

Comité international des poids et mesures

**Évolution des besoins
dans le domaine de la métrologie
pour le commerce,
l'industrie et la société
et le rôle du BIPM**

**Evolving Needs for Metrology
in Trade, Industry and Society
and the Role of the BIPM**



2007

Bureau international
des poids et mesures

Organisation intergouvernementale
de la Convention du Mètre

**Évolution des besoins
dans le domaine de la métrologie
pour le commerce, l'industrie et la société
et le rôle du BIPM**

English version

**Evolving Needs for Metrology
in Trade, Industry and Society
and the Role of the BIPM**

**Bureau international
des poids et mesures**

**Évolution des besoins
dans le domaine de la métrologie
pour le commerce, l'industrie et la société
et le rôle du BIPM**

2007

**Organisation intergouvernementale
de la Convention du Mètre**

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 79)

Afin de mieux faire connaître ses travaux, le Comité international des poids et mesures publie une version en anglais de ses rapports.

Le lecteur doit cependant noter que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. C'est le texte français qui fait autorité si une référence est nécessaire ou s'il y a doute sur l'interprétation.

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

Sommaire

Avant-propos	7
Résumé	8
1 Introduction	14
1.1 Le rapport du CIPM de 2003 et la 22 ^e Conférence générale en 2003	14
1.2 Le nouveau rapport de 2007	14
2 Compétitivité et innovation durables	16
2.1 Une demande croissante pour des résultats de mesure fiables et comparables	16
2.2 Infrastructure métrologique reconnue à l'échelle internationale et dépendance des pays en voie de développement	17
2.3 Métrologie et évaluation de la conformité	18
2.4 Obstacles techniques au commerce et mesures sanitaires et phytosanitaires	19
3 Besoin d'étalons de mesure et de méthodes innovants	19
3.1 Nouvelle définition des unités de base	20
3.2 Des nouvelles mesures et plus de précision	21
3.3 Nanométrie	22
3.4 Étalons de mesure des propriétés des matériaux	23
3.5 Besoin urgent de résultats de mesure comparables et traçables en chimie	24
3.6 Étalons de mesure et procédures dans le domaine de la biotechnologie et de la microbiologie	24
3.7 Matériaux de référence certifiés	25
3.8 Informatique	26
4 Besoins et développements spécifiques et impact sur le commerce et la société	27
4.1 Secteur des transports	28
4.2 Secteur de l'informatique, de la navigation et des télécommunications	28
4.3 Électronique et secteur optique	28
4.4 Électromagnétisme et secteur des rayonnements ionisants	29
4.5 Secteur de l'énergie	30
4.6 Modification du climat, contrôle de la pollution et de l'environnement et Organisation météorologique mondiale (OMM)	30
4.7 Chimie clinique, médecine de laboratoire et Organisation mondiale de la santé (OMS)	31
4.8 Sécurité alimentaire et Commission du Codex Alimentarius	32
4.9 Lutte contre le dopage et Agence mondiale antidopage (AMA)	32
4.10 Pharmaceutique et Pharmacopeia	33

4.11	Science médico-légale et sécurité	33
5	Réglementations, métrologie, accréditation et normalisation	34
5.1	Réglementations	34
5.2	Métrologie légale et Organisation internationale de métrologie légale (OIML)	35
5.3	Métrologie, accréditation et normalisation	35
5.4	Organisations intergouvernementales et autres organismes internationaux	36
5.5	Coopération métrologique au niveau mondial, régional et national	37
6	Le BIPM	37
6.1	Le rôle du BIPM	38
6.2	Les comités communs	40
6.3	Développements récents au sein du BIPM	41
6.4	Programme de travail et dotation du BIPM	43
7	Conclusions et recommandations du CIPM	45
7.1	Conclusions et recommandations générales	45
7.2	Priorités pour le BIPM	47
7.3	Recommandations aux laboratoires nationaux de métrologie	48
7.4	Recommandations aux États membres	48
 Annexes		
Annexe 1	Infrastructure nationale et internationale de la métrologie	49
1	Les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie	49
2	La Convention du Mètre	51
Annexe 2	L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM	58
Annexe 3	Résultats et conclusions des questionnaires adressés aux directeurs et autres décideurs	60
Annexe 4	L'ouverture aux États et entités économiques en voie de développement ; les Associés à la Conférence générale	64
Annexe 5	Résolution 5 de la 22^e Conférence générale	65
Annexe 6	Considérations et décisions du CIPM en relation avec le programme de travail à venir du BIPM, formulées lors de sa réunion d'octobre 2006	66
 Liste des sigles utilisés dans le présent volume		
73		
 Bibliographie		
75		

Avant-propos

En octobre 1999, la 21^e Conférence générale des poids et mesures (CGPM) a approuvé le rapport préparé par le Comité international des poids et mesures (CIPM) en 1998 sur les besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie et les décisions du Comité international fondées sur ce rapport. Ce rapport présentait brièvement les besoins nationaux et internationaux à long terme dans le domaine de la métrologie, les collaborations internationales et le rôle unique joué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM), ainsi que les ressources financières et autres engagements sur le long terme demandés aux États membres.

Le besoin de se fonder sur un système de métrologie international crédible et transparent s'étant fait ressentir beaucoup plus rapidement que prévu, en raison du nombre croissant d'applications y ayant recours, une mise à jour du rapport de 1998 a été présentée à la 22^e Conférence générale en 2003.

Au cours des quatre dernières années, il a été démontré qu'il existe une demande croissante en matière de résultats de mesures fiables, reconnus et comparables sur le plan international ainsi qu'en termes de traçabilité par rapport à des étalons de mesure stables sur le long terme. Le Comité international est ainsi honoré de remettre un rapport mis à jour sur *l'Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* aux Gouvernements des États membres.

Pendant la préparation de ce rapport 2007, un questionnaire relatif aux développements et besoins dans le domaine de la métrologie en chimie a été envoyé aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, ainsi qu'aux décideurs intervenant dans ce domaine. Parallèlement, les Comités consultatifs du CIPM ont été amenés à exprimer leur opinion sur les domaines de la métrologie dont l'évolution est la plus rapide et sur ceux qui doivent faire l'objet de l'attention des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés ainsi que du BIPM dans les plus brefs délais.

Ce rapport 2007 a par ailleurs été étayé par diverses études des différentes politiques gouvernementales et industrielles en matière de compétitivité et d'innovation durables, de développements scientifiques et technologiques, et de mesures liées à la qualité de vie. Il prend aussi en compte diverses études sur le commerce et l'impact économique et social de la métrologie, réalisées par, ou au nom, des laboratoires nationaux de métrologie, services gouvernementaux et autres organisations intergouvernementales ou organismes internationaux.

Le projet de rapport 2007 a été discuté avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie au cours de la réunion au BIPM à Sèvres en octobre 2006.

Ce rapport a finalement été approuvé par le Comité international en octobre 2006.

Au nom du Comité international, nous exprimons notre gratitude à tous ceux qui nous ont consacré leur temps et leurs conseils d'experts pour nous aider à la préparation de ce rapport.

E.O. Göbel

Président du CIPM

juin 2007

R. Kaarls

Secrétaire du CIPM

Résumé

Le besoin de mesures et de résultats fiables, exacts et comparables ne cesse de croître dans la production industrielle, le commerce et la société, dans des domaines tels que la sécurité alimentaire, les soins, les études environnementales, la science médico-légale et la sécurité.

La Convention du Mètre a établi les bases d'un système de mesure international, assurant la fiabilité, la traçabilité et l'équivalence des mesures sur le long terme.

Des besoins accrus et un nombre croissant de partenaires intéressés

- La mondialisation croissante de la production industrielle, de la prestation de services et du commerce et des voyages internationaux requiert la minimisation des obstacles techniques à la mise en place de relations commerciales et l'établissement d'accords internationaux, réglementations nationales et normes reconnues. La mise en place d'un système de mesure et d'équivalence de mesures fiable en constitue le point de départ. C'est pourquoi de plus en plus d'organisations nationales et internationales tendent à exprimer un intérêt grandissant pour la qualité et la crédibilité des mesures et des essais. Nous avons ainsi pu observer une coopération accrue entre le BIPM, les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux. Parmi elles : l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) par le biais de la Commission du Codex Alimentarius, l'Agence mondiale antidopage (AMA), les associations internationales d'instituts de science médico-légale et Pharmacopeia.
- Un nombre croissant de réglementations, par exemple dans les domaines de la sécurité et de l'étiquetage alimentaires, des soins de santé et de l'environnement, requièrent une certaine traçabilité des mesures et l'établissement d'incertitudes de mesure fiables.
- Les associations industrielles au niveau international expriment de plus en plus d'intérêt pour une comparabilité et une précision accrues des mesures. Citons en exemple les associations européenne, américaine et japonaise dans le domaine des diagnostics *in vitro*, l'association internationale de test des semences et l'association des industries alimentaires productrices d'organismes génétiquement modifiés.
- Une coopération entre les différentes organisations est essentielle à l'atteinte des objectifs visés de la manière la plus efficace possible. Le BIPM a ainsi renforcé ses relations avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et ses partenaires du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM).

La métrologie dans les pays en voie de développement

- La reconnaissance et l'acceptation à l'échelle internationale des mesures et résultats des essais effectués au sein d'un État ne sont assurées qu'en présence d'une infrastructure métrologique reconnue au niveau mondial. La non-acceptation de ces mesures et résultats constitue un obstacle indubitable au commerce.

- Les laboratoires nationaux de métrologie des pays développés, les organisations régionales de métrologie et le BIPM œuvrent au développement d'infrastructures métrologiques internationalement reconnues par le biais de séminaires de sensibilisation, de sessions de formation scientifique et technique, et de la communication d'informations primordiales.
- Afin de faciliter la participation des pays en voie de développement aux travaux effectués dans le cadre de la Convention du Mètre, la 21^e Conférence générale de 1999 a permis aux pays et entités économiques en voie de développement de devenir Associés à la Conférence générale. Leur nombre s'élève à ce jour à 22 et est amené à augmenter dans un futur proche.
- La coopération avec l'OIML, l'ILAC, l'International Accreditation Forum (IAF), l'ISO, la Commission électrotechnique internationale (CEI), l'Union internationale des télécommunications (UIT), l'United Nations Development Organization (UNIDO) et 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) se poursuit.

Amélioration de la qualité des étalons de mesure

- Les développements industriels dans le domaine de l'économie d'énergie par exemple, ainsi que l'émergence de nouvelles sources d'énergie, de la nanotechnologie et de la navigation nécessitent de nouveaux étalons de mesure de référence stables et plus exacts sur le long terme. Les progrès de la physique et de l'ingénierie ont conduit au développement d'étalons de mesure améliorés répondant aux besoins de ces industries, réduisant ainsi les incertitudes. L'innovation, le commerce, la croissance économique et la satisfaction des clients s'en trouvent stimulés.
- Les développements scientifiques et technologiques à venir rendront bientôt possible la redéfinition des unités de base du Système international d'unités (SI) en termes de valeurs fixes pour certaines constantes fondamentales.
- Le besoin de traçabilité des mesures des propriétés des matériaux s'accroît dans de nombreux domaines, notamment en termes de propriétés électromagnétiques, thermoélectriques, thermodynamiques, optiques et mécaniques. De plus, l'intérêt porté aux propriétés structurelles des fluides et des gaz connaît un engouement sans précédent. Le développement de nouveaux matériaux (céramiques, polymères, matériaux renforcés à base de carbone) et leurs applications aux soins de santé, à l'aéronautique et aux industries de l'espace et de la construction constituent la force motrice pour des mesures et une traçabilité améliorées.
- Le besoin de résultats de mesure à la fois traçables, fiables et plus précis dans les domaines de la chimie, de la biotechnologie, de la microbiologie et de l'analyse des surfaces est évident et implique davantage d'activités de recherche et de développement, c'est-à-dire davantage d'investissements. Davantage de matériaux de référence certifiés sont par ailleurs nécessaires, de même que le développement d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnage au sein même des laboratoires nationaux de métrologie afin de répondre aux besoins d'attribution de valeurs aux propriétés chimiques et biochimiques.
- L'application universelle de l'informatique aux mesures, systèmes à distance, réseaux d'ordinateurs et de systèmes utilisateur exige un développement approfondi de systèmes de test adéquats.

