current and future needs for work at the BIPM. This included questionnaires to directors of the NMIs of Member States in respect of the current services and activities of the BIPM as well as new ones in the field of chemistry. Discussion of various options for the future programme and their corresponding costs were discussed by the directors at a meeting held at the BIPM in April 2002. Further proposals were subsequently sent to directors in July 2002 and comments were invited in time for the meeting of the CIPM that took place in October 2002.

During the period July to October 2002 it became clear that an increase in dotation of 1.9 million euros was not likely to be acceptable and that the CIPM would have to consider the priorities of work at the BIPM, and make a request that was significantly smaller than this. The CIPM at its meeting in October 2002 took careful note of the results of all these consultations. It examined carefully the priorities among the current programmes at the BIPM and considered how best to reduce some of the current activities while at the same time maintaining the science base of the BIPM and preparing a future programme that will meet the foreseeable needs of NMIs in the years to come. The outcome was the following CIPM proposal for an increase in dotation.

The starting point for the dotation for the new *quadrennium* is the dotation voted by the previous General Conference for the last year of the current *quadrennium*. In the present case this is the dotation for 2004 voted by the 21st CGPM, namely, 9 094 000 euros. To this should be added the contributions from the three States, Greece, Malaysia and Yugoslavia, that have joined or re-integrated the Metre Convention since the 21st CGPM. Their contributions together amount to 1.76 % of the total. Thus, the new starting point for the calculation of the 2005 dotation is 9 254 000 euros. The CIPM proposes that this be increased by 8.5 % (which includes a real increase of 6.7 % plus 1.8 % to cover price increases in France) on 1 January 2005 to 10 041 000 euros and that on 1 January of each of the three succeeding years of the *quadrennium* it be increased by a further 1.8 % to cover price increases in France.

The dotations thus requested for each of the years 2005 to 2008, given below in Draft Resolution J, will allow the programme of work to be carried out that will meet the minimum requirements of Member States while allowing a balanced budget to be maintained for the years 2005 to 2008. The programme will, however, be a smaller programme than that foreseen at the time of the 21st CGPM. Full details of the programme for the years 2005 to 2008 will be found in the document referred to above under Item 15 of the draft agenda.

▮ Dotation of the BIPM for the years 2005 to 2008

Draft Resolution J

The 22nd General Conference,

considering

- the increasing importance of metrology for trade, industry, the environment and human health and safety in all Member States of the Metre Convention,
- the corresponding need for an efficient, highly expert, international coordination of metrological activities,
- the central role played by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) in such coordination and the services it renders to Member States of the Metre Convention,
- the broadened responsibilities given to the BIPM at the 21st General Conference in 1999 but without any corresponding increase in dotation,
- the additional increase in workload, unforeseen at the time of the 21st General Conference, that has also been absorbed by the BIPM since the last General Conference,
- the extension of the range of work under the Metre Convention now carried out in Member States, notably in areas of chemistry, biotechnology and medicine,
- the need to extend the range of expertise among the scientific staff of the BIPM to meet demands for work in these new areas,
- the considerable efforts that continue to be made by the BIPM to enhance the efficiency of its operation, and its commitment to continue these efforts,

invites National Metrology Institutes

- to arrange, at their expense, a continuing series of short-term placements or secondments of their staff to the BIPM to work on projects of mutual interest integrated into the BIPM programme,
- to accept staff of the BIPM to work in their institutes on programmes of mutual interest,

- to sponsor a permanent programme of Fellowships at the BIPM for suitable staff with a view to establishing four such Fellowships at the BIPM by the end of 2004, and

decides that the fixed part of the annual dotation of the BIPM will be increased in such a way that the fixed part and the complementary part (defined by Article 6, 1921) of the Rules annexed to the Metre Convention (1875) shall, for those States that are members of the Metre Convention at the time of 22nd General Conference, be

10 041 000 euros in 2005
10 222 000 euros in 2006
10 406 000 euros in 2007
10 593 000 euros in 2008.

17 Proposals by delegates

Delegates from Member States are requested to let the International Committee know of their wishes or any proposals they would like to submit to the General Conference as soon as possible, but in any case at least six months before the General Conference, so that, in accordance with the decision of the 9th General Conference (1948) "the wishes or proposals thus deposited will be distributed by the bureau of the Comité to all Member States of the Convention at least four months before the opening of the Conference so that Delegates may receive the necessary instructions and authority; all other wishes and proposals being presented to the Conference only if the International Committee has time to study them and has approved them".

18 Renewal of half of the International Committee

In conformity with Articles 7 (1875) and 8 (1921) of the Rules annexed to the Metre Convention, the Conference will proceed by secret ballot to the renewal of half of the membership of the International Committee. Outgoing members are first, those who in the case of vacancies have been provisionally elected since the last Conference, and second, those selected by ballot from among the remaining members of the International Committee. Outgoing members are eligible for re-election.

December 2002

For the International Committee for Weights and Measures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

The Secretary,
R. Kaarls

The President,
J. Kovalevsky

Appendix B

Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the four years 2005-2008

Introduction

This document provides information on Items 15 and 16 of the provisional agenda of the 22nd General Conference. Agenda Item 15 discusses the programme of future work at the BIPM while agenda Item 16 concerns the annual dotation, total income and budgeted expenditure, for each of the four years 2005 to 2008.

In its report, entitled *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, being sent to Governments of Member States, the CIPM laid out the role of the BIPM in the early decades of the 21st century.

At its 91st meeting, in October 2002, the Committee also made certain decisions concerning the priorities of the individual programmes carried out at the BIPM. These are reported here in the Appendix to this document, which is an extract from the Report of the 91st meeting of the CIPM. The programme of work that is presented in outline here should be viewed in the context of these decisions and the role of the BIPM.

In each of the scientific areas, as well as in the various support services, the work is designed to fulfil the broad requirements as set out by the CIPM in 2002 in the following text:

The role of the BIPM

The goal of the BIPM is worldwide uniformity of measurement.

The BIPM will achieve this goal by providing the necessary scientific and technical basis for such uniformity and by collaborating with other institutions and organizations that have related missions. Therefore, its principal tasks are:

The International System of Units (SI)

- to keep up-to-date and disseminate the text of the International System of Units known as the SI Brochure.

Basic scientific and technical tasks

- to conserve and disseminate the primary standard of mass, the International Prototype of the kilogram;
- to establish and disseminate International Atomic Time (TAI) and, in collaboration with the International Earth Rotation Service, Coordinated Universal Time (UTC);
- to make its own realizations of other base and derived units of the SI and, if necessary, other units that are not yet possible to link to the SI;
- to participate in the development of primary methods of measurement and procedures in chemical analysis and bioanalysis and where necessary to maintain its own standards in these fields;
- to undertake research focused on the development of present and future measurement units and standards, including appropriate fundamental research, studies of the conceptual basis of primary

standards and units and determination of physical constants, and to publish the results of this research.

Specific technical services delivered to NMIs

- to carry out certain international comparisons of practical realizations of certain base and derived units of the SI, as may be necessary to meet the needs of the ensemble of the National Metrology Institutes (NMIs);
- to provide a specialized calibration service for NMIs for selected national measurement standards whenever this is desirable and feasible;
- to provide opportunities for technology transfer during calibrations and comparisons organized by the BIPM;
- to provide facilities for the exchange of scientific staff between the BIPM and NMIs;
- to provide certain consultancy services to NMIs related to peer review of their activities.

Global coordination of metrology

- to provide support as necessary in the operation of the CIPM *Mutual Recognition Arrangement (MRA) of national measurement standards and of calibration certificates issued by NMIs* through the operation of the BIPM key comparison database, the management of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (the JCRB) and through participation in meetings of Consultative Committees and appropriate meetings of the Regional Metrology Organizations and through the publication of the results of key and supplementary comparisons;
- to provide the scientific and administrative Secretariat for the General Conference on Weights and Measures, the CIPM and its Consultative Committees as well as the secretariat for meetings of directors of NMIs and the various Joint Committees and to publish reports of their deliberations.

Relations with other organizations

- to enter into agreements with intergovernmental and international organizations where such agreements would help in the coordination of the work of these organizations with that of the BIPM or the CIPM and where it may stimulate corresponding coordination at the national or regional level;
- to collaborate, and where appropriate enter into agreements to establish Joint Committees with intergovernmental and international bodies having related missions;
- to act on behalf of the NMIs of Member States of the Metre Convention in representing their common interest as the occasion arises.

Information and publicity

To promote as widely as possible using all appropriate methods, the activities carried out under the Metre Convention, in particular:

- to provide through the BIPM website, a centre for information on matters related to the Metre Convention, the CIPM, its Consultative Committees, Joint Committees, the CIPM MRA, including the BIPM key comparison database, and matters related to international metrology;

- to edit and arrange for the publication of *Metrologia*, the international scientific journal of metrology;
- to ensure, with other appropriate organizations, that basic documents needed for uniformity of measurements, such as those on vocabulary in metrology (VIM) and on the expression of uncertainty in measurement (GUM), are kept up-to-date and widely disseminated;
- to organize workshops and summer schools for the benefit of staff from the NMIs.

Cost effectiveness and evolving role of the BIPM

The BIPM will carry out these tasks in the most cost-effective and efficient way possible designed to achieve its goal, and will continue to be ready to adapt and change its tasks as the need arises and as decided by the CIPM acting under the authority of the Member States of the Metre Convention.

15 Programme of work at the BIPM

The programme of work at the BIPM, Item 15 of the draft agenda of the 22nd General Conference, is treated here under the following headings:

15.1 Length

15.2 Mass

15.3 Time

15.4 Electricity

15.5 Ionizing radiation

15.6 Metrology in chemistry

15.7 General laboratory and scientific services

15.8 General administrative services

15.9 Buildings and grounds

15.10 Staff

15.11 Contribution to the pension fund

15.1 Length

International comparisons

A substantial part of the planned programme for the Length section concerns two basic comparison and measurement services: first, absolute frequency measurements of stablilized laser systems laser using the BIPM femtosecond comb system and secondly, gravimeter comparisons. In addition, we will continue to offer calibrations of 1D gratings and 2D grids as part of our current nanotechnology project related to displacement interferometers in the micrometre ranges.

The substitution of absolute frequency comb-based measurements for the long-standing heterodyne (beat frequency) techniques offers the possibility of relatively simple direct frequency measurements of a wide range of laser sources in the visible and near infrared regions. In order to improve the efficiency of the visible laser comparisons, we shall replace the current "on demand" service with two comparison periods during each year. NMI needs for these measurements will be kept under review so as to determine the future pattern of demand for the service. Over the first part of the workplan period, we shall investigate the performance and limitations of comb techniques and assess their characteristics through systematic studies of the two BIPM systems as well as through international comparisons using the BIPM portable device due to be completed in 2003. The longer-term need for this unique role for the BIPM facility will depend on whether comb systems perform satisfactorily and as expected.

Current plans in the infrared are to complete a direct frequency measurement of the 3.39 μm methane-stabilized system in 2003 and then to maintain, but not develop, this system during the proposed programme of work so as to be in a position to make comparisons if required.

Gravimetry

The next major comparison in the field of gravimetry is the ICAG-2005 series of measurements. In preparation for this, we shall continue to improve our data recording and processing capabilities. We shall also modify the BIPM absolute gravimeter and, as a result, be in a better position to improve the comparison technique for gravimeters and to investigate discrepancies reported during the ICAG-2001 measurements. In the workplan, the local BIPM network will be monitored regularly using the improved absolute gravimeter so as to ensure that changes between ICAG-2001 and ICAG-2005 do not result from local variations.

Nanotechnology

Nanotechnology is still emerging as a major metrological subject and a future role for BIPM during the workplan period will be considered at meetings of the CCL's Working Group on Dimensional Metrology and the nanotechnology discussion group. Should there be an emerging need for reference facilities or comparison projects then BIPM's current relatively modest level of activity will be reviewed.

Stabilized lasers at the BIPM

In the next few years, as frequency comb technology matures, the BIPM will continue to maintain reference laser systems at 633 nm and 532 nm, the latter being especially useful for improvement of the short-term stability of frequency combs. The methane-stabilized 3.39 μm system will be maintained as a reference system for NMIs that operate frequency chains and require comparisons.

The BIPM's current service for iodine cell gas filling and performance assessment will be maintained for as long as there is a requirement from NMIs. No further development is planned apart from automation of some of the more time-consuming aspects of the filling process.

Interferometry

Precise distance measurement is a core competence of the BIPM. We shall develop compact, high-performance light sources and interferometric systems that meet the common needs of the BIPM projects on the watt balance, calculable capacitor and absolute gravimeter.

15.2 Mass

Manufacture and calibration of mass standards

The BIPM will continue to supply NMIs of Member States of the Metre Convention with 1 kg platinum-iridium standards made to match the mass of the International Prototype within 1 mg. These new prototypes are currently calibrated with an uncertainty of 5 μg and subsequently take part in the periodic calibrations organized by the BIPM.

Although the principal task of the BIPM with respect to calibrations of mass standards concerns 1 kg Pt-Ir prototypes, calibrations are also made of 1 kg stainless steel standards. These are carried out both for NMIs whose national standards are of stainless steel and for institutes that rely on stainless steel artefacts as secondary standards. The balances and other equipment necessary not only to provide these calibrations but also to provide the calibrations and density measurements of Pt-Ir prototypes must always be maintained at the highest level with the ability to introduce the latest technology as soon as it is available. Some of these developments we make ourselves but others are brought in from outside sources. Linked to the calibration service is the need to monitor the density of air.

In addition to essential equipment, mass metrology also requires laboratories to maintain a clean environment as well as stable underpinning of balance supports. Our laboratories have not been refurbished for many years and, of even more concern, the supporting soil has become unstable, producing a problem that has become chronic and, while high-quality results can still be obtained, we nevertheless foresee the need to renovate our balance laboratories within the next five years.

We anticipate increased demands for the calibration of mass standards from 1 kg to 100 g, used by certain NMIs in watt balances (see below). An important part of the calibration, which in this context approaches applied research, will involve characterization of mass changes between normal atmosphere and vacuum. Improved capabilities for effecting air-buoyancy corrections will be required as well as more advanced techniques for comparing mass standards under vacuum with those maintained in air. We are already making progress in this endeavour but we foresee continuing our efforts at least through 2008. Mass standards destined for use with watt balances must meet stringent requirements for magnetic susceptibility and intrinsic magnetization. We will maintain our new expertise in the characterization of these properties and improve on it if necessary.

Balance development

The FB-2 balance is operational in both air and vacuum. It has a type A standard uncertainty in the comparison of two 1 kg masses of less than 0.1 μg. A major balance manufacturer has been licensed to use essential features of the FB-2 balance technology. As part of the licensing agreement, we will acquire an early production model of the commercially-produced balance and this will add to our ability to carry out mass comparisons in vacuum.

A new balance, made by Metrotec to our specifications, complements the Mettler-Toledo HK 1000 MC acquired some years ago and which is no longer in production. We use the HK 1000 MC for our normal calibration service but will gradually rely more heavily on the newer technology.

Stability of Pt-Ir and other mass standards

An alloy of 90 % platinum and 10 % iridium was chosen in the 19th century for manufacture of the International Prototype of the kilogram. The same alloy is still used by the BIPM to manufacture national prototypes for NMIs.

Metallurgical technology and machining techniques have improved over the years as have various methods of surface analysis. In conjunction with the NMIJ/AIST (Japan), we plan to study Pt-Ir alloy as presently produced and machined with a view toward a better characterization of its physical properties and to introducing techniques that lead to improved mass stability. A complementary programme, focusing on novel cleaning methods, will be carried out in collaboration with the NPL (UK).

Avogadro project

Measurement of the Avogadro constant by exploiting the properties of single-crystal silicon offers the possibility (along with the watt balance) of monitoring the stability of the present kilogram standard. A working group of the CCM was established to coordinate international efforts in this area following which a more formal arrangement among interested parties has emerged. A long-term strategy has been mapped out and a time sequence of specific goals has been established. The Mass section will take a lead role in coordinating efforts to determine the accurate mass of 1 kg silicon spheres. We will also provide technical support for maintaining a database accessible to all participants, an element which is considered essential given the complexity and international character of the Avogadro project.

Watt balance project

Among the decisions taken by the CIPM in 2002 was that work should begin at the BIPM on a watt balance project. This is a long-term project and it has as its aim the development of a watt balance capable of monitoring the mass of the International Prototype of the kilogram with an uncertainty of about 1 part in 10^8. This project brings together BIPM staff from the Mass, Electricity and Length sections. In addition, we hope that when it is fully under way, there will be occasional visiting staff from NMIs who will participate. Plans for the design of the BIPM watt balance are expected to be finalized during 2004 following an extensive preliminary study in 2003. The major part of the construction and development will thus take place during the *quadrennium* 2005 to 2008 after which we hope that it will be operational.

15.3 Time

Computation and diffusion of TAI and UTC

The algorithm used for the calculation of TAI must be updated as necessary in order to keep up with the improvement in quality of the timing data and with the progress in the techniques of

clock comparison. At present, about 83 % of the clocks are either commercial caesium clocks of the new type or active, auto-tuned hydrogen masers, and these contribute 89 % to the total weight of TAI. The algorithm for calculation of TAI assigns weights to clocks to avoid the loss of stability that would otherwise arise when the number of participating clocks changes. An upper limit to weights stops the best clocks increasing their weights without limit. On 1 January 2001, we started the process of changing the weighting method by adopting, for each month of calculation, an upper limit to clock weights that depends on the number of participating clocks. In this way, TAI becomes increasingly dependent on the more stable clocks. This should render TAI more stable. When a sufficiently long series of data becomes available, we plan to study the evolution of the stability of TAI that will result from the implementation of the new weighting procedure.

The time laboratories have often indicated their desire to have TAI published with a shorter delay. To meet this demand, and to make the process more reliable, we have embarked on the automation of the calculation of TAI. A first step, based on the old programmes has been accomplished. We shall achieve full automation after the programs have been rewritten in a more flexible language better adapted to our needs of calculation and data treatment.

As it is now possible to obtain clock comparison data from distant clocks in near real time, the question of the production and diffusion of time scales available in real time that predict UTC as precisely as possible will become very important. We are considering these new applications whilst maintaining the current status of the reference time scales TAI and UTC.

The introduction of new, more accurate, primary frequency standards has also improved the accuracy of TAI. These are “classical” caesium beam standards, some of which use optical techniques for the excitation and detection of the atoms. Frequency measurements of two caesium fountains are periodically reported and used to evaluate the fractional deviation of the scale interval of TAI from the SI second. Since April 2000, the reports of results of primary frequency standards have followed the CCTF directives concerning the characterization of their uncertainties. As these standards operate only intermittently and over limited periods of time, specialized frequency comparison techniques are needed to compare them with each other and to allow their accuracy to be reflected in that of TAI. Together with the laboratories operating primary frequency standards, the Time section is involved in the comparisons that will be made over the next few years. The reduced uncertainties of such standards will require a more detailed understanding of their operation in order to optimize their use in TAI. The drift that has been observed recently between caesium fountains and the classical caesium beam clocks will be studied and the possible reasons for this drift investigated in future collaborations with the time laboratories.