- À mesure que de nouveaux domaines d'application sont identifiés et que les « bonnes pratiques » de métrologie sont adoptées, il s'avèrera peut-être nécessaire d'établir des liaisons au niveau national et international avec des organismes experts dans ces nouveaux domaines. Les laboratoires nationaux de métrologie manquent en effet souvent de compétences ou d'expérience dans les domaines concernés et il est fréquent que les responsabilités principales d'un secteur particulier soient du ressort d'une autre organisation.

Besoins spécifiques et impact sur le commerce et la société

- Les secteurs d'innovation prioritaires stimulant une économie durable et améliorant la qualité de vie sont : les transports, l'informatique, la navigation et les télécommunications, l'électronique et l'optique, les rayonnements électromagnétiques et ionisants et l'énergie.
- Les nouvelles sources d'énergie telles que le biodiesel, les combustibles à base d'hydrogène, les énergies fondées sur le recyclage des déchets ou dites alternatives, telles que l'énergie solaire, éolienne et marémotrice, nécessitent de nouvelles technologies de mesure.
- La surveillance des changements climatiques exige l'établissement d'étalons de mesure de référence sur le long terme pour la mesure des températures, des taux de gaz à effet de serre et de la teneur en sel. L'aptitude à mesurer de petites variations à de faibles concentrations, comme dans le cas des mesures de CO₂, de NO_x ou de tout autre composé organique volatil, constitue un défi à part entière.
- Les soins de santé reposent sur des mesures fiables dans tous les domaines, de la garantie d'un diagnostic précis à la thérapie efficace et sécurisée. La coopération efficace existant au sein du JCTLM, pour le développement d'étalons de référence et de méthodes fiables à des fins de diagnostic, est à présent doublée de l'intérêt porté par Pharmacopeia à une collaboration étroite avec le BIPM. De la même manière, l'Agence mondiale antidopage a exprimé le désir de coopérer avec les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre des projets d'études et comparaisons clés conduits sous l'égide des Comités consultatifs du Comité international.
- Les notions de sécurité alimentaire et de composition nutritive étant devenues essentielles au sein de notre société, l'intérêt des autorités de réglementation, laboratoires de test, producteurs alimentaires et exportateurs pour des résultats d'essai et une traçabilité fiables s'est accru. La coopération entre le BIPM et les Comités consultatifs concernés d'une part et la Commission du Codex Alimentarius et les autres décideurs du secteur alimentaire d'autre part, y compris le secteur des organismes génétiquement modifiés, connaît un développement rapide.
- Les développements observés à l'échelle mondiale ont conduit à la création de contacts et d'une certaine coopération avec les instituts de science médicolégale. Des mesures de sécurité renforcées nécessitent l'application de nombreux nouveaux systèmes de mesure. Ces derniers, renfermant les données biométriques, les systèmes à rayonnement ionisant et non-ionisant et les détecteurs de substances chimiques et biologiques, requièrent la mise en place de nouveaux étalons de mesure de référence et de nouvelles méthodes de mesure.

Conformité aux réglementations, exigences d'accréditation et normes

- De nombreuses mesures réalisées par exemple dans les domaines de la sécurité électrique, de la sécurité et de la qualité alimentaires, des mesures de diagnostic dans les soins de santé, l'environnement et le contrôle de la pollution impliquent la conformité à certaines réglementations. Des mesures comparables, fiables et reconnues au niveau mondial, fondées sur une traçabilité renvoyant aux mêmes étalons de mesure de référence, sont essentielles.
- La métrologie légale impose la conformité de certains groupes d'étalons de mesure et d'instruments spécifiques à des critères définis. Une coopération plus étroite entre le BIPM et l'OIML favorisera la traçabilité et la qualité des mesures réalisées par les utilisateurs.
- Les accords d'accréditation des laboratoires d'étalonnage, de mesure et d'essai et des organismes d'inspection sont uniquement recevables lorsque les résultats de mesure et les déclarations d'incertitude des mesures sont comparables et renvoient aux mêmes valeurs de référence. De même, la certification de produits et autres déclarations d'évaluation de la conformité requièrent des mesures traçables, réalisées à l'aide d'instruments de mesure faisant l'objet d'étalonnages réguliers.
- *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* (MRA du CIPM) reconnaît aux laboratoires nationaux de métrologie et aux autres laboratoires désignés la capacité et les compétences de fournir des sources de traçabilité fiables et reconnues. Il permet également aux laboratoires nationaux de métrologie de fournir des informations de base pour l'établissement de résultats d'essai précis et comparables.
- Les arrangements de reconnaissance mutuelle du CIPM et de l'ILAC sont parfaitement complémentaires et constituent le fondement unique et essentiel d'une infrastructure de mesure et d'essai transparente et fiable. Le BIPM et l'ILAC ont entamé une coopération étroite dans le cadre de l'étude visant à améliorer leurs arrangements et à harmoniser la terminologie utilisée pour la publication des aptitudes reconnues des laboratoires participants.
- Dans le respect de la normalisation et de l'évaluation de la conformité, le BIPM entretient une relation étroite avec l'ISO et ses comités respectifs en matière de nomenclature et d'incertitude des mesures. Il est également primordial que les laboratoires nationaux de métrologie coopèrent de près et en temps voulu avec les organismes de normalisation au niveau national.
- L'intérêt de l'Arrangement du CIPM, de l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'OIML et de l'Arrangement de l'ILAC a été porté à l'attention des organismes et institutions nationaux et internationaux par le biais d'une déclaration commune faisant état du bien fondé des divers accords internationaux sur la métrologie liés au commerce, à la législation et à la normalisation, publiée le 23 janvier 2006.

Initiatives nationales requises pour la mise en place d'un système de mesure international

- À l'échelle nationale, les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés sont responsables de la mise en place du système de mesure international dans leur pays respectif. La coopération internationale, sous la forme de projets de recherche communs et

du partage des aptitudes d'étalonnage, doit dès que possible servir à répondre aux vastes besoins liés au grand nombre d'étalons de mesure de référence et aux aptitudes d'étalonnage requis par chaque pays. Ceci permet de réaliser des économies et d'augmenter l'efficacité du système de mesure international.

- Les organisations régionales de métrologie jouent un rôle important dans la promotion de la coopération internationale. Celle-ci constitue une condition *sine qua non* à la production, la caractérisation et la certification des matériaux de référence certifiés en quantité innombrable requis par l'industrie et les laboratoires.
- La crédibilité de l'Arrangement du CIPM dépend directement des activités des organisations régionales de métrologie. Ceci est particulièrement vrai dans le cadre de l'évaluation comparable et transparente à l'échelle mondiale des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, signataires de l'Arrangement du CIPM. Ces Systèmes Qualité sont fondés sur la norme ISO/CEI 17025:2005, et aussi sur le Guide 34 de l'ISO lorsque les matériaux de référence certifiés sont utilisés pour assurer la traçabilité pour les clients.
- Il est primordial que les laboratoires nationaux de métrologie coopèrent étroitement avec les organismes nationaux d'accréditation et de normalisation. Les opinions et voix de ces derniers constituent des éléments clés dans le processus global de décision lié à la modification et à l'acceptation des critères d'accréditation et des normes établies.

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM)

- Le BIPM poursuivra ses activités scientifiques de base de conservation de l'étalon primaire de masse, le prototype international du kilogramme d'une part, et de calcul et de dissémination du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC) d'autre part.
- Son rôle inclut également la coordination et la représentation de la métrologie sur le plan international. Ce dernier doit être élargi et intensifié afin de répondre à la l'évolution exponentielle des besoins mondiaux en termes de comparabilité et de traçabilité des résultats d'essais et d'inclure la quasi-totalité des domaines de mesure et d'essai de la chimie analytique, de la biologie, de la nanotechnologie et des caractéristiques physiques des matériaux à l'origine de cette augmentation considérable d'activité.
- Les développements scientifiques et technologiques attendus dans un futur proche permettront de redéfinir la plupart des unités de base du SI à partir des valeurs fixées de certaines constantes fondamentales de la nature. Ceci conduira au développement de nouveaux équipements au sein du BIPM qui sera alors en charge de conserver et de disséminer l'unité de masse fondée sur une valeur fixée d'une constante fondamentale.
- Les domaines en pleine croissance de la métrologie nécessitent l'établissement de contacts nouveaux ou plus étroits, et de concertations régulières avec un grand nombre d'organisations intergouvernementales, telles que l'AIEA, l'OMS, l'OMM, la FAO et la Commission du Codex Alimentarius, et d'organismes internationaux tels que la CEI, l'IFCC, l'ILAC, l'ISO et l'AMA.
- L'autorité du BIPM dans tous les domaines de la métrologie, telle que reconnue par les autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux, ne peut subsister que si le BIPM emploie du personnel compétent et qualifié en la matière. Ce personnel ne peut par ailleurs être recruté et conservé que si le BIPM continue de fonctionner comme un

laboratoire scientifique actif, chargé de la conservation d'un ensemble cohérent d'aptitudes métrologiques uniques. En plus des activités de conservation et de dissémination de l'étalon primaire de masse et du temps, les laboratoires du BIPM incluent des activités soigneusement sélectionnées dans les domaines de l'électricité, de la gravimétrie, des rayonnements ionisants et de la chimie pour compléter celles effectuées dans les laboratoires nationaux de métrologie.

- Les activités actuelles du BIPM résultent ainsi des décisions prises par le Comité international en 2002 et approuvées par la 22^e Conférence générale en 2003, visant à consacrer le budget disponible aux tâches les plus importantes. La 22^e Conférence générale avait en effet décidé que la charge de travail croissante du BIPM devait être financée à l'aide de contributions discrétionnaires supplémentaires et reconnu que le programme de travail ne pouvait pas être poursuivi à l'avenir sans augmenter davantage sa dotation.
- Ainsi, afin de poursuivre les travaux entrepris par la 22^e Conférence générale et de mettre en oeuvre le programme de travail proposé par le Comité international pour les années 2009 à 2012, la dotation devra être augmentée de 15 % au 1^{er} janvier 2009. Ceci inclut une augmentation réelle de 11 %, les 4 % restant servant à couvrir l'inflation subie par les organisations scientifiques. Une augmentation de 4 % sera par ailleurs imputée à la dotation au 1^{er} janvier des trois années suivantes au titre de cette même inflation.
- Les États membres sont conviés à prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie reçoivent l'aide, financière ou autre, leur permettant de faire face à l'évolution de la métrologie dans le monde.

Conclusion

- Le programme de travail du BIPM est fondé sur les besoins primaires des États et entités économiques œuvrant au développement et à la conservation d'un système de mesure international, fondement même de l'innovation, du commerce, d'une économie durable et d'une qualité de vie améliorée. L'importance des activités du BIPM, telle qu'estimée par la participation croissante aux travaux de nombreuses organisations intergouvernementales et organismes internationaux, suffit à justifier clairement les objectifs et décisions du Comité international, soumis à l'approbation de la Conférence générale.

1 Introduction

1.1 Le rapport du CIPM de 2003 et la 22^e Conférence générale en 2003

Le rapport du CIPM de 2003 sur l'*Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* (1) a succédé au rapport publié par le CIPM en 1998, intitulé *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie* (2), présenté et discuté à la 21^e Conférence générale de 1999.