Clock comparisons

Clock comparisons in TAI are carried out employing two techniques: GPS C/A-code single and multi-channel common views and two-way time and frequency transfer (TWSTFT). The increasing number of GPS multi-channel receivers installed in the time laboratories and the introduction of TWSTFT allow the comparison of distant clocks with an uncertainty approaching a nanosecond. Furthermore, the reliability of clock comparison has increased with the introduction of TWSTFT as an alternative technique to the GPS common-view. Precise ephemerides of GPS satellites and ionospheric maps, both provided by the International GPS Service (IGS), are used for the calculation of common views. The BIPM organizes calibration campaigns of GPS receivers in time laboratories. About 30 % of the receivers have been calibrated at present; we plan to conclude with the calibration of all receivers providing clock

comparison data in the next two to three years. In future, it will be necessary to consider techniques that use the carrier phase or the precise code (P code); with this aim, studies are under way. The improved accuracy and stability of new clocks and primary standards (e.g. fountain clocks) lead to new demands for accuracy in time transfer. In consequence, improved clock comparison techniques must be developed to ensure that their progress matches that of the clocks. A pilot study to use GPS P3 code measurements obtained with calibrated geodetic-type receivers to compute time links has been successfully carried out in 2002 with the participation of about ten laboratories. We shall study the feasibility of introducing these measurements officially into TAI, but some questions still remain concerning the data acquisition, and format needs to be clarified.

At the request of the CCTF, we shall publish uncertainties for time links in TAI. After the calibration of receivers and time links we shall be able to assign realistic values to the uncertainties of these links.

We are planning to publish the values of $[UTC - UTC(k)]$ with a resolution of 0.1 ns (instead of 1 ns) for those laboratories equipped with two-way stations. To achieve this, we shall modify some formats of data submission and amend the input/output and transfer files used in the calculation of TAI.

Space-time reference systems

The International Astronomical Union (IAU) adopted in 2000 the Resolutions proposed by the BIPM/IAU Joint Committee on General Relativity for Space-time Reference Systems and Metrology. This joint committee was disbanded in January 2001; the work is being continued by the IAU Working Group on Relativity for Celestial Mechanics, Astrometry and Metrology (RCMAM). We are on the point of applying the IAU 2000 Resolutions.

The improvement of the clocks and the prospect of their operation in space, as well as the refinement in clock comparisons and the link between these techniques and those of space geodesy, open new fields of study calling for collaboration in the areas of fundamental physics and reference systems.

In a joint effort with the USNO, the BIPM Time section has the responsibility for providing the conventions for astronomy and geodesy in the framework of the International Earth Rotation Service (IERS). The update of the volume containing the conventions is at the stage of a final revision. Before the end of 2003 we shall start studies on the consistency of the procedures used by the IERS analysis centres with the adopted conventions with a view to determining the impact of possible inconsistencies on the IERS products.

Dynamical time scales

Timing of millisecond pulsars is one of the experiments that requires reference time scales of utmost long-term stability. On the other hand, it is possible that the stability of pulsar rotation periods will provide information on the very long-term stability of atomic time scales. We shall maintain an interest in this and any other technique that can give rise to dynamical time scales (binary pulsars, solar system ephemerides, etc.)

Time laboratory

The time laboratory has considerably increased its number and range of both GPS and GLONASS receivers to meet the increasing importance of receiver calibrations for TAI. Besides the HP 5071A high-performance atomic clock, two active hydrogen masers were installed in December 2001. These new frequency standards are used for testing new techniques of clock comparison, and they provide a frequency reference to the Length section. Maintenance of the equipment at a high level of quality and reliability is necessary in order to meet the increase in calibration requirements. At the same time, it is imperative that we gain competence in any new clock comparison technique accessible to the resources of the BIPM. This is a continuing programme.

15.4 Electricity

Maintenance of a representation of the volt, international comparisons and calibrations

The basic reference standards of the BIPM for international comparisons and calibration of voltage standards are 1 V and 10 V Josephson array standards. The ongoing programme of comparisons of national representations of the volt made by transporting BIPM Josephson systems will continue. To date, some twenty such comparisons have been made and these are designated as one of the key comparisons by the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM). One of the most promising recent developments in voltage metrology is the successful fabrication of programmable arrays of Josephson junctions with remarkably stable output voltages. The BIPM will incorporate such arrays in a new, more compact portable instrument for use in the key comparisons of Josephson voltage standards. For all NMIs, including those that do not yet have Josephson arrays as their reference standards, the series of bilateral comparisons using BIPM Zener standards will continue. A small group of BIPM Zener standards is at the disposal of NMIs wishing to participate in bilateral comparisons. Much of the work of the BIPM in this field is aimed at improving the stability, reliability and ease of use of its Josephson standards and understanding more completely the behaviour of its Zener travelling standards. This will continue as will the calibration service for Zener standards sent to the BIPM by NMIs. In the past several years the BIPM has received very few requests for calibrations of Weston cells; this calibration activity has ceased.

Maintenance of a representation of the ohm, international comparisons and calibrations

The basic reference standards of the BIPM for international comparisons and calibration of resistance standards are its quantum-Hall resistance standards. The programme of on-site comparisons of quantum-Hall standards will continue but is likely to be less extensive than that for the Josephson standards since travelling wire-wound resistors are relatively much more stable than the comparable voltage standards. The programme of bilateral comparisons of resistance standards using the BIPM travelling standards allows the comparison of laboratories' standards with an uncertainty of about 5 parts in 10^8. The calibration of resistance standards for NMIs is an important part of our activity and will continue. During the period 2005 to 2008 improvements will be made to the quantum-Hall systems as understanding of the physics of these devices progresses.

Capacitance standards derived from the quantized-Hall resistance

Since 1998, the BIPM has maintained capacitance standards derived from the quantized-Hall resistance through a chain of impedance bridges. After the BIPM had demonstrated, in international comparisons, the accuracy of its link from the quantized Hall resistance to capacitance at 10 pF and 100 pF, the CCEM entrusted new ongoing key comparisons of these quantities to the BIPM. The number of capacitance calibrations at the BIPM reflects how important it is for NMIs to have permanent access to a stable capacitance standard. This work requires the measurement of the quantized-Hall resistance at a frequency of 1.6 kHz as a consequence of which we will participate in the study of the behaviour of quantum-Hall devices at these frequencies.

Calculable capacitor

At the suggestion of the NML CSIRO, the BIPM is collaborating in the construction of a new calculable capacitor to an NML design. It is planned to make two of these devices, one for the BIPM and one for the NML. The design is based on the existing NML capacitor but will incorporate a certain number of improvements designed to reduce the overall uncertainty to about 1 part in 10^8. The BIPM will contribute to the design of a new optical interferometer that will also be used both in the calculable capacitor and, in a modified form, in its watt balance project. The design is expected to be finalized during 2004 with construction to take place during the quadrennium 2005 to 2008.

Studies of the stability of electrical standards and detectors

We are continuing our use of low-frequency (below 10 Hz) spectral analysis techniques to examine the stability and noise characteristics of nanovoltmeters, detectors, standard cells and Zener-diode standards. The results of a preliminary study carried out in 1998, indicate that these and other methods of time series analysis are powerful tools for analysing many types of measurement data that up to now have not been examined in this way. This work will continue.

15.5 Ionizing Radiation

Dosimetry

Dosimetry comparisons will continue to have an important role for the NMIs to maintain their degrees of equivalence in the BIPM key comparison database. The updating of the BIPM x- and gamma-ray facilities should be completed in this four-year period without interrupting the comparison programme. Calibrations will continue of transfer instruments used as secondary standards by NMIs that have no primary standards. This ensures their traceability to the SI and supports their CMCs in the MRA Appendix C. The BIPM also participates in comparisons using passive dosimeters, particularly for the Secondary Standards Dosimetry Laboratories of the IAEA and the WHO. The IAEA standard is traceable to the BIPM.

The ionometric standard of absorbed dose to water for ^{60}Co developed at the BIPM and its comparison with the standards of a number of national laboratories based on other methods will be supplemented by the development of a graphite calorimetric standard during the next four years. This will enhance the robustness of the key comparison results for absorbed dose to water. The demand from the NMIs to use the transfer system for the comparison of high-energy

x-ray beams based on ionometric measurements is increasing. However, a portable calorimetric primary standard for high energies will be developed and this will ultimately replace the transfer system at these energies. Investigations will be undertaken to consider the implications for the BIPM of extending its comparisons to high-energy electron beams and the dosimetry of brachytherapy sources.

In x-ray dosimetry, the CCRI has asked the BIPM to develop a system for comparisons at mammography energies and work has already started on this project. Such comparisons should start within the current period.

Monte Carlo calculations using various radiation transport codes have led to improvements in the existing air kerma standards, and these techniques will be extended to the absorbed dose standards.

Radionuclides

The International Reference System (SIR) continues to expand its database and provide the key comparison reference values for gamma-emitting radionuclides including short-lived radionuclides principally used for cancer diagnosis. Pure beta emitters are being sent to the BIPM for analysis and reference values will be available for these in the future. The extension of the SIR to include pure alpha emitters, low-energy gamma emitters and radionuclides that decay by electron capture is progressing. Radionuclides with more complex disintegration schemes require further work before they too can be included. The work on the SIR will continue.

The periodic organization and analysis of comparisons with a specific radionuclide continue to be major tasks for the BIPM. These comparisons are selected by Section II of the CCRI and will become more frequent to satisfy the requirements of the NMIs. It will become increasingly possible to link these comparisons to the SIR so that the NMI comparison values can be added to the SIR database and the KCDB. Research will continue on developing new methods of activity determination such as the triple-to-double coincidence ratio method and on the identification of, and correction for, impurities in radionuclide solutions using hyperpure germanium spectroscopy.

15.6 Metrology in chemistry

Gas metrology

The programme of work embarked upon in 2001 aimed to establish the BIPM as the pilot laboratory and international centre for comparisons of national ozone reference standards, in collaboration with the NIST. This initial objective is already nearly met and needs only the completion of the current CCQM pilot study. During the period 2005 to 2008, we expect some ten to fifteen comparisons each year with the BIPM reference standards of instruments drawn from the thirty or so national institutes maintaining such standards. Studies will be made to characterize and eliminate causes of systematic error within the ozone standard reference photometers. The programme will thus underpin measurements of ground-level ozone monitoring networks, at the national, regional and international level.

The automation of the gas phase titration system, as a potentially primary method for the measurement of ozone concentrations will be completed. Successful completion of the project will allow an evaluation of the accuracy of the value of the absorption cross section of ozone at

253.7 nm. The use of the facility as a system to deliver calibration mixtures with well-defined mole fractions of nitrogen monoxide and nitrogen dioxide, where that total amount fraction of these gases is less that 1 μmol/mol, will be investigated.

The stability of gravimetrically prepared nitrogen monoxide gas standards will be evaluated.

The range of operation of the primary facility for the dynamic preparation of nitrogen dioxide gas standards will be extended to mole fractions less than 1 μmol/mol. The range of operation of the FTIR facility will be extended to mole fractions of less than 1 μmol/mol for reactive gases, with the incorporation of a gas cell with pathlength of 40 m. This part of the work programme will allow the BIPM to participate in and co-pilot an international comparison for reactive gases, relevant to air quality regulations.

Organic analysis

The programme of metrology in chemistry will be extended to the field of organic analysis with the recruitment of two staff members. Following consultation with experts from the CCQM, a programme of work in the field of organic pure substance reference materials will be undertaken. The programme is in response to the requirement to demonstrate the traceability of measurement results as formulated in international standards such as ISO/IEC 17025 and ISO 15915. The laboratory programme at the BIPM will concentrate on validated methodologies for determination of purity, including an initial study on direct assay methodologies such as NMR and differential scanning calorimetry. The programme will be linked to activities of NMIs with the formation of network activities in fields of interest. A consultation process with the institutes has identified the following areas where a network activity would be of benefit to the NMIs: pharmaceuticals; antibiotics; hormones; mycotoxins; pesticides, herbicides and dioxins; volatile organic hydrocarbons; organometallic species; and clinically relevant analytes as a component of a reference measurement system for laboratory medicine. Liaison with the international standardization bodies will be established to disseminate information on these activities, which will allow the international requirements for traceable measurement results to be met in these fields of application.

15.7 General laboratory and scientific services

Mechanical workshop

The workshop moved into its new premises in the Pavillon de Mail in 2001. These at last provide facilities for the workshop that meet modern standards of safety and efficiency, and have considerably enhanced the productivity of the service. The use of computer-aided design and numerically controlled machines continues to be central to the operation of the mechanical workshop. In the new building, provision is made for temperature-controlled space for metrology and houses the form and dimension measuring machines as well as a scanning electron microscope. Insofar as it is possible within the budgetary constraints, the mechanical workshop will continue to be equipped with the most up-to-date and efficient machine tools and measuring instruments that allow the demanding requirements of a metrology laboratory to be met.

Temperature and pressure measurements

The capabilities for routine, but highly accurate, calibrations of platinum resistance thermometers for the room-temperature region and in pressure for the atmospheric pressure range will be maintained for the internal use of other sections at the BIPM. These two capabilities are among those considered to be part of the essential infrastucture of a metrology institute.

Information technology

Within the BIPM it is essential to maintain an efficient and up-to-date information technology infrastructure. This is required not only for the scientific work but also for internal secretarial and editing functions, for external communication, and for the BIPM key comparison database (see below). An important part of the work in the Time section relies on data sent to the BIPM on a regular basis by some sixty laboratories and observatories around the world. It is essential that these data be received in a reliable and efficient way.

We shall continue to provide an up-to-date BIPM web page containing useful information about the BIPM, the Metre Convention, the various Committees of the CIPM and their publications. Useful links to the web pages of NMIs are included and we shall maintain the powerful search engine for metrology.

Most meetings at the BIPM are now "paperless" in which all documents and working papers are received and distributed electronically. During meetings, provision is made at the meeting table for access to the internet as well as for projection of Power Point presentations.

Security of electronic communications and of the internal electronic infrastructure is of high priority; a high but reasonable level of protection is maintained.

The BIPM key comparison database

The Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by National Metrology Institutes called for the creation of a single worldwide database at the BIPM. This is the BIPM key comparison database (KCDB, at http://www.bipm.org/kcdb). It contains the results of key comparisons which provide the technical basis of the Arrangement, as well as the lists of CMCs of NMIs. During the initial four-year period of implementation of the MRA (December 1999 – December 2003), the whole system, including the underlying databases and web structure, was developed and first data were published. These include results of about 60 CIPM key comparisons and 13 000 CMCs covering a number of fields of metrology. For the coming four-year period, we foresee that a large amount of data will have to be treated for publication via the KCDB. These include the results of about 300 CIPM and RMO key comparisons that are still in progress and many CMCs, especially in the fields of chemistry, ionizing radiation, thermometry and time and frequency, that are still in the early stages of intra-regional review. In addition, the BIPM will continue to be very attentive to the requests of KCDB users in order to keep the system useful and up-to-date.

Quality System

The BIPM is putting in place a Quality System covering its calibration and measurement services that will meet the requirements of ISO 17025 with external peer review.

The Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM

The BIPM provides the chairmanship and secretariat of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM, the JCRB. This is a new task that followed upon the implementation of the CIPM MRA. The JCRB meets twice per year and is charged with overseeing the operation of a large part of the MRA, notably that concerned with the data entry to Appendix C, the calibration and measurement capabilities of the NMIs. The proper running of the JCRB is a key element in the successful operation of the MRA and is an increasingly heavy task that is shared with the RMOs and the NMIs.

15.8 General administrative services

Finance, personnel and general administration

Finance, personnel and general administration and purchasing are under the responsibility of one professional helped by an additional professional and one full time and two part-time assistants. This is a very small staff to run these services.

Secretariat

The Secretariat of the BIPM consists of two professionals, one full-time and one part-time, and two secretaries, the former comprising the secretary-cum-personal assistant to the Director and a librarian who also assists in BIPM publications and translations. The work load on the Secretariat, and also the administrative services, continues to increase with the rise in the number of meetings of Consultative Committees and Working Groups and the number of participants attending these meetings. Much of this is due to the implementation of the MRA but it is also a consequence of the increased number of meetings related to the BIPM's increasing links with other international organizations. Every effort is made to improve efficiency by making best use of information technology.

Publications

The publications of the BIPM are an essential part of its activities and all modern means of communication are actively employed. The reports of the meetings of the General Conference, of the CIPM and of the Consultative Committees, and the successive editions of the SI brochure are the main formal publications of the BIPM. Produced in French and English, these are distributed to all Member States and Associates of the CGPM, to NMIs and also widely among the metrology community. These documents are now available free of charge from the BIPM website. The other main publication of the BIPM is the journal *Metrologia*, now in its fortieth year of publication. Starting with Volume 40, 2003, *Metrologia* is now published under license on behalf of the BIPM by Institute of Physics Publishing (UK). Full editorial control remains with the BIPM and the Editor continues to be a member of the staff of the BIPM. This change was made to improve the efficiency of the production, distribution and marketing as well as to reduce the workload on the BIPM. In 2004 it is planned to increase the annual number of issues from six to ten including the publication of one or two special issues or conference proceedings. There exists, in addition, a web-only *Technical Supplement* to *Metrologia* for the publication of the final reports of key and supplementary comparisons. The staff responsible for publications is

headed by the Editor of *Metrologia* and includes the assistant editor, part of the time of the librarian and one part-time secretary.

In addition to contributing to BIPM publications, the scientific staff publish the results of their work in refereed journals, including but not exclusively *Metrologia*, and present the results of their work at scientific conferences. During the ten-year period 1993 to 2002, the annual average output published by BIPM staff comprised some twenty publications in refereed journals, a dozen or so publications in conference proceedings and about ten BIPM reports.

Library

The library of the BIPM continues to be a part of the institute essential for the efficient pursuit of the scientific work. The number of journal subscriptions remains essentially constant, but as interest and work evolve the individual journals taken are subject to change. The creation of the section for metrology in chemistry after the 21st CGPM required an expansion of the library into this new area. In order to keep the costs under control it was necessary to cease taking some of the less commonly used journals in the traditional areas of work at the BIPM. Unfortunately, experience has shown that the cost of subscriptions to scientific journals increases at a rate above that of inflation. As a result, the more expensive journals, unless they are considered part of the BIPM core collection, are abandoned. Subscription to Contents journals is an efficient and cost-effective way of keeping abreast of publications not held in the library.

Travel and transport of equipment

As a general principle, travel by the scientific staff and the Director to national laboratories, conferences and meetings related to metrology is an essential part of the activities of the BIPM and will continue.

The cost of travel and transport of equipment has increased by some 60 % during the period 1999 to 2002 and now accounts for nearly 4 % of the annual budget. This reflects the increasing number of meetings that BIPM staff now attend related to the operation of the MRA. Every effort is made to meet the requests for BIPM participation in expert meetings around the world organized by RMOs. The main cost of such travel, however, is not the direct financial one but the time taken. The number of invitations to take part in meetings and conferences as well to visit national laboratories is such that many of these have regretfully to be declined simply for lack of time.