Le rapport du CIPM de 2003 a été présenté à la 22^e Conférence générale de 2003 en réponse à l'accroissement exponentiel de la demande pour des résultats de mesure précis et traçables dans un nombre croissant d'applications, notamment dans les domaines de la chimie et de la biologie. Ces développements ont forcé les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM à revoir leurs priorités et le type de services proposés à leurs clients. Parallèlement à cela, le succès du MRA du CIPM, établi lors de la 21^e Conférence générale de 1999, a stimulé l'intérêt grandissant de nombreux décideurs au domaine de la métrologie, et par conséquent, aux activités mêmes effectuées sous l'égide de la Convention du Mètre.

En 2002, le Comité international a donc décidé de modifier le programme de travail du BIPM, afin de lui permettre de traiter et de coordonner les besoins à long terme de la métrologie physique, chimique et physico-chimique. Ces modifications portent sur les points suivants : la poursuite du développement de la section chimie, le maintien et le renforcement des sections masse, électricité, temps et rayonnements ionisants, l'arrêt des activités de photométrie et de radiométrie et de la majorité du programme de travail de la section des longueurs, y compris les activités de développement d'un système laser à impulsions femtosecondes. De plus, davantage d'attention a été portée aux liaisons établies par le BIPM avec un nombre croissant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux portant un intérêt à la métrologie. Les fonctions internes de qualité, de sécurité et d'administration ont également été renforcées.

En 2003, la 22^e Conférence générale a approuvé les décisions prises par le Comité international et décidé d'augmenter sa dotation de 3,6 % en 2005 (couvrant 1,6 % d'augmentation réelle et 2 % d'inflation).

Le compte rendu intégral de la 22^e Conférence générale a été publié (3) par le BIPM et est accessible sur le site Web du BIPM (www.bipm.org). Les 12 Résolutions adoptées lors de la Conférence générale sont également consultables en ligne. En outre, la Conférence générale a également approuvé le rôle du BIPM et reconnu ses activités scientifiques, techniques et de coordination.

1.2 Le nouveau rapport de 2007

Il est à présent évident que la mondialisation, la distribution de la fabrication des produits à l'échelle planétaire, l'augmentation du commerce international et les transports de marchandises, d'animaux, de végétation et de voyageurs ont largement contribué à l'importance cruciale d'une métrologie fiable. Celle-ci est également une conséquence directe de la multiplication des réglementations nécessaires à la protection de la société, ainsi qu'à la surveillance et à l'amélioration de notre environnement.

La compétitivité durable, les produits et services innovants et les nouvelles réglementations établies dans tous les domaines créent une demande certaine pour des résultats de mesure et des déclarations d'incertitude traçables. Tout ceci implique des réponses métrologiques. L'importance de la croissance du commerce international œuvrant à la prospérité et au recul de la pauvreté requiert l'élimination des obstacles techniques aux échanges commerciaux. L'atteinte de cet objectif dépend de plus en plus de la mise en place d'une infrastructure métrologique internationalement reconnue au sein de chaque pays. Ces facteurs expliquent en partie l'intérêt grandissant des États pour l'Arrangement du CIPM (4).

Les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, en collaboration avec le BIPM, sont chargés de mettre en place un programme d'évaluation et de définition continues des priorités.

Dans ce but, diverses études ont été conduites pour redéfinir les fondements du système de mesure international. Ceux-ci incluent la capacité du Système international d'unités de rendre possible les comparaisons traçables à l'échelle mondiale au sein de tous les secteurs d'activité et d'intérêt. Il est ainsi possible d'identifier les services à fournir par les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés et le BIPM.

Le Comité international, répondant à la Résolution 5 adoptée par la 22^e Conférence générale en 2003 (voir Annexe 5), est donc heureux de présenter son rapport 2007, mise à jour du rapport 2003.

Ce rapport fournit un bref aperçu des besoins et des développements observés dans le domaine de la métrologie tout en identifiant les secteurs prioritaires. Dans la préparation de ce rapport, le BIPM a soumis un questionnaire à tous les laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'à d'autres laboratoires désignés et organisations internationales, leur demandant comment ils proposaient de répondre aux besoins de développement des domaines de la chimie et de la biotechnologie. L'ensemble des Comités consultatifs du Comité international a également été amené à s'exprimer par rapport au développement et aux besoins de leurs domaines respectifs de compétence. Finalement, le rapport a été discuté avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie.

Le rapport 2007 contient cinq sections principales, figurant dans les chapitres 2 à 6. Après ce chapitre d'introduction, le chapitre 2 présente les besoins croissants de la métrologie internationale, notamment du point de vue de la compétitivité et de l'innovation durables, en faisant plus particulièrement référence aux besoins des pays en voie de développement. Le chapitre 3 présente brièvement les besoins de nouveaux étalons et de nouvelles méthodes de mesure innovants, susceptibles d'améliorer la qualité des mesures effectuées dans le domaine de la physique, de la physico-chimie, de la chimie, de la microbiologie, des nanostructures, des propriétés des matériaux, des matériaux de référence et de l'informatique. Le chapitre 4 comprend une description des besoins des différents secteurs industriels ainsi que des secteurs d'importance majeure en matière de qualité de vie.

Le chapitre 5 décrit l'influence et les conséquences des réglementations dans divers domaines ainsi que leurs conséquences sur la métrologie. Il fait également état des conséquences similaires émanant des systèmes d'évaluation de la conformité, de l'accréditation et de la normalisation, et de l'intérêt porté par d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux à la fiabilité des mesures. Le dernier chapitre (chapitre 6) est consacré au BIPM, notamment à son programme de travail et à l'engagement financier requis des États membres. Vous trouverez au chapitre 7 les conclusions et recommandations ultérieures du Comité international. Le rapport compte enfin un certain nombre d'annexes fournissant davantage d'informations sur les développements d'une infrastructure métrologique nationale et régionale, le MRA du CIPM, les

réponses aux questionnaires envoyés aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires, et les décisions du Comité international quant à l'avenir du programme de travail du BIPM.

2 Compétitivité et innovation durables

Les notions de compétitivité et d'innovation durables requièrent un environnement et une infrastructure dédiés aux réglementations, politiques commerciales et industrielles, et conditions scientifiques et techniques. Un système de mesure fiable et mondialement reconnu permettant l'obtention de résultats de mesure précis, adaptés, comparables et traçables constitue l'un des éléments essentiels d'un environnement capable d'encourager la concurrence et l'innovation (5).

2.1 Une demande croissante pour des résultats de mesure fiables et comparables

Le commerce mondial de marchandises augmente de 15 % par an, ayant généré l'équivalent de 10 milliards de dollars US en 2005, 80 % de cette somme étant dépensée pour satisfaire aux normes et réglementations (6, 7). Des produits et services de haute qualité ainsi qu'une aptitude à faire preuve de flexibilité et d'innovation sont essentiels au maintien d'une bonne compétitivité au sein du marché mondial. Ceci est particulièrement vrai pour tous les types d'activités industrielles et de service.

Diverses études ont indiqué que le coût de la conformité aux « normes » peut atteindre 10 % des coûts de production pour les producteurs et les prestataires de services. Dans un monde où les politiques nationales tendent vers la déréglementation, les spécifications et autres exigences légales continuent de jouer un rôle essentiel. Il relève donc de la responsabilité des fabricants et fournisseurs de services de démontrer leur conformité à ces exigences. Les fabricants ont pour cela recours aux auto-déclarations et évaluations tierces. Les certifications et accréditations tierces jouent un rôle complémentaire important dans la transparence du système et l'établissement d'une certaine confiance envers les produits et services fournis. Tout ceci repose pourtant sur la reconnaissance internationale de la fiabilité de résultats comparables et de résultats d'essai fondés sur le SI.

Les notions de sécurité et de protection de la société requièrent également des mesures fiables et comparables. Avec la multiplication des voyages internationaux, les maladies sont rapidement disséminées à travers le monde. Le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) et la grippe aviaire constituent des exemples récents de menaces portant atteinte à l'humanité toute entière. Les produits alimentaires font l'objet d'échanges commerciaux incessants à travers le monde et leur sécurité doit être garantie afin de ne pas menacer les premiers maillons de la chaîne alimentaire. Le contrôle de la pollution et la protection de l'environnement font partie des secteurs prioritaires et constituent des problèmes globaux. La sécurité et la science médicolégale ne sont plus des problèmes locaux. La protection des hommes, des animaux et de la végétation est une activité économique coûteuse qui requiert une approche globale, coordonnée et harmonieuse.

Les secteurs de la liste suivante ont été classés prioritaires par les différentes économies en ce qui concerne les améliorations à apporter à la métrologie pour répondre aux besoins actuels et émergents :

- les soins de santé ;
- l'alimentaire, l'agriculture et la biotechnologie ;
- l'informatique et les communications ;
- les nanosciences, la nanotechnologie, les matériaux et les nouvelles technologies de production ;
- l'énergie ;
- l'environnement et les changements climatiques ;
- les transports ;
- l'espace et la recherche sur la sécurité.

Les tendances observées dans l'évolution de ces secteurs incluent souvent des applications et appareils faisant appel aux micro et nanotechnologies, à des concentrations chimiques faibles, à des environnements plus propres, etc. Le développement et l'incitation à l'innovation dans tous ces secteurs requièrent des améliorations sensibles des aptitudes de mesure, le développement d'une métrologie fondamentale et la sensibilisation des populations. Beaucoup de ces secteurs n'ont, jusqu'à présent, pas développé les structures adéquates pour faire face aux problèmes de mesure mis en évidence et la majorité des laboratoires nationaux de métrologie n'ont au départ pas été fondés pour traiter des besoins métrologiques de ces domaines d'activité hors du commun.

En s'attachant de plus près aux « nouveaux » secteurs, il est important de ne pas négliger les progrès observés dans les secteurs plus traditionnels. De lourds besoins vont notamment continuer d'émerger des secteurs de l'ingénierie et de l'instrumentation, des industries automobile, aéronautique et spatiale, de l'industrie optique, de l'électronique et des communications, et des industries chimique, pharmaceutique et médicale. L'ensemble de ces secteurs va en effet connaître des besoins accrus de mesures reconnues à l'échelle mondiale, précises, comparables et traçables, allant au-delà des mesures disponibles actuellement. Les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés devront poursuivre la mise à disposition d'étalonnages, de mesures et de matériaux de référence certifiés fiables, comparables et traçables afin de soutenir l'innovation et le commerce des produits concernés.

2.2 Infrastructure métrologique reconnue à l'échelle internationale et dépendance des pays en voie de développement

Les pays en voie de développement sont particulièrement affectés par le manque d'infrastructures métrologiques reconnues à l'échelle internationale. Le rapport de 2005 de l'OMC sur l'élimination des obstacles techniques au commerce dénonce le manque d'infrastructures métrologiques internationales reconnues dans de nombreux pays en voie de développement comme l'un des obstacles majeurs à l'exportation de marchandises : en l'absence d'une telle infrastructure, il n'existe aucun moyen d'assurer aux clients que les marchandises exportées sont conformes aux normes internationales. L'existence d'une infrastructure métrologique nationale s'avère par conséquent être un élément déterminant dans l'amélioration de l'économie des nations en voie de développement. En particulier, le manque de traçabilité

dans des domaines tels que la masse, le volume, le débit de fluides, la température et les quantifications chimiques, mesures primordiales de nombreux produits commercialisés par ces pays, ralentit leur développement économique.

On compte de plus en plus d'exemples de rejet de marchandises alimentaires par des pays importateurs à la suite de la non-acceptation des mesures et résultats d'essai fournis par les pays exportateurs, voire en l'absence totale de mesures ou de résultats (8). Les pays en voie de développement se retrouvent donc en bien mauvaise posture par rapport aux pays développés importateurs. Les exemples récents de produits refusés comprennent : du poisson, des fruits et légumes en provenance d'Afrique à destination de l'Union européenne et des États-Unis ; du vin, du poisson, des crustacés en provenance du Chili à destination des États-Unis et de l'Union européenne ; de la viande bovine et du miel en provenance d'Argentine ; du saumon, des huîtres, des médicaments chinois à destination de divers pays du monde ; du poulet thaïlandais à destination de l'Europe. Les pertes financières sont alors considérables, car dans de nombreux cas ces produits sont détruits plutôt que retournés vers leur pays d'origine. Les produits issus de l'agriculture et de la pêche constituent la majorité des marchandises exportées par les pays en voie de développement, représentant fréquemment jusqu'à 40 % de leur produit intérieur brut. Les matières premières, telles que le pétrole, les diamants et les métaux représentent également une part de 40 %. Seuls 20 % des marchandises exportées sont des produits finis destinés aux marchés locaux et régionaux.