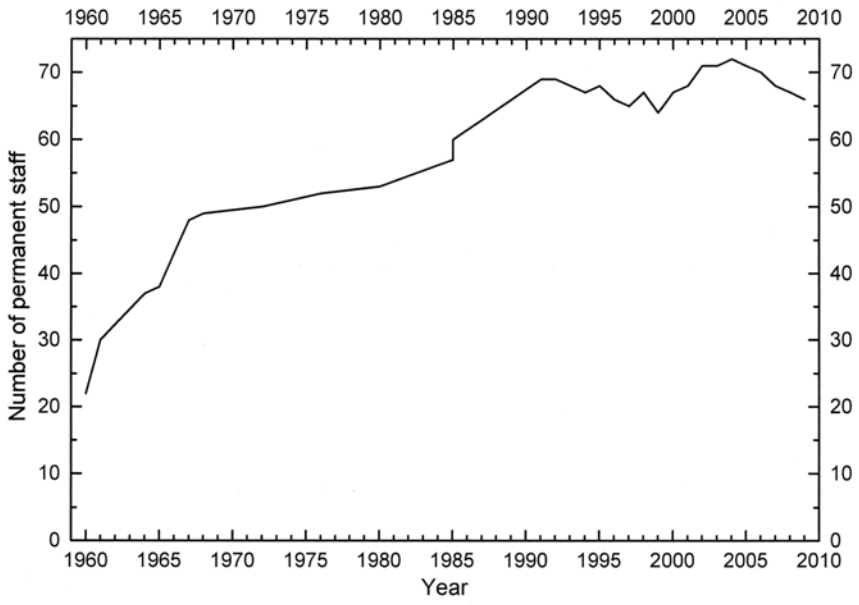
15.9 Buildings and grounds

The Pavillon de Breteuil is a historic site and both the Pavillon itself and the grounds must be maintained to a high standard. The maintenance of buildings ranging in date from the time of Louis XIV (the Pavillon de Breteuil) to the present day is not only expensive but requires a wide range of skills and techniques. Foreseen in the coming *quadrennium* are major works in the roofs of the two seventeenth century buildings, the Pavillon de Breteuil and the Petit Pavillon. The opening in 2001 of the Pavillon du Mail for the workshop, offices and additional meeting rooms, completed the long-term plan for building presented to the 17th General Conference in 1983 and mentioned at every succeeding Conference. Since its opening, the much improved facilities for meetings of up to one hundred people have been used extensively.

There are no future plans for extensions to or construction of buildings at the BIPM. Maintenance and renovations of the buildings will, however, continue to be required. These will include the maintenance of the fabric of the Pavillon de Breteuil. These will be needed either to take account of new requirements resulting from changes in programme, such as the extension into organic chemistry and the installation of a watt balance project or simply the updating of old installations. The maintenance of adequate air conditioning in the laboratories is a major task that needs continual surveillance and updating of equipment but it is one of the essential requirements for today's metrology.

15.10 Staff

The total number of full time equivalent permanent staff employed at the BIPM on 1 March 2003 was 71 plus 5 Research Fellows These staff are distributed among the various sections as shown in the organizational chart on the following page. The evolution in the number of permanent staff since 1960 and its predicted numbers up to the year 2008 are shown below in the Figure. The average age of all staff on 1 March 2003 was 48 years and that of the scientific staff 46 years.



ORGANIZATIONAL CHART OF THE INTERNATIONAL BUREAU OF WEIGHTS AND MEASURES ON 1 MARCH 2003

DIRECTOR
Dr T. J. Quinn

Deputy Director
Director designate
Prof. A. J. Wallard [9]

JCRB
Dr A. E. Samuel [8]

KCDB
Dr C. Thomas [6]
Dr S. Maniguet [2]

LENGTH	MASS and RELATED QUANTITIES	TIME	ELECTRICITY	RADIOMETRY and PHOTOMETRY	IONIZING RADIATION	CHEMISTRY
(Prof. A. J. Wallard)	**Dr R. S. Davis**	**Dr E. F. Arias**	**Dr T. J. Witt**	**Dr M. Stock**	**Dr P. Allisy-Roberts**	**Dr R. Wielgosz**
Mr R. Felder	Dr H. Fang	Mr J. Azoubib	Mr F. Delahaye	Mr R. Goebel	Dr D. T. Burns	Dr M. Esler
Dr S. Picard	Ms C. Goyon	Dr Z. Jiang	Dr D. Reymann	Mr S. Solve	Dr C. Michotte	Dr J. Viallon
Dr L. Robertsson	Mr A. Picard	Dr W. Lewandowski			Dr G. Ratel	
Dr L. Vitushkin	Dr H. Parks [2]	Dr G. Petit			Ms C. Kessler [2]	
Prof. L. Ma [1]		Dr P. Wolf [10/3]				
Dr M. Zucco [2]						
Mr J. Labot	Ms J. Coarasa	Ms H. Konate	Mr D. Avrons		Mr C. Colas	Mr P. Moussay
	Mr J. Hostache	Ms M. Thomas	Mr R. Chayramy		Mr M. Nonis	
			Mr A. Jaouen		Mr P. Roger	
					Mr C. Veyradier [6]	

FINANCE and GENERAL ADMINISTRATION	SECRETARIAT	PUBLICATIONS	IT and QUALITY SYSTEMS	WORKSHOP and SITE MAINTENANCE
Ms B. Perent	**Ms F. Joly**	**Prof. P. W. Martin**	**Dr R. Köhler**	**Mr J. Sanjaime**
Mr F. Ausset	Ms D. Le Coz [3/6]	Dr J. R. Miles	Mr L. Le Mée	Mr F. Boyer
Ms D. Etter	Ms G. Négadi		Mr G. Petitgand	Mr M. De Carvalho
Ms M.-J. Martin [3]	Ms J. Varenne			Mr J.-B. Caucheteux
Ms D. Saillard [6]				Mr D. Rotrou
Mr C. Dias Nunes [7]				Mr P. Benoit
Ms A. Dominguez [3/7]				Mr E. Dominguez [5]
Ms I. Neves [3/7]				Mr P. Lemartrier
Ms R. Prieto [7]				Mr C. Neves [5]
Ms R. Vara [7]				
Mr A. Zongo [4/7]				

1 - Senior Research Fellow
2 - Research Fellow
3 - Not full time
4 - Also Workshop
5 - Also Caretakers
6 - Also Publications
7 - Caretakers, Cleaners, Gardeners
8 - On secondment from NML CSIRO
9 - Also Head of Length section
10 - On secondment at SYRTE Observatoire de Paris since 1 September 2002

15.11 Contribution to the pension fund

Following an actuarial study in 1994, the CIPM continues to follow the plan it decided at that time to increase the annual allocation to the pension fund each year from 1996 to 2008 by an amount equivalent to 2 % of the salaries. A follow-up study in 2001 confirmed the tendencies indicated in 1994 but showed that the number of BIPM pensioners had increased at a higher rate than foreseen due mainly to early retirements. In 1994, it was predicted that the number of pensioners would double by 2010, increasing from 24 to 48. In fact, in 2003 there are already 42 pensioners and this number is now expected to reach 58 by 2010 and 66 by 2018, at which point there will be one pensioner for every active member of the staff. The most recent actuarial study indicated, nevertheless, that the provisions now being made for the pension fund will allow all calls upon it to be met for the foreseeable future.

16 Annual dotation of the BIPM

The CIPM, in the Convocation to the 22nd General Conference, asked the Conference to adopt the following dotations for the years 2005 to 2008:

10 041 000 euros in 2005
10 222 000 euros in 2006
10 406 000 euros in 2007
10 593 000 euros in 2008.

The justification for these figures is given in detail in the Convocation to the 22nd General Conference and need not be repeated here, but see also the Appendix to this present document.

In what follows, the projected overall costs are given for the programme of work described above in Section 15 of the present document. The cost headings (operating expenses, laboratories' expenditure, staff expenses, etc.) are those used in the financial part of the document entitled *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures* distributed each year to Member Governments of the Metre Convention. All figures are given in thousands of euros.

Annual budgets for the years 2005 to 2008 are presented in Section 16.1. The corresponding breakdown of costs by category is shown graphically in Tables 16.1.2 to 16.1.5. In establishing the budget proposals for each year, additional sums of about 5 % of the total have been included over and above the dotation. These additional sums represent subscriptions from Associates of the General Conference, projected income from interest on capital and other minor revenues from services, sale of Pt-Ir prototypes, and royalties including *Metrologia,* etc. (see the *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures* for recent years).

16.1 Budgets for each of the years 2005-2008

16.1.1 Recapitulation of income (in thousands of euros)

	2005	2006	2007	2008	4 years
A. Dotation	10 041	10 222	10 406	10 593	41 262
B. Subscriptions*	155	157	160	163	635
C. Other income	414	409	425	419	1 667
Total	10 610	10 788	10 991	11 175	43 564

* Only the present ten Associates of the CGPM are included (March 2003)

16.1.2 Recapitulation of expenditure (in thousands of euros)

	2005	2006	2007	2008	4 years
A. Staff expenditure (15.10)	5 497	5 476	5 427	5 517	21 917
B. Contribution to the pension fund (15.11)	1 591	1 667	1 738	1 857	6 853
C. General services (15.8)	1 123	1 093	1 154	1 115	4 485
D. Laboratory expenditure (15.1 to 15.7)	1 930	1 860	1 840	1 870	7 500
E. Buildings (15.9)	407	629	767	750	2 553
F. Miscellaneous and contingent	62	63	65	66	256
Total	10 610	10 788	10 991	11 175	43 564

16.1.3 Staff

	2005	2006	2007	2008
Permanent staff	71	69	68	67
Research Fellows	1	0	0	0
Total	72	69	68	67

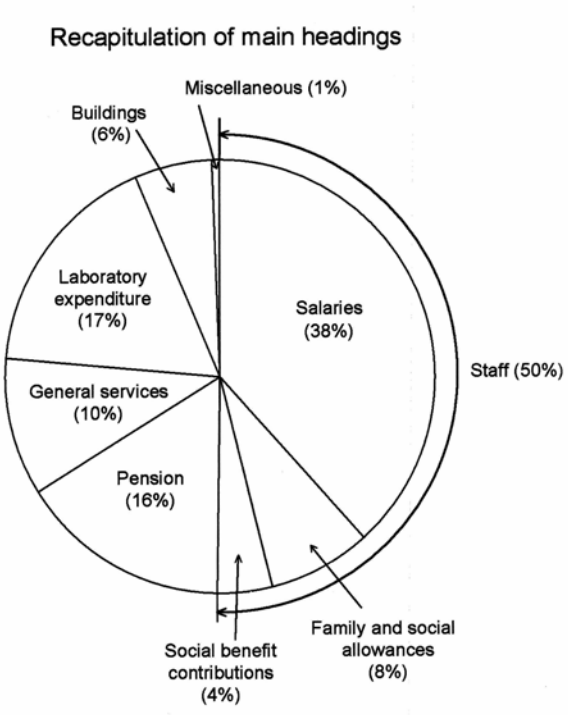
16.1.4 General services (in thousands of euros)