Malheureusement la plupart des pays en voie de développement ne sont pas signataires de la Convention du Mètre. Afin d'encourager le développement d'une infrastructure métrologique « adéquate et adaptée » dans les pays en voie de développement et de ne pas exclure ces derniers de l'infrastructure globale organisée sous l'égide de la Convention du Mètre, la 21^e Conférence générale de 1999 a permis aux États non-signataires de la Convention de devenir Associés à la Conférence générale. Dans l'optique d'informer les États et entités économiques du monde entier sur les activités entreprises sous les auspices de la Convention du Mètre, la 23^e Conférence générale aura pour devoir de créer une nouvelle catégorie de « Correspondants du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie ». Cette étape constituerait une avancée pour les États concernés qui pourraient alors devenir signataires de la Convention du Mètre ou devenir Associés à la Conférence générale. L'objectif sous-jacent serait bien sûr que les laboratoires de ces États rejoignent le groupe des signataires du MRA du CIPM.

2.3 Métrologie et évaluation de la conformité

Les déclarations d'évaluation de la conformité jouent un rôle important dans l'établissement de marchés intérieurs et internationaux libres, ainsi que dans les accords commerciaux internationaux. L'accréditation indépendante de laboratoires d'essai autonomes et d'organismes de certification, signataires des arrangements de l'ILAC et de l'IAF, assurent la crédibilité des déclarations de conformité. Celle-ci dépend, au même titre que les accréditations, de l'existence de mesures et de résultats d'essai comparables, traçables et reconnus à l'échelle mondiale. C'est pourquoi nous avons besoin d'une infrastructure métrologique globale, permettant une traçabilité des mesures par le biais d'étalons de mesure du SI stables sur le long terme, ou dans les cas où le SI ne fournit pas encore de solution, d'étalons de référence reconnus au niveau mondial, tels que les unités internationales de l'OMS pour les mesures de bioactivité.

Les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, en coopération avec le BIPM ou en tant qu'organisations appartenant à des États ayant signé la Convention du Mètre, ont pour objectif et pour devoir d'établir et de garantir une comparabilité et une traçabilité

globalement reconnues. Ces mêmes laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés sont à la tête des systèmes de métrologie nationaux, décidant des normes nationales nécessaires à une reconnaissance et une traçabilité internationales pour toutes les autres mesures et activités d'essai entreprises au sein des États concernés.

2.4 Obstacles techniques au commerce et mesures sanitaires et phytosanitaires

Comme il en est fait mention à la section 2.2, le rapport de l'OMC sur l'élimination des obstacles techniques au commerce dénonce le manque d'infrastructures métrologiques et d'accréditation internationalement reconnues comme l'un des obstacles majeurs à l'établissement d'activités d'évaluation de la conformité fiables dans les pays en voie de développement. Plus spécifiquement, l'incapacité d'un État à prouver la conformité de ses marchandises avec l'accord de l'OMC sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (accord SPS), fondé sur un système d'analyse du risque et de points de contrôle critiques tout au long de la chaîne alimentaire, peut conduire au rejet de ses marchandises. L'accès à une infrastructure et à des outils de mesure appropriés constituerait une étape majeure dans l'application des exigences de l'OMC. Pour les produits agro-industriels transformés, l'incapacité d'emballer et d'étiqueter les marchandises de manière appropriée est à nouveau une conséquence directe du manque d'outils de mesure fiables et reconnus, constituant un obstacle indéniable au commerce (8, 9, 10, 11, 12).

Le commerce entre les pays développés est parfois souvent difficile en raison du manque de système métrologique reconnu sur le plan international, dans des domaines de mesure n'ayant pas fait l'objet d'une étude complète. C'est notamment le cas de la mesure de grandeurs telles que la couleur, l'apparence, l'odeur, le goût et les propriétés des matériaux. Il est également de plus en plus reconnu que le domaine des mesures chimiques n'en est qu'au stade de développement et de mise au point dans de nombreux pays.

L'accréditation de laboratoires spécialisés dans ce domaine ne présente malheureusement, à l'heure actuelle, encore aucune garantie de mesures et de résultats d'essai traçables et comparables. Le manque de connaissances métrologiques, le manque de matériaux de référence certifiés et le manque de laboratoires d'étalonnage et de référence accrédités sont autant de raisons qui font que la fiabilité des mesures et résultats d'essai ne peut encore à ce jour être complètement assurée. Afin d'accélérer le processus, il est indispensable que les laboratoires nationaux de métrologie concentrent leurs efforts sur l'amélioration de la métrologie dans le domaine de la chimie, ainsi que sur la mise en place d'une hiérarchie métrologique cohérente comparable à celle en place dans la métrologie physique « traditionnelle ».

3 Besoin d'étalons de mesure et de méthodes innovants

L'émergence de nouveaux matériaux, la recherche sur les micro et nanostructures, ainsi que la compréhension et la manipulation approfondies des structures atomiques, biologiques et chimiques ont ouvert la voie vers la création d'un certain nombre d'étalons et de méthodes de mesure très innovants, eux-mêmes précurseurs de davantage d'innovations dans de vastes domaines d'application (13).

3.1 Nouvelle définition des unités de base

Les développements scientifiques et technologiques permettront bientôt de définir la plupart des unités de base du Système international d'unités (SI) en termes de valeurs fixées de constantes fondamentales, assurant un ancrage stable et précis sur le long terme.

À ce jour, l'étalon primaire de masse est le prototype international du kilogramme, objet conservé par le BIPM. Bien qu'en service pour le monde entier depuis 118 ans, celui-ci reste sensible aux dommages et risques de destruction et son utilisation doit être restreinte afin de minimiser les effets de la contamination par l'atmosphère ambiante. Afin de limiter son usure, il n'est pas utilisé quotidiennement et seul le BIPM y a accès. En se fondant sur les résultats des comparaisons d'un grand nombre d'étalons de masse en platine-iridié effectuées par le BIPM, il est impossible d'affirmer que la masse du prototype international est constante au fil du temps, comme l'impose la définition du kilogramme. Les estimations actuelles dénoncent des dérives relatives de l'ordre de 5×10^{-8} sur des durées de 50 à 100 ans.

Un système de mesure plus stable serait donc hautement désirable. Les propositions actuelles d'amélioration incluent une redéfinition de l'unité de masse, le kilogramme, utilisant une valeur fixée de la constante de Planck ou du nombre d'Avogadro. Cependant, avant de pouvoir procéder dans cette voie, la divergence existant entre les expériences fondées sur la balance du watt et celles utilisant la mesure cristallographique de la masse molaire doit être résolue.

Une nouvelle définition du kilogramme allant dans ce sens pourrait avoir des implications immédiates et entraîner la redéfinition de l'unité électrique de base, l'ampère, et de l'unité de mesure de la quantité de matière, la mole, par rapport à des valeurs fixées d'autres constantes fondamentales. De même, en parallèle à ces nouvelles définitions du kilogramme, de la mole et de l'ampère, le kelvin pourrait être lui aussi redéfini par rapport à une valeur fixée de la constante de Boltzmann (14, 15).

Le Committee on Data for Science and Technology (CODATA) fournit un ensemble de valeurs internationalement acceptées et cohérentes pour les constantes fondamentales et leurs facteurs de conversion. Le monde de la métrologie est étroitement lié avec le travail de ce comité et la valeur de toute constante physique utilisée pour redéfinir les unités de base du SI proviendrait des meilleures estimations de CODATA disponibles. Le CODATA calcule la valeur de toutes les constantes physiques fondamentales sur la base des résultats de mesure les plus précis disponibles, puis vérifie leur cohérence.

Bien que la plupart de ces redéfinitions n'affecteraient pas les mesures quotidiennes du monde du commerce et de la société, elles présenteraient un avantage particulièrement marqué pour la recherche, la théorie et les applications atomiques, gravitationnelles et spatiales. Un autre avantage réside dans le fait que le kilogramme pourrait en principe être réalisé par plusieurs laboratoires à travers le monde. De plus, bon nombre d'autres unités SI pourraient être réalisées directement à partir de leur définition, augmentant ainsi les degrés de précision atteints. Par exemple, en plus de valeurs fixées pour la constante de Planck, la constante de Boltzmann et la charge électronique, une nouvelle définition de la mole utilisant une valeur exacte de la constante d'Avogadro permettrait une définition plus exacte d'autres constantes, telles que la constante de Faraday, la constante molaire des gaz, la constante de Stefan-Boltzmann et le volume molaire d'un gaz parfait, grandeurs d'une importance primordiale dans de nombreux domaines de la physique et de la chimie.

Aucune proposition de redéfinition n'est attendue avant 2011. Entre temps, les laboratoires nationaux de métrologie ont pour devoir de conduire des expériences visant à fournir des valeurs cohérentes pour l'ensemble des constantes fondamentales.

3.2 Des nouvelles mesures et plus de précision

L'amélioration continue de la précision des mesures de force, des moments d'inertie, des accélérations, des pressions et autres grandeurs mécaniques reste d'une grande importance pour l'ingénierie et les industries automobile, aéronautique et spatiale. Il est tout aussi important d'accroître les plages de mesure afin de couvrir davantage de valeurs. Il existe notamment une demande considérable pour des mesures dynamiques traçables.

Le développement et l'application de nouveaux types de lasers et de méthodes de mesure interférométriques sont indispensables à des mesures dimensionnelles et de surface précises. Ces technologies trouveront des applications spécifiques nouvelles dans la mesure des nanostructures dans les domaines de l'optique, de l'électronique et du médical. Les efforts de développement d'un étalon électrique quantique utilisant des systèmes mono-électron aideront à résoudre le problème du « triangle de la métrologie électrique » (loi d'Ohm) et ouvriront la voie vers de nouveaux appareils de mesure du courant trouvant leur utilisation dans les diagnostics médicaux et les soins intensifs, ainsi que dans l'industrie de la micro et nanoélectronique.

Le développement d'étalons de mesure électriques alternatifs, fondés sur l'application de l'effet Josephson et de l'effet Hall quantique, améliorera la précision des mesures électriques. Ce dernier point revêt une importance significative dans les industries de l'électronique, des télécommunications, de la navigation et des transports. D'autres développements incluent des aptitudes de mesure plus pointues pour la capacité électrique, la puissance électrique, les propriétés magnétiques (par exemple dans les nanostructures), les formes d'ondes et les très hautes fréquences de l'ordre du térahertz (prédominantes dans les industries de l'informatique et de la sécurité).

L'amélioration de la précision de l'échelle des températures, de par le développement de points fixes à haute température et une meilleure connaissance de la pureté des matériaux ayant servi pour la définition des points fixes utilisés pour la mise en place de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90), aura une incidence sur toutes les mesures de température. Elle permettra également de fournir des mesures thermodynamiques, de la conductivité thermique et de la capacité calorifique de matériaux isolants plus précises, données revêtant une grande importance, par exemple dans les domaines de la sécurité et de l'économie d'énergie. La poursuite du développement des aptitudes de mesure de l'humidité est décisive pour une vaste gamme d'applications, notamment dans le domaine des produits industriels, alimentaires ou chimiques, et des matériaux d'emballage.

L'application des radiomètres absolus et l'étendue des plages de mesure aux extrêmes (infrarouge et ultraviolet) est cruciale pour les industries de la télédétection et de fabrication de puces, ainsi que pour la lithographie.

Le bon fonctionnement des systèmes de satellites, tels que le GPS, le GLONASS et Galileo, dépend d'horloges atomiques extrêmement précises. L'amélioration de leur précision et le développement de moyens de comparaison de ces horloges sont indispensables au perfectionnement des systèmes de navigation. La nouvelle génération d'« horloges optiques » est également susceptible d'apporter de nettes améliorations en termes de performance. L'ensemble de ces techniques de précision trouvent leur utilisation dans les domaines des transports, des systèmes anticollision et de la surveillance des tremblements de terre et tsunamis.

Une plus grande précision et une traçabilité accrue sont également de plus en plus demandées dans le domaine des rayonnements ionisants. L'attention croissante portée par les gouvernements aux nouvelles générations de centrales électriques nucléaires et les vastes applications des rayonnements ionisants dans le domaine des diagnostics, de la thérapie et de la

protection contre les rayonnements demandent une connaissance exacte des propriétés des radionucléides, des outils précis pour la dosimétrie et la calorimétrie, y compris dans le domaine des neutrons.

De nouveaux développements concernant les traitements médicaux s'intéressent à la curiethérapie, à la mesure d'activité des radionucléides à courte vie, ainsi qu'à la dosimétrie des faisceaux d'électrons et de photons aux hautes énergies. Ces éléments favoriseraient l'amélioration des diagnostics et thérapies, résultant en un plus grand nombre de traitements efficaces et donc en l'économie de sommes considérables pour la société.

Les travaux sur le Système international de référence (SIR) continuent d'être nécessaires au sein du BIPM. Celui-ci sert de référence unique pour la mesure de l'activité des radionucléides et est régulièrement utilisé par tous les États membres. La base de données du SIR comporte des résultats de mesure sur les radionucléides, utilisés pour l'élaboration de courbes d'efficacité des chambres d'ionisation en fonction de l'énergie des rayonnements γ et β . Ces chambres de référence constituent la base de la traçabilité pour les laboratoires de l'Agence internationale de l'énergie atomique.

3.3 Nanométrie

Le concept de nanométrie regroupe un grand nombre de disciplines comprenant notamment les mesures dimensionnelles, les mesures électromagnétiques, les appareils électromécaniques submicrométriques et les appareils à vibrations subnanométriques, la microscopie optique, les analyses chimiques, les analyses de surface, les analyses de propriétés structurales des matériaux, la biotechnologie et la microbiologie. La nanotechnologie tend à devenir multidisciplinaire (16).

Parmi les défis actuellement en cours d'étude figurent :

- la fabrication à l'échelle micrométrique et nanométrique (comme la nanolithographie trouvant son application dans l'industrie des semi-conducteurs) ;
- les matériaux nanostructurés (comme les nanotubes de carbone) ;
- les nouveaux matériaux composites (notamment la manipulation de particules issues de matériaux variés à l'échelle nanométrique) ;
- la nanoélectronique, la nanophotonique, le nanomagnétisme (comme l'électronique moléculaire) ;
- la conversion et le stockage d'énergie (comme les cellules solaires polymères nanotiges et les cellules souples) ;
- l'instrumentation à l'échelle nanométrique (comme les appareils fondés sur des puces ou mono-électron) ;
- les circuits imprimés (notamment la construction de circuits efficaces de molécules et d'atomes) ;
- les économies d'énergie (comme le développement de nouvelles sources d'énergie telles les combustibles à base d'hydrogène) ;
- la détection avancée de radiations chimiques et biologiques ou d'explosifs (les puces de détection anti-drogue) ;

- les soins de santé, thérapies et diagnostics (comme les antibiotiques à base de peptides nanotubes, la perforation de la membrane des cellules et les nanoparticules d'or permettant l'apport de molécules d'ADN en toute sécurité dans les cellules cancéreuses) ;
- l'industrie cosmétique ;
- les brins d'ADN et d'ARN (notamment l'observation et la manipulation des brins dans le but d'élucider les problèmes fondamentaux de la biologie) ; et
- les processus mis en œuvre à l'échelle nanométrique pour l'amélioration de l'environnement (comme la filtration des nanoparticules de l'eau).

On estime la valeur annuelle du marché de la nanotechnologie de l'ordre de 10^{12} dollars US au moins. Le succès de ces applications et le développement de produits innovants à l'échelle nanométrique requièrent des mesures précises et la traçabilité dans des domaines promettant de surpasser leurs capacités actuelles. De nouvelles approches sont nécessaires au développement de nouvelles techniques et méthodes de mesure. Le développement et l'application des nanoparticules et des techniques liées impliquent également davantage de recherche quant à la détection, la mesure et la toxicité de ces particules, de manière à déterminer avec certitude la probabilité de contamination d'autres structures, notamment le corps humain.

Une approche multidisciplinaire par les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, doublée d'une coopération internationale, s'avère à la fois indispensable et accessible : une structure organisationnelle matricielle doit être établie, reflétant la nature multidisciplinaire du sujet.

3.4 Étalons de mesure des propriétés des matériaux

L'industrie a récemment exprimé son intérêt pour une traçabilité accrue des propriétés des matériaux. Plus particulièrement, des organisations telles que le Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS), l'APEC Network for Materials Evaluation Technology (ANMET) et un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie exerçant dans ce domaine se sont unis pour souligner l'importance de mesures traçables.

Le domaine de propriétés concerné est vaste et inclut notamment :

- les propriétés électromagnétiques (magnétiques et diélectriques) ;
- les propriétés thermoélectriques ;
- les propriétés thermodynamiques et thermophysiques (conductivité, transfert de chaleur, analyse de phase, expansion, capacité calorifique, émissivité, diffusivité) ;
- les propriétés optiques ;
- les propriétés mécaniques (dureté, module, force, résistance, fatigue, fluage, frottement, corrosion, lubrification) ;
- les propriétés des fluides et des gaz (viscosité, densité, valeur calorifique) ; et
- les propriétés structurelles (composites, aérosols, gels, grains et particules, distribution des particules, porosité, défauts, forme).

Étant donné que les caractéristiques de mesure de nombreux matériaux proviennent directement d'exigences spécifiques au secteur industriel, le sujet doit faire l'objet d'une étude étendue, de manière à identifier les besoins métrologiques et l'assistance correspondante susceptibles d'émerger des laboratoires nationaux de métrologie en parallèle du travail de normalisation

effectué par l'industrie elle-même. C'est dans cette perspective que le Comité international a créé un groupe de travail *ad hoc* sur la métrologie des matériaux, chargé de présenter d'ici la fin de 2007 un rapport sur l'ensemble des actions requises par les laboratoires nationaux de métrologie dans l'établissement de mesures et de résultats d'essai reconnus, comparables et traçables.

3.5 Besoin urgent de résultats de mesure comparables et traçables en chimie

Le besoin de mesures précises, traçables et comparables en chimie analytique est devenu notoire au cours de la décennie passée et a déjà fait l'objet de plusieurs mentions dans ce rapport. L'importance du sujet pour le commerce et la société est désormais un fait globalement reconnu. Cependant, le développement de la métrologie appliquée à la chimie à l'échelle mondiale n'ayant été initié qu'une dizaine d'années auparavant, la charge de travail restant est monumentale.

L'une des complications majeures du domaine réside dans le fait que de nombreuses mesures dépendent de l'environnement chimique matriciel dans lequel se trouve le mesurande ou la substance chimique à mesurer. Par conséquent, de nombreux résultats de mesure dépendent directement de la méthode de mesure utilisée. Le développement de procédures et techniques indépendantes de la méthode et de la matrice de mesure est à traiter en priorité.

Le développement de techniques de mesure sur site et d'appareils de laboratoire sur puce revêt également une grande importance. Ceux-ci trouvent leur application dans l'analyse immédiate sur le lieu de traitement des échantillons humains et des appareils de diagnostic utilisés à domicile et dans les hôpitaux.

La production et la mesure de matériaux d'une grande pureté est essentielle dans le cadre du développement de matériaux innovants et de nouvelles applications nanotechnologiques.

Le domaine des mesures chimiques étant très vaste, il est nécessaire de définir des priorités. Selon les besoins d'un pays et ses ressources propres, ces priorités sont susceptibles de varier, mais on peut généralement conclure que les domaines suivants sont prioritaires : l'analyse alimentaire, y compris les organismes génétiquement modifiés (OGM), les soins de santé, y compris la mesure des protéines et des brins d'ADN/ARN, l'analyse pharmaceutique, les mesures antidopage, les mesures environnementales, l'analyse des gaz, l'analyse pétrochimique, la recherche médicolégale et la sécurité.

3.6 Étalons de mesure et procédures dans le domaine de la biotechnologie et de la microbiologie

En raison de l'évolution effrénée de la connaissance des structures de l'ADN et de l'ARN et de leur importance pour la biotechnologie et la microbiologie, il est urgent de mettre au point des mesures d'ADN et d'ARN comparables et traçables. À mesure de l'accroissement de la connaissance médicale et de la multiplication des techniques de soin et des possibilités thérapeutiques, les mesures de protéines et de cellules revêtent toujours plus d'importance. Malheureusement, une grande quantité de mesures de bioactivité ne peuvent pas encore être exprimées à l'aide d'unité SI stables sur le long terme, bien que l'on observe des progrès constants dans ce domaine. La coopération mise au point par le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) avec le secteur de la médecine clinique et de laboratoire d'une part

et l'Institut national des standards et des contrôles biologiques (NIBSC), laboratoire majeur de l'OMS d'autre part, est très prometteuse et laisse entrevoir bientôt de nets progrès.

L'amélioration des diagnostics et thérapies sera extrêmement bénéfique au traitement des patients et présente des avantages financiers et économiques incontestés pour la société. Le développement des mesures d'ADN précises est nécessaire à la mesure des OGM à de très faibles taux, mentionnée par diverses réglementations en vigueur à l'égard des produits alimentaires génétiquement modifiés. De même, les mesures d'ADN sont de plus en plus en vogue dans le secteur du contrôle de la pollution et de la protection de l'environnement. D'une manière générale, l'amélioration de la fiabilité et de la précision des mesures dans les domaines de la biotechnologie et de la microbiologie aura un impact considérable sur notre société (17).

3.7 Matériaux de référence certifiés

Dans de nombreux secteurs de mesure, la traçabilité est établie par les matériaux de référence certifiés distribués par les laboratoires nationaux de métrologie : chacun de ces matériaux présente une valeur traçable, caractéristique de son homogénéité et de sa stabilité sur une période de temps donnée. Ces matériaux de référence existent sous différentes formes et l'on trouve notamment des blocs étalons de dureté, des étalons de rugosité de surface, des étalons électromagnétiques, des filtres optiques, des cellules à points fixes de température, des étalons de viscosité et des matériaux de référence chimiques (18).

Les résultats de mesure dans le domaine de la chimie dépendent la plupart du temps de la matrice chimique dans laquelle se trouve la substance à mesurer, la traçabilité est bien souvent établie par des matériaux de référence de même composition. En d'autres termes, on a recours à un nombre quasi infini de matériaux de référence différents. Une complication supplémentaire se présente dans le domaine des matériaux de référence certifiés des secteurs clinique et thérapeutique, découlant de la nature « commutable » exigée des matériaux. Les matériaux de référence utilisés pour l'étalonnage d'un instrument de mesure doivent en effet réagir de la même manière qu'un échantillon humain lorsqu'il est mesuré.

Les laboratoires nationaux de métrologie ne sont pas en mesure de fournir des matériaux de référence certifiés garantissant la traçabilité des mesures dans tous les cas. De plus, on observe un réel manque de laboratoires d'étalonnages chimiques et de fournisseurs de matériaux de référence certifiés accrédités de second niveau à l'échelle mondiale. Les laboratoires nationaux de métrologie doivent encourager l'ouverture de tels établissements, dérivant leur traçabilité des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, dans le but de former un réseau global de laboratoires internationalement reconnus dans le cadre du MRA du CIPM.