	2005	2006	2007	2008	4 years
Heating, water, electricity	165	168	171	174	678
Insurance	34	36	38	40	148
Publications	97	58	59	60	274
Office expenses	156	158	161	163	638
Travel, transport of equipment	362	358	345	351	1 416
Meetings	68	70	130	72	340
Library	202	205	209	213	829
Bureau of the Comité	39	40	41	42	162
Total	1 123	1 093	1 154	1 115	4 485

16.1.5 Laboratory expenditure (in thousands of euros)

	2005	2006	2007	2008	4 years
Length	156	120	60	61	397
Mass	180	183	187	190	740
Time	83	84	90	92	349
Electricity	260	265	270	274	1 069
Ionizing radiation	206	210	214	217	847
Metrology in chemistry	360	366	374	380	1 480
Workshop	104	105	107	109	425
General laboratory and scientific services, IT, KCDB	291	296	302	307	1 196
Start-up costs for new projects including organic chemistry	290	231	236	240	997
Total	1 930	1 860	1 840	1 870	7 500

16.2 Graphical representations of projected expenditure for the years 2005-2008



Recapitulation of main headings, including breakdown of staff costs 16.1

Appendix

The following is an extract from the Report of the 91st meeting of the CIPM held in October 2002. It gives an account of the decisions made concerning the future programme of work; decisions that are reflected in the programme described in this document now presented to Member States.

BIPM programme and budget for the years 2005 to 2008

An extensive discussion took place on the programme and budget of the BIPM for the years 2005 to 2008. The CIPM considered the results of the consultations with directors of NMIs (the questionnaires, the meeting in April 2002 and the responses to a document sent to directors in July 2002) on the future programme and budget of the BIPM. The outcome was that the CIPM decided to make some changes to the programme of the work of the BIPM, so as to face up to an expected shortfall of income and at the same time to respond to changing needs in metrology. The following is a summary of the discussion and the conclusions.

According to the rules of the CGPM, the official Convocation containing the elements of the agenda, including particularly the CIPM proposals for the dotation for the next four-year period, must be sent to Member Governments at least nine months before the opening of the Conference. For the 22nd CGPM that opens on 13 October 2003, the deadline for receipt of this document is thus early in January 2003. In fact, the Convocation is always sent out by the end of December.

Introduction

Members of the CIPM and directors of NMIs had been informed that an increase in 2005 of 1.1 million euros (some 12 % of the 2004 dotation) would be needed to maintain all of the BIPM current activities and that an increase of 1.9 million euros (some 20 % of the dotation) would be needed to maintain the current programme and embark upon extensions into organic chemistry, bioanalysis and medicine.

The first reactions from some Member States to these proposals indicated it was extremely unlikely that the 22nd CGPM would agree to vote a step increase in budget for the year 2005 of more than about half of even the 1.1 million euros needed to maintain the current activities, plus a small amount for inflation for that and the succeeding years. We were informed that if, at the time of the Conference, a proposal were made for an increase much greater than this, it would be likely to be vetoed.*

The difference between these indications and what was requested was sufficiently large that the bureau recommended to the CIPM that it take strategic decisions at its meeting in October 2002 on how to deal with this and that these not be left until after the CGPM in 2003.

---

* The formal procedure for adopting the dotation at a General Conference requires it to be adopted with no votes against. Abstentions are allowed but if there is a single vote against, it fails. The consequence of a failed dotation Resolution is that the dotation voted by the preceding General Conference remains unchanged. This is because the successive Resolutions on the dotation simply modify the previous one. Thus, if the proposed modification fails the dotation for the last year of the previous *quadrennium* continues until such time as agreement to change it is reached.

For the purposes of making concrete proposals for the programme of work and budget, the following starting hypothesis was taken: that there will be a 5 % (0.45 million euros) step increase in dotation on 1 January 2005 plus an increase for inflation of 1.5 % in this and the subsequent three years of the *quadrennium* 2005 to 2008.

Broad strategic options

Since the 21st CGPM in 1999, the BIPM has been pressed to undertake, and has undertaken, considerably more activities than were envisaged at the time. The role of the BIPM in coordinating international activities in metrology, relations with other organizations as well as the work stemming from the implementation of the MRA have all been much greater than foreseen. The response of the BIPM has been widely welcomed by NMIs and it is clear that all of this must continue.

On the basis of the hypothesis stated above, significant reductions in the current BIPM programme will, however, have to be made.

In deciding how to proceed, the CIPM took a number of considerations into account:

1. The needs of NMIs in respect of the services supplied by the BIPM as set out in the responses to the second questionnaire to directors; these include all the coordination and international relations activities as well as the KCDB, JCRB and the scientific and technical work in the laboratories that provide calibration and other services to NMIs and the scientific base of the BIPM.
2. There are no across-the-board economies that would have a significant effect.
3. The magnitude of the savings that need to be made is such that one of the large scientific sections will have to be closed.
4. In deciding which of the large sections must be closed, there are strategic decisions that must be taken regarding what should remain as the base for the future core programme of work.
5. The consequences of the changes with respect to the staff of the BIPM.

Much of the thrust of the Report on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM,* adopted by the CIPM in 2002 and shortly to be published, relates to the emerging needs for international metrological activity in chemistry, biotechnology and medicine. Contacts we have had with NMIs all over the world confirm this view. It was the opinion of the Committee that while it is clear that a large activity at the BIPM in these fields is for the present not possible, it is essential to have a minimum of two high-level specialists in these fields. If we do not do this, we shall not be present in any of the international forums and we shall not even know how to respond to requests for information to meet the most urgent needs. Even if, as has been suggested by some directors, BIPM activities in these areas can be mainly supported by staff seconded from some NMIs, it will still be necessary to have a minimum of in-house expertise to provide continuity, without which such a programme could not work.

While it is not yet clear how the BIPM will in due course become involved, at the first meeting of a working group of the new Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) there was already a call to set up an infrastructure to supply reliable data for an eventual database to hold lists of reference materials and reference methods that will be drawn up by the JCTLM. The BIPM provides the secretariat for this new Joint Committee.

It is widely recognized that the success the BIPM as an intergovernmental organization has had up to now in its international work of coordination rests on its scientific credentials. This was also a clear outcome of the outside consultations made by KPMG. Without a scientific base, it would not be possible to attract high-level specialists, in any field, to come to the BIPM. If it were simply an office it is unlikely that any of the present senior scientific staff would be here. The short experience we have in chemistry indicates that having a specialist on the staff has been an essential support to our coordination work.

Therefore, if the BIPM does not enter in some way into the fields of organic chemistry, bioanalysis and medicine, it is difficult to see how it can play the pivotal role in these new fields of metrology that the recent KPMG study indicated it has in physical metrology. This role is highly valued not only by directors of NMIs but by an increasing number of organizations outside the direct field of metrology but having interests closely related to metrology.

The first important decision made by the CIPM was that it is essential to embark on a minimum laboratory programme in the new areas in order to secure the future of the BIPM and to meet the clearly stated requirements of NMIs.

In order to take the decisions necessary to re-orientate the BIPM so that it enters, at least, to a minimum extent into these new fields, it was necessary to have a clear view of the short- and medium-term priorities in respect of each of the current programmes of the BIPM. This was because the new work must be at the expense of some of the existing programme. A high priority in making these decisions was also the importance of making the best use of the highly qualified and motivated staff of the BIPM.

Priorities in the present programme

It is clear that the BIPM is an essential component of the international metrological infrastructure. Its presence in international activities representing the interests of NMIs, its role in coordinating international metrology, its contacts with other international organizations directly and through Joint Committees, its support to Consultative Committees and RMOs as well as its key role in the implementation of the CIPM MRA through the KCDB and the JCRB, are all activities having the highest priority. That these activities be maintained and developed is in no way contentious and to do this there must be a sound scientific base.

Within the scientific and technical programme there are, however, various levels of priority. These are:

Top priority: The mass and time-scale programmes

These are the central core of the BIPM scientific activities: for the mass work we have a specific mandate in the Metre Convention and for time scales we have a specific mandate through successive CGPM Resolutions. The content of the mass and time programmes are continually under review, but while small economies can be foreseen in the time work resulting from increasing use of automation, it is the view of the CIPM that the mass programme should expand to include a watt balance project. This is because a requirement for any future definition of the unit of mass based on atomic or fundamental constants is a long-term commitment to monitoring the mass of present artefact, the International Prototype. The BIPM is uniquely positioned and capable of making such a commitment.

Second priority: Ionizing radiation and chemistry

The ionizing radiation programme at the BIPM provides the principal reference for most national dosimetry and radioactivity comparisons and provides the link to the SI for the extensive network of Secondary Standards Dosimetry Laboratories run by the IAEA. No economies can be foreseen as the present activities are at the lower limit of viability. The present small chemistry programme is the first step into the new fields discussed above and must have a high priority.

Third priority: The electricity, the laser and gravimetry programmes

The electricity and laser programmes each have particular significance.

The electricity programme would be an essential contributor to any watt balance project at the BIPM. It also holds the only high-accuracy travelling standards of the Josephson volt and the quantum-Hall resistance. Both of these are unique and currently provide the only means to check the consistency of NMI standards at the highest level of accuracy. Such a capability is essential (either at the BIPM or elsewhere) for the foreseeable future. There are also proposals, in collaboration with the NML CSIRO (Australia), to build a new calculable capacitor to be installed at the BIPM to provide one of the few long-term world references in this field. Several NMIs have expressed interest in participating in this project. Note also that half of all the calibration certificates issued by the BIPM are for electrical standards serving nearly half of all the Member States of the Metre Convention. Some capability in electrical measurements is part of the essential core competence of the BIPM.

In the case of the laser programme, the new programme is centred on femtosecond comb technology. With the development of this new technology, the thirty-year programme of laser comparisons of 633 nm He-Ne lasers using the BIPM lasers as reference has come to an end. This also provides a natural break point for other visible and infrared laser comparisons. The femtosecond comb work is at the frontiers of science and is in preparation for a possible future BIPM role in comparing optical frequency standards at a level of accuracy beyond that feasible by satellite techniques. The short and medium-term aim of the new BIPM programme in this field is thus to prepare for optical frequency comparisons, to validate the performance of frequency combs and meanwhile to provide a service of frequency measurement for the 633 nm standards of the smaller NMIs.

The gravimetry programme is very small but is highly valued and increasingly seen as essential by the geophysics community at whose request we recently established a formal working group. A new request has arrived asking for further support from the metrology community to help improve links between all aspects of geophysics and the SI. The long-standing series of comparisons of absolute gravimeters at the BIPM is strongly supported by the International Union of Geophysics and Geodesy. The gravimetry work at the BIPM will contribute to a watt balance project.

Fourth priority

In the fourth priority we place the photometry and radiometry programme and the small activity in nanometrology. In the case of the photometry and radiometry programme the arguments for work at the BIPM are less compelling than for the other programmes mentioned above. This is because with the almost universal adoption by NMIs of the cryogenic radiometer as the reference for radiometric and photometric standards, the former role of the BIPM in maintaining

the mean world lumen and candela on a set of incandescent lamps has disappeared. Furthermore, there are no BIPM travelling standards that are essential to compare cryogenic radiometers. It is clear, however, that maintenance of the lumen and the candela at the BIPM enable the BIPM to continue its long-standing calibration service that is highly appreciated by many smaller NMIs. However, it should be noted that the present complement of three professionals but no technical staff is not sufficient for the current programme.

The nanometrology programme provides a small but useful support to the work in this field of the CCL but cannot be considered to have high priority at the BIPM as CCL work in this area is still relatively limited.

Core competences

Underpinning all of the above, there are a certain number of core competences that should be preserved at the BIPM. These include a basic knowledge of electrical measurements, optics and interferometry, pressure and temperature measurements as well as electronics, mechanical design and a mechanical workshop to build experimental apparatus.

Programme decisions

The CIPM considered these priorities and made the following decisions:

1. A maximum of two new staff will be recruited for organic chemistry and a small laboratory programme started during the period 2004 to 2006.
2. A watt balance project will be started and a calculable capacitor project will be pursued in collaboration with the NML CSIRO.
3. The staff of the KCDB will be re-enforced and provision made for a permanent secretariat for the JCRB.
4. The photometry and radiometry programme will be terminated in 2004. The three professional staff will be transferred to the Electricity section and when the present three professional staff of the Electricity section retire within the next few years, will become the core of the Electricity section. The calibration service of incandescent lamps will, therefore, cease but attempts will be made to arrange calibrations for the BIPM's former clients with some NMIs in their local RMOs. (Note: On average a total of about twenty-five lamps are calibrated each year.)
5. The work in the Length section will be focused solely on the femtosecond laser project and it will continue only until 2006 when it will be closed. Longer-term continuation of the present programme would continue to require heavy investment in both equipment and high-level scientific staff and under the present circumstances this is beyond our resources. The existing four permanent staff of the section will progressively be re-deployed to other areas of work at the BIPM.

Staff

The Committee expects the changes outlined above to be achieved without any forced staff redundancies by taking advantage of retirements, internal transfers from areas being reduced or closed and the completion of all the short-term Research Fellow appointments.

The present staff (October 2002) comprises 71 permanent employees plus six Research Fellows. It is planned to reduce this by 2008 to 67 permanent staff and no Research Fellows. Note that

staff numbers fluctuate year on year as a result of retirements and overlapping recruitments, and in 2003 there will be up to 75 permanent staff but only five Research Fellows.

However, visiting scientists are essential for the scientific programme of the BIPM. They also are needed to provide additional scientific support so that heads of sections can be more visible in RMO technical meetings; an activity we recognize to be of high priority and one that should be increased. The CIPM asks the NMIs to be ready to send suitable people on secondment, at their expense, to the BIPM for periods of one or two years so as to maintain a constant presence of four or five Research Fellows. This is specifically mentioned in the Draft Resolution on the dotation.

Additional funding

The absence of any additional capital funding for new or updating major equipment or basic infrastructure, over and above the annual dotation voted at successive CGPMs, distinguishes the BIPM from many NMIs. In the current period of low price inflation, there is no longer the possibility of making savings from the annual budget for these purposes. Such savings of a few percent of the dotation per year had been possible during the 1970 and 1980s when the increases voted by successive general Conferences turned out to be a little larger than price increases in France that actually occurred. In view of the impossibility of making significant savings from annual budget, the CIPM considered asking Member States at the 22nd CGPM to make a single lump-sum contribution for restructuring during the next four-year period. The sum envisaged would have been about 1 million euros, sufficient to cover updating laboratory air conditioning, refurbishment of laboratories, and major renovation of the roofs of the two seventeenth century buildings of the site, the Pavillon de Breteuil and Petit Pavillon. In the end, however, no such request for a single lump sum is being made because it was thought that the chances of success were too remote. These additional costs are, therefore, absorbed into the CIPM's proposed increase in the dotation. The possibility of an additional contribution to the BIPM pension fund was also discussed but not proceeded with.

While considering the consequences of a future shortfall in income from existing Member States and Associates, we must not forget the possibility of a small increase in income from increased membership of the Metre Convention or from other sources and this must be explored.

Liste des sigles utilisés dans le présent volume
List of acronyms used in the present volume

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences*
Acronyms for laboratories, committees and conferences

ACQHR	CCEM Working Group on ac Measurements of the Quantum Hall Resistance
AHWGV	*Ad Hoc* Working Group on Viscosity
AIEA/IAEA	Agence internationale de l'énergie atomique/International Atomic Energy Agency
AIST	Agency of Industrial Science and Technology, Tokyo et Tsukuba (Japon)
AMA/WADA	Agence mondiale antidopage/World Anti-Doping Agency
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
AQSIQ	Bureau d'État de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine, Beijing (Chine)
ASTM	American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA (États-Unis)
BelGIM	Institut national de métrologie bélarussien, Minsk (Bélarus)
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne (Autriche)
BIML	Bureau international de métrologie légale
BIPM	Bureau international des poids et mesures/International Bureau of Weights and Measures
BmwA	Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Vienne (Autriche)
BNM	Bureau national de métrologie, Paris (France)
BNM-SYRTE	Bureau national de métrologie, Systèmes de Référence Temps Espace, Observatoire de Paris (France)
BRML	Bureau roumain de la métrologie légale, Bucarest (Roumanie)
CARICOM	Carribean Community
CARIMET	Coopération métrologique des Caraïbes/Caribbean Institute of Metrology
CC	Comité consultatif du CIPM/Consultative Committee of the CIPM
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations/Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme/ Consultative Committee for Electricity and Magnetism
CCL	Comité consultatif des longueurs/Consultative Committee for Length
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées/Consultative Committee for Mass and Related Quantities
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie/ Consultative Committee for Photometry and Radiometry
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : Métrologie en chimie/ Consultative Committee for Amount of Substance : Metrology in chemistry

* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle./Organizations marked with an asterisk either no longer exist or operate under a different acronym.

CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants/Consultative Committee for Ionizing Radiation
CCT	Comité consultatif de thermométrie/Consultative Committee for Thermometry
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences/Consultative Committee for Time and Frequency
CCU	Comité consultatif des unités/Consultative Committee for Units
CEI/IEC	Commission électrotechnique internationale/International Electrotechnical Commission
CEM	Centro Español de Metrología, Madrid (Espagne)
CENAM	Centro Nacional de Metrología, Mexico (Mexique)
CGPM	Conférence générale des poids et mesures/General Conference on Weights and Measures
CIE	Commission internationale de l'éclairage/International Commission on Illumination
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medio-ambientales y Tecnológicas, Madrid (Espagne)
CIML	Comité international de métrologie légale
CIPM	Comité international des poids et mesures/International Committee for Weights and Measures
CITAC	Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry
CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute, Prague et Brno (Rép. tchèque)
CMS/ITRI	Centre for Measurement Standards of the Industrial Technology Research Institute, Hsinchu (Taiwan)
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie)
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius Commission : Commission créée par la FAO et l'OMS	
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale/ Cooperation in Metrology among the Central European Countries
CPEM	Conference on Precision Electromagnetic Measurements
CSIR-NML	Council for Scientific and Industrial Research, National Metrology Laboratory, Pretoria (Afrique du Sud)
DCSMS	State Enterprise "Transcarpathian Regional Standardization, Metrology and Certification Center", Uzhgorod (Ukraine)
DFM	Danish Institute of Fundamental Metrology, Lyngby (Danemark)
ENEA	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Rome (Italie)
ENEA-INMRI	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, Rome (Italie)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture/Food and Agricultural Organization of the United Nations
GAW	*voir* OMM-WMO/GAW
GT-RF	Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences du CCEM/ CCEM Working Group on Radiofrequency Quantities
GUM	Glówny Urzad Miar/Central Office of Measures, Varsovie (Pologne)
HUT	Helsinki University of Technology, Helsinki (Finlande)
IAEA*	*voir* AIEA
IAF	International Accreditation Forum