En plus de fournir les matériaux de référence essentiels à la traçabilité des mesures de leurs clients, les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés devraient également développer et conserver des aptitudes et compétences d'« étalonnage » chimique. Ceci permettrait l'attribution de valeurs traçables aux matériaux de référence dits « internes » distribués aux clients ainsi qu'aux laboratoires d'essais d'aptitude.

3.8 Informatique

Au cours des dernières décennies, l'application des microprocesseurs aux instruments de mesure a connu un essor considérable. Ceux-ci simplifient la tâche des opérateurs et permettent des communications exemptes de toute erreur humaine, polyvalentes et intelligentes par le biais d'ordinateurs et de périphériques d'affichage. Ces instruments sont désormais très répandus au sein des chaînes de production et services, voire accessibles aux utilisateurs finaux. La fiabilité des résultats de mesure dépend de la validité et de la traçabilité du traitement et de l'affichage du signal tout au long de la chaîne, qui dépendent du matériel et du logiciel utilisés. L'évaluation de la qualité et de la fiabilité des logiciels est difficile et très coûteuse, voire quasi impossible dans les cas où les brevets et la complexité des programmes les rendent inaccessibles. L'approche de test la plus courante de ces périphériques reste alors le système de test « boîte noire ». Ce test ne permet pas d'obtenir de garantie suffisante quant à la fiabilité des résultats de mesure sur le long terme et sur toute la plage de mesure couverte par le système utilisé. Cependant, les développements récents des technologies logicielles ont généré des applications pratiques de génie logiciel assisté par ordinateur utilisables pour la vérification des logiciels d'instruments de mesure et de traitement des données, et l'évaluation de leur fiabilité et conformité aux spécifications méthodiques de mesure (19).

Dès lors qu'un instrument de mesure ou un capteur est relié à un réseau de communication, le résultat de mesure peut directement être utilisé par toute une communauté d'utilisateurs à travers le monde. Par conséquent, la cybersécurité et la fiabilité des données mesurées deviennent cruciales, notamment en termes d'implications commerciales. De tels développements vont devenir extrêmement importants au moment où les traitements médicaux et la délivrance de médicaments seront fondés sur des données enregistrées dans des bases de données d'état de santé personnel, en cours de création. Celles-ci seront accessibles à l'échelle nationale et internationale, dans les cas où des individus malades se trouvent en dehors de leur pays de résidence.

De la même manière, la qualité des données mesurées par des stations distantes surveillant l'évolution de la pollution et les modifications climatiques doit être assurée par des capteurs et des systèmes de détection fiables. Les données doivent être transmises par le biais de réseaux sécurisés et protégés, pour être ensuite traitées par des ordinateurs fiables afin de garantir l'exactitude des prévisions météorologiques et des rapports de modifications climatiques.

Les réseaux de communication sont également utilisés régulièrement pour la maintenance du système de mesure entier et le téléchargement de nouvelles versions des logiciels. Afin de sécuriser les transferts de logiciels nécessaires, le matériel et les logiciels utilisés se doivent d'être protégés, notamment au moyen de techniques d'encryptage.

L'utilisation de l'informatique dans le cadre de l'accréditation de laboratoires constitue un nouveau défi qui permettrait d'évaluer les laboratoires ou d'effectuer des essais d'aptitude à distance, par le biais de systèmes audiovisuels utilisant le transfert de données via un réseau de communication basé sur le Web. De tels systèmes d'accréditation à distance doivent avant tout garantir la préservation de la propriété intellectuelle des laboratoires concernés et de leurs clients. Ils pourraient à terme permettre de réduire considérablement les coûts d'accréditation des laboratoires.

Les mêmes considérations s'appliquent aux systèmes d'étalonnage basés sur le Web, qui ont été testés dans nombre de domaines et pour lesquels la communauté d'accréditation développe actuellement des protocoles d'évaluation appropriés. Ceux-ci permettront, grâce à des systèmes informatiques multiples reliés entre eux et des systèmes multi-utilisateurs, d'effectuer des

mesures à un moment t , indépendamment de l'étalonnage et de l'étude de traçabilité qui peuvent être effectués ultérieurement à un emplacement différent. Tout ceci contribue à rendre le processus de sécurité et de vérification plus complexe que jamais.

Dans l'industrie pétrolière et les usines de fabrication avancée, les opérations de mesure font partie des opérations de base effectuées par le système d'exploitation de l'usine, impliquant des techniques d'analyse des données à distance et des logiciels de diagnostic utilisant des systèmes experts, ainsi que l'exploration et la fusion de données. Une grande part de ces activités requiert la prise de mesures dans des environnements contraignants, afin de maintenir de hauts niveaux de qualité pour les produits et de diagnostiquer les défauts du processus de production le plus tôt possible de manière à y remédier au plus vite.

La gestion des informations dans les supermarchés est de plus en plus dérivée des données de vente et les balances des caisses sont directement liées au processus de facturation ainsi qu'au système de gestion global du supermarché utilisé pour la commande des marchandises et le suivi des habitudes de la clientèle. Le contrôle légal des instruments de pesée se limite à une simple vérification de l'exactitude de la masse mesurée.

Les logiciels de mesure, permettant aux utilisateurs de concevoir des systèmes de mesure et de contrôle sous la forme de programmes visuels, sont à présent largement répandus.

Tous les utilisateurs peuvent prétendre pouvoir vérifier l'exactitude de leurs programmes et bases de données maison.

La validité et la traçabilité des valeurs attribuées et des incertitudes mesurées par les instruments de mesure, étalons de mesure et matériaux de référence (certifiés) sont consignées dans un certificat émis par l'organisation responsable de l'attribution des valeurs. Cependant les systèmes d'étalonnage et de mesure assistés par ordinateur, utilisant des moteurs de tri logiciel puissants, permettront l'émission de certificats authentiques, fiables et gratuits rapidement et à distance.

En conclusion, les laboratoires nationaux de métrologie doivent s'attacher aux avancées récentes des logiciels et matériels, de plus en plus souvent appliqués aux systèmes de mesure industriels et de laboratoire, à la transmission, à la modélisation et à la simulation de données, ainsi qu'au calcul automatique de résultats de mesure et d'incertitudes.

4 Besoins et développements spécifiques aux secteurs et impact sur le commerce et la société

Cette section fait état des développements dans un certain nombre de secteurs hautement prioritaires, de par l'innovation, la croissance économique et l'amélioration de la qualité de vie qu'ils suscitent.

Ceux-ci sont détaillés dans les paragraphes qui suivent, avec un accent sur les développements durables observés dans les domaines des transports, de l'informatique et des télécommunications, de l'électronique, des produits optiques, de l'électromagnétisme, des rayonnements ionisants et de l'énergie (20, 21, 22).

4.1 Secteur des transports

Les développements dans les industries de l'automobile, du chemin de fer, de la construction navale et de l'aéronautique se concentrent sur des systèmes plus sûrs et permettant des économies d'énergie. Ceci implique des besoins accrus de mesures mécaniques plus précises, telles que les mesures tri-dimensionnelles qui exploitent le développement de capteurs tactiles, optiques, laser, à rayons x, à balayage électronique ou atomiques extrêmement petits. Le développement et l'application de nouveaux matériaux, tels que les polymères, les céramiques et les matériaux renforcés au carbone, ainsi que la recherche consacrée à l'économie d'énergie sur les piles à combustible par exemple, requièrent des mesures ultrasensibles et précises, notamment en termes d'analyse chimique ou de surface.

4.2 Secteur de l'informatique, de la navigation et des télécommunications

La collecte de données à distance dans le domaine commercial (par exemple dans le cas des relevés de compteurs électriques, d'eau ou de gaz à distance) ou des soins de santé (par exemple dans les unités de soins intensifs) nécessite le recours à des capteurs et à des systèmes informatiques fiables. Le développement des systèmes biométriques est bien engagé et requiert également des méthodes de test appropriées.

L'application de la transmission sans fil de données de mesure connaît un essor considérable.

Les communications de grands volumes de données à grande vitesse à l'échelle globale sont uniquement possibles par le biais de systèmes de communication précisément synchronisés. Un haut niveau de synchronisation est également requis pour les applications utilisées dans le cadre des transactions financières, de l'achat et de la vente d'actions et de parts de marché, ou encore du changement de fournisseur au sein d'un marché compétitif tel que celui de la distribution de gaz ou d'électricité. Afin d'assurer l'exactitude des mesures, la précision de la synchronisation des échelles de temps sur lesquelles reposent les systèmes de communication doit être de l'ordre de 10^{-13} au moins en valeur relative. Comme mentionné à la section 3.2, des améliorations supplémentaires des échelles de temps à l'échelle mondiale sont attendues avec le développement de la technologie des horloges optiques et des techniques de comparaison permettant l'exploitation de leur grande précision.

Des mesures de positionnement plus précises amélioreront la sécurité du transport aérien et maritime, afin de diminuer la densité du trafic routier et permettre le contrôle des chargements dangereux dans les zones fortement urbanisées. Ces améliorations conduiront à une économie d'énergie accrue et une réduction de la pollution. Le lancement du système de navigation par satellites Galileo par l'Union européenne et d'un système similaire par la Chine, équipés d'horloges atomiques d'une grande précision, requiert des comparaisons de temps et de fréquences ultra précises. Ces systèmes des satellites contribueront également à l'amélioration de la précision des prévisions des tremblements de terre et de tsunamis.

4.3 Électronique et secteur optique

De par l'existence d'étalons électriques quantiques, tels que ceux fondés sur l'effet Hall quantique pour la mesure de la résistance électrique et sur l'effet Josephson pour la mesure de la tension électrique, les mesures de grandeurs électriques continues de haute précision sont déjà courantes. Les mesures de grandeurs en courant alternatif requièrent cependant toujours le recours à des convertisseurs thermiques, d'une précision limitée. Afin d'obtenir une précision

comparable pour les mesures en courant alternatif, des étalons quantiques appropriés doivent être développés, tels que des étalons à effet Hall quantique alternatifs ou des étalons à effet Josephson alternatifs programmables.

La miniaturisation croissante des composants électroniques requiert des mesures électriques alternatives et continues très précises, ainsi que le développement de masques, techniques de déposition et de gravure aux échelles nano et subnanométriques de haute précision. Des systèmes de mesure dimensionnels et des microscopes de haute précision sont également nécessaires. La lithographie par ultraviolets extrêmes (EUV) de haute précision implique des mesures EUV très précises. De plus, les matériaux semi-conducteurs utilisés doivent être d'une grande pureté et bien caractérisés.

En sus des aptitudes de mesure précises dans les domaines de l'infrarouge et des ultraviolets, les méthodes de caractérisation photométrique et radiométrique de nouvelles sources de lumière doivent être approfondies et améliorées, notamment celles des diodes électroluminescentes (LED), des LED en lumière blanche, de la chromatographie liquide, des écrans plasma, etc. Le développement de nouvelles sources de lumière peut ainsi conduire à d'importantes économies d'énergie.

Dans le domaine de la conception par ordinateur, il est primordial de reproduire fidèlement dans le processus de production les couleurs affichées à l'écran. Il reste des progrès à faire dans ce secteur.

On observe l'ébauche d'une tendance industrielle visant à utiliser des produits de pointe fondés sur les propriétés magnétiques et requérant par conséquent des mesures magnétiques très précises. Plus particulièrement, la métrologie du domaine du nanomagnétisme lié au stockage des données magnétiques nécessite des améliorations.

4.4 Électromagnétisme et secteur des rayonnements ionisants

Le secteur des télécommunications, qui connaît un développement accéléré, fait appel à des systèmes mobiles utilisant des plages de fréquences plus élevées et qui requièrent le développement de réseaux denses de transmetteurs à hautes fréquences. La quantité de rayonnements électromagnétiques émis au sein de notre environnement augmente considérablement, et avec elle la force du débat quant à leurs effets nocifs sur la santé publique et l'environnement. Seules des mesures précises de température et de rayonnement électromagnétique permettront de répondre à ces questions.