IATA	International Air Transport Association
IAU*	*voir* UAI
ICAG	International Comparison of Absolute Gravimeters
IEC*	*voir* CEI
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie)
IERS	Service international de la rotation terrestre/International Earth Rotation Service
IFCC	Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire/ International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGS	International GPS Service for Geodynamics
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
ILP	Institute of Laser Physics, Académie des sciences de Russie, Novosibirsk et Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
IMGC	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin (Italie)
IMGC-CNR	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalizaçao e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro (Brésil)
INPL	National Physical Laboratory of Israel, Jérusalem (Israël)
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires (Argentine)
IOPP	Institute of Physics Publishing, Londres (Royaume-Uni)
IPQ	Instituto Português da Qualidade, Lisbonne (Portugal)
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission
ISO	Organisation internationale de normalisation/International Organization for Standardization
ISO CASCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour l'évaluation de la conformité/International Organization for Standardization, Committee on Conformity Assessment
ISO REMCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les matériaux de référence/International Organization for Standardization, Committee on Reference Materials
ITU*	*voir* UIT
IUGG*	*voir* UGGI
IUPAC*	*voir* UICPA
IUPAP*	*voir* UIPPA
JACR	Japanese Association of Cardiac Rehabilitation, Tokyo (Japon)
JCDCMAS	Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation/Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie/Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM/ Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire/Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine
JV	Justervesenet, Oslo (Norvège)

KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon (Rép. de Corée)
LAMA	Laboratoire de Mathématiques du CNRS, Le Bourget (France)
LGC	Laboratory of the Government Chemist, Teddington (Royaume-Uni)
LNE	Bureau national de métrologie et d'essais, Paris (France)
LNMC	Latvijas Nacionâlais Metroloìijas Centrs, Riga (Lettonie)
MAA	Arrangement mutuel d'acceptation de l'OIML des résultats d'essais d'approbation type/OIML Mutual Acceptance Arrangement for the recognition of type-approval test results
MePWG	Groupe de travail du CCL sur la mise en pratique/CCL Working Group on the *Mise en Pratique*
METAS	Office fédéral de métrologie et d'accréditation, Wabern (Suisse)
METI	Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, Tokyo (Japon)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation, Helsinki (Finlande)
MIRS	Institut de métrologie de la République de Slovénie, Ljubljana (Slovénie)
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA (États-Unis)
MoU	Protocole d'accord/Memorandum of Understanding
MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM/CIPM Mutual Recognition Arrangement
MSL	Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande)
NAB	National Accreditation Body
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NCM	National Centre of Metrology, Sofia (Bulgarie)
NCSL	International Conference of Standards Laboratories
NIM	National Institute of Metrology, Beijing (Chine)
NIMT	National Institute of Metrology of Thailand, Bangkok (Thaïlande)
NIS	National Institute for Standards, Le Caire (Égypte)
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD (États-Unis)
NMi VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NMI	National Metrology Institute
NMIJ/AIST	National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba (Japon)
NML CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie)
NML	*voir* CSIR
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NPLI	National Physical Laboratory of India, New Delhi (Inde)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
NRC-IENM/ -INMS	Conseil national de recherches du Canada, Institut des étalons nationaux de mesure/National Research Council of Canada, Institute for National Measurement Standards, Ottawa (Canada)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OMC/WTO	Organisation mondiale du Commerce/World Trade Organization
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie)
OMM/GAW	Organisation météorologique mondiale, Programme de la veille de l'atmosphère globale/World Meteorological Organization, Global Atmosphere Watch programme
OMM/WMO	Organisation météorologique mondiale/World Meteorological Organization

OMS/WHO	Organisation mondiale de la santé/World Health Organization
ORB	Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles (Belgique)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
RCMAM	Groupe de travail de l'UAI sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et dans le domaine de la métrologie/ IAU Working Group on Relativity for Celestial Mechanics, Astrometry and for Metrology
REGMET	Project for Improving Dialogue between EU Regulatory Bodies and National Measurement Institutes
RMO	Regional Metrology Organization
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SAMTS	State Agency for Metrology and Technical Surveillance, Sofia (Bulgarie)
SCL	Standards and Calibration Laboratory (Hong Kong)
SIM	Système interaméricain de métrologie/Sistema Interamericano de Metrología
SIRIM	Standards and Industrial Research Institute, Shah Alam (Malaisie)
SIS	Swedish Standards Institute, Stockholm (Suède)
SLM	Slovak Legal Metrology, Banská Bystrica (Slovaquie)
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology, Bratislava (Slovaquie)
SP	SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède)
SPIE	International Society for Optical Engineering
SPRING	Standards, Productivity and Innovation Board, Singapour (Singapour)
SSDL	Laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA/Secondary Standards Dosimetry Laboratories of the IAEA, *voir* AIEA
SYRTE*	Systèmes de Référence Temps Espace, *voir* BNM
TUD	Technical University of Denmark, Lyngby (Danemark)
UAI/IAU	Union astronomique internationale/International Astronomical Union
UGGI/IUGG	Union géodésique et géophysique internationale/International Union of Geodesy and Geophysics
UICPA/IUPAC	Union internationale de chimie pure et appliquée/International Union of Pure and Applied Chemistry
UIT/ITU	Union internationale des radiocommunications/International Telecommunication Union
UME	Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute, Marmara Research Centre, Gebze-Kocaeli (Turquie)
UN	Nations unies/United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNMS SR	Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky/Slovak Office of Standards, Metrology and Testing, Bratislava (Slovaquie)
URSI	Union radioscientifique internationale/International Union of Radio Science
USNO	U.S. Naval Observatory, Washington DC (États-Unis)
VNIIFTRI	All-Russian Research Institute for Physical, Technical and Radiophysical Measurements, Gosstandart of Russia, Moscou (Féd. de Russie)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev/D.I. Mendeleev Institute for Metrology, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)

VNIIMS	Russian Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia, Moscou (Féd. de Russie)
VNIIOFI	Institut des mesures en optique physique, Gosstandart de Russie, Moscou (Féd. de Russie)
VSL*	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), *voir* NMi
VTT	Centre for Metrology and Accreditation, Technical Research Centre of Finland, Espoo (Finlande)
WADA	*voir* AMA
WGDM	Groupe de travail du CCL sur la métrologie dimensionnelle/CCL Working Group on Dimensional Metrology
WGKC	Working Group on Key Comparisons
WGLF	CCEM Working Group on Low-Frequency Quantities
WHO*	*voir* OMS
WMO*	*voir* OMM
WTO*	*voir* OMC
WTO/TBT	Organisation mondiale du commerce, Comité sur les obstacles techniques au commerce/World Trade Organization, Technical Barriers to Trade Committee
ZMDM	Bureau des mesures et métaux précieux/Bureau of Measures and Precious Metals, Belgrade (Serbie-et-Monténégro)

2 Sigles des termes scientifiques
Acronyms for scientific terms

ACES	Atomic Clock Ensemble in Space
ADN/DNA	Acide désoxyribonucléique/Deoxyribonucleic acid
ARN/RNA	Acide ribonucléique/Ribonucleic acid
AUV	Acoustics, Ultrasound and Vibration
CMC	Possibilités en matière de mesures et d'étalonnages/Calibration and Measurement Capabilities
CMM	Machine à mesurer les coordonnées/Coordinate Measuring Machine
COUNT	Projet de recherche de l'Union Européenne en électricité/Research project supported by the European Commission "Counting Electrons One by One: Measurement of Very Small Electrical Currents"
CRM	Certified Reference Material
DNA	*voir* ADN
EIPT-48/ IPTS-48	Échelle internationale pratique de température de 1948/International Practical Temperature Scale of 1948
EIT-68/ITS-68	Échelle internationale de température de 1968/International Temperature Scale of 1968
EIT-90/ITS-90	Échelle internationale de température de 1990/International Temperature Scale of 1990
EPBT-2000/ PLTS-2000	Échelle pratique de température de 1990/International Temperature Scale of 2000
EPT-76	Échelle pratique de température de 1976/Practical Temperature Scale of 1976
FTIR	Fourier Transform Infrared Technique
GDP	Gross Domestic Product
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMO	*voir* OGM
GPS	Global Positioning System

GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure/Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IPTS-48	*voir* EIPT-48
ISQ	Système international de grandeurs/International System of Quantities
ITS-68	*voir* EIT-68
ITS-90	*voir* EIT-90
IVD	Diagnostic *in vitro*/*In Vitro* Diagnostic
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/ BIPM Key Comparison Database
KCRV	Valeur de référence de la comparaison clé/Key Comparison Reference Value
NMR	Résonance magnétique nucléaire/Nuclear Magnetic Resonance
OGM/GMO	Organisme génétiquement modifié/Genetically Modified Organism
PHARAO	Projet d'horloge atomique à refroissement d'atomes en orbite
PLTS-2000	*voir* EPTB 2000
QHR	Résistance de Hall quantifiée/Quantum Hall Resistance
RNA	*voir* ARN
SET	Effet tunnel monoélectronique/Single Electron Tunnelling
SI	Système international d'unités/International System of Units
SIR	Système international de référence/International Reference System
SMOW	Standard Mean Ocean Water
SPRT	Thermomètre à résistance de platine étalon/Standard Platinum Resistance Thermometer
TAI	Temps atomique international/International Atomic Time
TWSTFT	Comparaison de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite/Two-way Satellite Time and Frequency Transfer
UTC	Temps universel coordonné/Coordinated Universal Time
UV	Ultraviolet
VIM	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie/International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology
VUV	Ultraviolet dans le vide/Vacuum Ultraviolet

STEDI MEDIA
1, Boulevard Ney, 75018 Paris
Dépôt légal, n° 8731
ISBN 92-822-2209-8
ISSN 1016-5893
Achevé d'imprimer : décembre 2005
Imprimé en France