Conséquence directe de la miniaturisation des composants électroniques, on mesure et utilise des niveaux de signal extrêmement faibles. Ceci requiert une compatibilité électromagnétique et des mesures de protection contre les interférences électromagnétiques. C'est notamment le cas dans les unités de soins intensifs des hôpitaux, dans les mesures d'activité du cerveau ou des muscles, dans le domaine de la communication ou encore dans les mesures liées à l'espace.

Les rayonnements ionisants connaissent nombre d'applications, notamment dans le secteur des diagnostics et de la thérapie humains, mais aussi dans le diagnostic de qualité de produits divers, tels les soudures des conduites de gaz ou de pétrole par exemple, ou encore pour la stérilisation de produits contre les micro-organismes (bactéries, virus et champignons). On mesure alors une quantité précise de rayonnements alpha et bêta, mais aussi de rayons x et de neutrons, ainsi que l'activité des radionucléides. Les mesures de rayonnements neutroniques revêtent une grande importance dans les processus de fusion nucléaire (comme dans les expériences ITER), dans lesquels le flux de neutrons est un paramètre clé. La mammographie et les mesures de kerma

requièrent d'autres aptitudes spécifiques. Des mesures très précises des rayonnements ionisants sont ainsi requises dans le cadre des traitements thérapeutiques.

4.5 Secteur de l'énergie

À mesure de la raréfaction des ressources énergétiques et de l'augmentation du prix de l'énergie, on observe un intérêt grandissant pour l'amélioration des aptitudes globales de mesure des quantités de pétrole et de gaz naturel. Ceci signifie des mesures plus précises et comparables des débits, de la composition chimique et du contenu énergétique.

Les chiffres correspondant au commerce mondial de gaz naturel s'élevaient à 993 milliards de dollars US pour l'année 2004. On observe une incertitude de mesure d'environ 1 % dans ce domaine, ce qui équivaut à environ 10 milliards de dollars US par an. Parallèlement à cela, le prix du baril de pétrole a plus que doublé.

Le développement des piles à combustible comme l'hydrogène et le recours au biodiesel et à l'énergie nucléaire requièrent de nouveaux systèmes de mesure plus précis. Le développement et l'installation de compteurs électriques contrôlables à distance requièrent des méthodes d'étalonnage à distance et, comme mentionné précédemment, davantage de progrès en matière de sécurité et de transmission des données.

L'intérêt renouvelé pour l'énergie de fission nucléaire et la recherche en cours dans le domaine nécessitent la mise à jour des étalons et mesures de rayonnements ionisants et de la radioactivité, y compris dans le domaine des neutrons.

4.6 Modification du climat, contrôle de la pollution et de l'environnement et Organisation météorologique mondiale (OMM)

Les modifications climatiques nécessitent des mesures très précises (supérieures à 0,1 % pour les gaz à effet de serre et l'ozone) qui doivent être liées à des étalons de mesure de référence stables sur le long terme afin de permettre la détermination de faibles variations sur de longues périodes. Une coopération étroite a par conséquent été établie entre le programme de veille météorologique mondiale de l'OMM, le BIPM et le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz. Pour les mêmes raisons, une collaboration rapprochée a été établie entre l'OMM, la Commission internationale de l'éclairage (CIE) et le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR).

Les mesures de salinité des eaux océaniques sont de bons indicateurs des tremblements de terre, tsunamis et autres modifications climatiques. Celles-ci requièrent des analyses électrochimiques précises, dans lesquelles la température est un paramètre clé. Les mesures de salinité sont effectuées sous l'égide du programme sur les profils de la température et de la salinité à l'échelle du globe (Global Temperature and Salinity Profile Programme, GTSP) de l'UNESCO. Une indication de l'importance de points de référence stables sur le long terme réside dans le fait que l'échelle pratique de salinité IAPSO de 1978 repose encore sur l'Échelle internationale pratique de température de 1968 (EIPT-68).

En plus de l'importance des mesures précises pour la société en général, on observe également des implications au niveau des échanges d'énergie et de rejets polluants. Par exemple, selon les accords de Kyoto, les rejets de CO₂ peuvent faire l'objet d'échanges entre les pays et il existe un véritable commerce international des déchets.

Dans le but d'améliorer la fiabilité des mesures nécessaires à la surveillance de notre environnement, un colloque regroupant le BIPM et l'OMM a été programmé pour 2008.

Étant donné que les déchets de toute nature, notamment les rejets industriels, les émissions et rejets gazeux, les médicaments et produits de soin quotidiens, se retrouvent dans les eaux côtières, l'analyse de l'eau, des poissons, des crustacés et de tous les organismes vivants de ces milieux permet de déceler les modifications géniques et protéiniques révélatrices de la qualité de l'environnement. La comparabilité à long terme des résultats de mesure est une condition essentielle.

4.7 Chimie clinique, médecine de laboratoire et Organisation mondiale de la santé (OMS)

Le rapport de 2003 du CIPM sur l'*Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* à la 22^e Conférence générale faisait déjà état de l'impact considérable des mesures sur le traitement correct des patients, et les conséquences financières et autres des mesures incorrectes.

Avec la mise en oeuvre par l'Union européenne de la directive 98/79/CE du Parlement européen et du Conseil, relative aux dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*, l'intérêt porté par toutes les parties impliquées aux mesures cliniques traçables et précises s'est vivement accru. Cette directive requiert que la traçabilité des valeurs attribuées aux calibrateurs et/ou matériaux de référence soit garantie par des procédures de mesure de référence accessibles et/ou des matériaux de référence d'ordre hiérarchique supérieur.

Le BIPM a pris l'initiative, assisté par un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie, la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC), l'ILAC et l'OMS, d'établir un Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) (23). Après consultation des décideurs impliqués, y compris les associations de fabricants internationaux, les producteurs de matériaux de référence certifiés, les laboratoires d'essais d'aptitude, les laboratoires cliniques et hospitaliers et les régulateurs de l'Union européenne, du Japon et des États-Unis, le JCTLM a officiellement vu le jour en 2003. Les deux groupes de travail œuvrant pour le compte du JCTLM sont extrêmement actifs.

Le Groupe de travail 1 est chargé d'établir des listes de matériaux de référence traçables et fiables, ainsi que des procédures de mesure de référence de premier ordre. Il recherche ainsi dans la mesure du possible la traçabilité au SI ou à d'autres références reconnues à l'échelle mondiale (par exemple les unités internationales de l'OMS) lorsque la traçabilité au SI n'est pas (encore) possible. Ces listes de matériaux et méthodes de référence certifiés de premier ordre sont publiées sur les sites Web du BIPM et de l'IFCC.

Le Groupe de travail 2 du JCTLM publie les listes des services d'étalonnage fournis par des laboratoires cliniques de référence. De plus, il organise des essais d'aptitude afin de démontrer les aptitudes et compétences des laboratoires de référence potentiels. Ces services, ainsi que les noms des laboratoires concernés, sont également publiés sur les sites Web du BIPM et de l'IFCC.

L'industrie du diagnostic *in vitro* utilise également beaucoup les matériaux et méthodes de référence certifiés répertoriés. Ceci devrait conduire à des analyses cliniques plus précises et comparables, sujet d'importance sans égal pour tous les patients traités dans les hôpitaux, indépendamment du pays ou du service concerné. Les patients auront ainsi accès aux traitements appropriés, sans pour autant passer par des séries de mesures répétées ou inutiles. Ces

améliorations devraient également générer des économies substantielles : on estime entre 10 et 30 milliards de dollars US le coût annuel des traitements inutiles, chiffre qui s'élève à 1,5 milliard d'euros pour l'Allemagne. Le marché global des produits de diagnostic *in vitro* représentait 27 milliards de dollars US pour l'année 2006, dont 8 milliards au moins pour l'Europe. Les activités du JCTLM, rendues possibles de par l'existence du MRA du CIPM, ont permis de contourner les obstacles techniques au commerce, 60 % des produits utilisés au sein de l'Union européenne étant importés des États-Unis.

Afin d'améliorer la traçabilité dans le domaine des mesures de bioactivité, le Groupe de travail du CCQM sur la bioanalyse a établi une coopération étroite avec le NIBSC, laboratoire international majeur de l'OMS.

4.8 Sécurité alimentaire et Commission du Codex Alimentarius

En 2003 et 2004 deux réunions de décideurs se sont tenues au BIPM. Toutes deux ont regroupé des représentants de l'industrie alimentaire, des laboratoires d'essais alimentaires, des laboratoires de référence de l'Union européenne, des laboratoires d'essais d'aptitude, de la Commission du Codex Alimentarius, ainsi que des régulateurs et accréditeurs. Un certain nombre d'organisations intergouvernementales spécifiques au secteur alimentaire, telles que le Conseil oléicole international, l'Organisation internationale de la vigne et du vin et la Fédération internationale de laiterie, étaient également représentées. Les essais de sécurité alimentaire concernent l'intégralité de la chaîne de production, littéralement « de la ferme à la fourchette ». Ceci inclut les tests de qualité du sol, de l'eau et de l'air, des engrais, des aliments et des médicaments pour animaux, des OGM, des maladies, des résidus toxiques, de la valeur nutritive, des compléments alimentaires etc.

Les notions de sécurité alimentaire et de valeur nutritive, l'étiquetage et la fiabilité des aliments requièrent des résultats de mesure précis, traçables et comparables. Nombre de laboratoires de référence de l'Union européenne ont déclaré ne pas être en mesure de produire des mesures et résultats d'essai traçables conformes à la norme ISO/CEI 17025. Ils ont par conséquent demandé au BIPM et aux laboratoires nationaux de métrologie de travailler sur la traçabilité, afin de stimuler le développement de matériaux de référence et procédures de mesure primordiales et d'améliorer la comparabilité à l'échelle internationale par l'intermédiaire de comparaisons globales effectuées dans le cadre du MRA du CIPM. Les laboratoires nationaux de métrologie ont également été invités à fournir, dans la mesure du possible, des valeurs de référence aux laboratoires d'essai du domaine de l'analyse alimentaire.

Le commerce alimentaire mondial représente plus de 380 milliards de dollars US par an. On estime à 10 % par an la perte subie en conséquence de mesures non fiables, soit une perte minimum de 38 milliards de dollars US par an, causant des dommages économiques irréparables pour les pays concernés.

4.9 Lutte contre le dopage et Agence mondiale antidopage (AMA)

L'Agence mondiale antidopage a été mise en place par le Comité olympique international afin de faire passer des tests de dépistage antidopage aux athlètes. En 2005, dans le cadre d'une collaboration étroite avec l'AMA, un premier test de comparaison de nandrolone a été organisé entre un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie. Le but était de tester la comparabilité des résultats de mesure obtenus par les divers laboratoires nationaux de métrologie et de prouver leur aptitude à garantir une certaine traçabilité aux laboratoires de test

travaillant sous l'égide de l'AMA. Les résultats se sont avérés satisfaisants et ont contribué à renforcer la coopération entre le BIPM, les laboratoires nationaux de métrologie et l'AMA en matière de traçabilité. Cette coopération permettra à l'AMA de renforcer sa position dans le cadre d'affaires relatives aux résultats de tests effectués sur des échantillons prélevés sur des athlètes.

4.10 Pharmaceutique et Pharmacopeia

Le marché annuel de produits pharmaceutiques s'élevait à 250 milliards de dollars US pour l'année 2004. La plupart de ces produits doit répondre à des critères et réglementations de qualité stricts. L'intérêt d'une coopération entre la Pharmacopeia, le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie a émergé au cours d'une réunion du CCQM en 2006, tout particulièrement en ce qui concerne l'amélioration de la pureté des composants, cruciale pour l'industrie. Une économie de seulement 1 % des ventes globales réalisable par l'amélioration de la qualité des produits pharmaceutiques, de la conformité aux réglementations et de la précision des doses administrées aux patients conduirait à des économies substantielles. Les intérêts du secteur font l'objet d'une coopération entre la Pharmacopeia américaine et les groupes de travail concernés du CCQM sur l'analyse organique et biologique.

4.11 Science médico-légale et sécurité

En 2005, l'International Association of Forensic Sciences (IAFS) a organisé, dans le cadre de son congrès triennal, un sommet pour l'amélioration de la qualité et de la fiabilité des tests médico-légaux effectués par les laboratoires de médecine légale et de criminalistique du monde entier. Il en a été conclu qu'il existe un véritable besoin d'amélioration de la qualité et de la comparabilité des mesures et méthodes de test par le biais d'une traçabilité sur le long terme à des références stables d'ordre hiérarchique supérieur. Dès que possible, la traçabilité au SI, ou à défaut à d'autres références reconnues à l'échelle internationale, doit être assurée. Les mesures concernées sont les traces d'ADN et d'ARN, de drogues, de poisons, d'explosifs et autres traces chimiques et biologiques. D'autres mesures renvoient à l'analyse des empreintes digitales, de l'écriture ou des éclats de balles d'armes à feu. Un programme de coopération entre l'IAFS et les réseaux régionaux de laboratoires de médecine légale et de criminalistique est en cours de développement, similaire au réseau européen des instituts de police scientifique.

Les nouvelles mesures de sécurité requièrent des données biométriques fiables, notamment dans l'élaboration des passeports.

Les autorités de l'immigration conduisent des analyses de l'iris de l'œil et autres scanners faciaux, en plus de l'analyse des empreintes digitales afin de vérifier l'identité des individus. Les mesures de sécurité des aéroports sont fondées sur des techniques de détection utilisant des rayonnements ionisants, électromagnétiques et calorifiques, ainsi que des mesures optiques, de radiofréquences et acoustiques. Les niveaux de rayonnement doivent être soigneusement contrôlés de manière à ne pas nuire à la santé publique.

Les bagages des passagers sont désormais systématiquement contrôlés à la recherche de produits chimiques ou explosifs.

De la même manière, les affaires personnelles des visiteurs de nombreux bâtiments font à présent l'objet de contrôles systématiques.

Les autorités douanières ont recours à des portiques de détection des matériaux radioactifs et substances chimiques transportés par les personnes ou stockés dans les conteneurs des cargos pénétrant au sein d'un territoire par voie aérienne ou maritime. Les passagers arrivant sur le territoire passent par des biodétecteurs de maladies. Afin d'assurer la sécurité des opérateurs de ces divers équipements, ainsi que celle des personnes et matériaux testés, l'ensemble de ces appareils de mesure requièrent un étalonnage et un test de fiabilité préalables.

5 Réglementations, métrologie, accréditation et normalisation

La métrologie et l'établissement d'une certaine traçabilité ne représentent pas un but en soi, mais servent aux besoins plus larges de l'industrie, du commerce et de la société. Afin de définir les priorités justes et de faire appel aux experts appropriés, il est essentiel de mettre en relation, puis de coopérer pleinement avec tous les décideurs des domaines concernés.

5.1 Réglementations

La conformité aux réglementations constitue un facteur de plus en plus important dans l'établissement d'une certaine traçabilité, faisant appel à des déclarations d'incertitude. Plus particulièrement, on a observé au cours de la décennie passée un essor sans précédent des voyages et du commerce à l'échelle internationale et les autorités s'inquiètent de la propagation potentielle accélérée des maladies, des conséquences du commerce international de produits alimentaires et de médicaments, et de l'accroissement de la pollution. L'Union européenne et les États-Unis ont instauré de nombreuses réglementations imposant une traçabilité et des déclarations d'incertitude, par exemple :

- les réglementations de sécurité aérienne ;
- les réglementations régissant l'utilisation des fréquences de transmission et les niveaux maxima autorisés de rayonnement électromagnétique ;
- les réglementations régissant la traçabilité des mesures cliniques ;
- les réglementations applicables à la sécurité alimentaire et à la valeur nutritive ;
- les réglementations régissant les niveaux de pollution maximum autorisés et les exigences de qualité d'air et d'eau.

Les organismes de normalisation, tels la Commission du Codex Alimentarius, et les régulateurs formulent de plus en plus leurs exigences sur des critères de performance au lieu d'imposer le suivi d'une procédure stricte. L'emphase est par conséquent portée sur une compréhension et une définition claires du mesurande (la quantité ou substance à mesurer), l'équation de mesure, la validation de la méthode utilisée ainsi que le calcul de l'incertitude de mesure. Afin d'obtenir des mesures et des résultats d'essai comparables à l'échelle mondiale, répondant à la condition « une norme, un essai acceptés partout », une coopération étroite entre les organismes de normalisation et les laboratoires nationaux de métrologie est requise.

5.2 Métrologie légale et Organisation internationale de métrologie légale (OIML)

Le contrôle des étalons et instruments de mesure primaires est exigé par la loi dans les domaines du commerce (commerce équitable et protection du consommateur), des soins de santé (utilisation à domicile d'appareils de mesure médicaux), de la protection de la santé humaine (contrôle de la pollution) et de la sécurité publique. De plus, les mesures effectuées par la police et les douanes doivent être traçables par rapport au SI. L'OIML et le BIPM étudient la traçabilité des étalons et instruments de mesure utilisés dans les contrôles de routine. Ces deux organismes préparent également actuellement une approche et la promotion communes de leur travail eu égard des besoins en mesures fiables et traçables.

De la même manière, ces deux organisations de métrologie intergouvernementales (le BIPM et l'OIML) coopèrent avec l'ILAC pour la promotion de leurs arrangements de reconnaissance internationaux afin de créer un système cohérent et complémentaire d'aptitudes en matière d'étalonnage, de mesure et d'essai fiables. Les intentions de ces organismes ont été consignées dans une déclaration commune du BIPM, de l'ILAC et de l'OIML sur l'intérêt des divers accords internationaux sur la métrologie pour le commerce, la législation et la normalisation, publiée en janvier 2006.

Le BIPM, l'ILAC et l'OIML coopèrent également pour apporter leur soutien aux pays en voie de développement, dans l'établissement de leur infrastructure d'étalonnage, de mesure et d'essai. Cette coopération est principalement assurée par le JCDCMAS (24). Ce comité compte également des représentants de l'IAF, de la CEI, de l'ISO, du bureau de normalisation des télécommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT-T) et de l'UNIDO ; trois organisations y sont aussi présentes en tant qu'observateurs : le Centre du commerce international (CCI du CNUCED/OMC), la Confédération internationale des mesures (IMEKO) et le SCC.

5.3 Métrologie, accréditation et normalisation

Comme mentionné à la section 2.3, l'évaluation de la conformité est un problème primordial à l'heure actuelle. Les produits et services fournis doivent être conformes aux spécifications industrielles et commerciales établies, ainsi qu'à des normes et réglementations définies. Les fabricants et prestataires de services doivent être en mesure de prouver que toute déclaration faite en rapport avec leurs produits et services est précise et vérifiée. L'évaluation par des organismes tiers doit être fiable. L'accréditation de laboratoires, la fabrication de matériaux de référence certifiés, les laboratoires d'essais d'aptitude, les organismes de contrôle et de certification doivent tous se fonder sur des mesures et résultats d'essai indiscutables. Ces derniers doivent donc être fiables et comparables, renvoyant tous au même système de référence international, le SI.

L'infrastructure globale sous-jacente à l'évaluation de la conformité repose sur deux arrangements de reconnaissance mutuelle :

- L'arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (MRA du CIPM), ayant établi un système transparent de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés participants. Les laboratoires nationaux et autres laboratoires désignés fournissent à tous les laboratoires les outils de traçabilité nécessaires, reconnus par l'Arrangement de l'ILAC.

- L'Arrangement de l'ILAC a mis en place un système transparent de reconnaissance mutuelle des mesures et rapports d'essai émis par les laboratoires reconnus par l'Arrangement de l'ILAC.

Le MRA du CIPM et l'Arrangement de l'ILAC sont parfaitement complémentaires, tout en notant que l'Arrangement de l'ILAC, pour être recevable, doit reposer sur des mesures et résultats d'essai fiables et traçables à l'échelle internationale. C'est pourquoi, en 2001, le Comité international et l'ILAC ont signé un protocole d'accord afin d'établir la base d'une collaboration étroite. En 2006, les deux organismes ont publié une déclaration commune sur les rôles et responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des organismes d'accréditation reconnus au niveau national. Celle-ci vient s'ajouter à la déclaration commune du BIPM, de l'ILAC et de l'OIML sur l'intérêt des divers accords internationaux sur la métrologie pour le commerce, la législation et la normalisation, publiée en janvier 2006. Ces deux déclarations soulignent l'importance de la coopération entreprise et de la sensibilisation des régulateurs, et tous les acteurs impliqués, à l'utilisation de ces deux accords (25, 26).

Bien que l'accréditation des laboratoires d'étalonnage constitue elle-même une activité d'évaluation de la conformité, il n'en est rien pour l'étalonnage des instruments et systèmes de mesure, tel que présenté à la Résolution 11 de la 22^e Conférence générale. Cependant, l'évaluation tierce et indépendante fondée sur la norme ISO/CEI 17025 constitue une étape importante dans l'établissement d'un réseau transparent, crédible et fiable de laboratoires, répercutant la traçabilité au SI à toutes les organisations devant produire des résultats de mesure fiables.

Une coopération étroite a été établie entre l'ILAC et l'ISO, plus particulièrement avec le comité ISO CASCO responsable du développement des étalons d'évaluation de la conformité. Dans les cas où cela s'est avéré nécessaire, une coopération a également été établie avec d'autres comités techniques de l'ISO, tel que l'ISO TC 212, responsable du développement des normes d'assurance qualité dans le domaine de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire. Les normes ISO concernées sont les normes 15189, 15191, 15192, 15193, 15195 et 17511.

5.4 Organisations intergouvernementales et autres organismes internationaux

Le Comité international a signé des protocoles d'accord et des accords de coopération avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux impliqués dans la métrologie. La CIE, l'IFCC, l'ILAC, l'OMS et l'OMM en sont quelques exemples. Les membres du personnel du BIPM sont également impliqués dans les travaux de l'AIEA, de la Commission du Codex Alimentarius, de l'Inter Agency Meeting (s'attachant aux problèmes liés aux essais alimentaires), de l'UAI, de l'ICRU, de l'UIT, de l'UGGI, de l'UICPA, de l'UIPPA et bien d'autres.

L'objectif de ces coopérations est de promouvoir une mise en œuvre correcte de la traçabilité et des déclarations d'incertitude de mesure pour tout étalonnage, toute mesure ou toute activité d'essai effectués sous l'égide de ces organisations. Les données transmises en retour par ces organisations sont indispensables à la définition des priorités et à l'exploitation de leur expertise.

En dépit de l'importance même des mesures et des résultats de test fiables et reconnus à l'échelle mondiale pour la suppression des obstacles techniques au commerce, la candidature du BIPM pour obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce (TBT) de l'OMC n'a toujours pas suscité de réponse favorable. Cette participation aux délibérations du comité TBT soulignerait l'importance de la mise en place d'infrastructures métrologiques

nationales et régionales dans les pays en voie de développement, éléments reconnus indispensables à l'établissement d'un système de commerce libre par l'OMC.

Le BIPM a contacté l'Organisation mondiale des douanes avec l'intention d'identifier et de trouver des solutions à de nombreux problèmes liés aux opérations douanières qui entravent plus souvent qu'elles ne facilitent l'exécution en temps voulu des comparaisons entre les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires.

Nous avons mentionné à la section 5.2 les coopérations développées entre un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux visant à soutenir le développement des infrastructures de métrologie dans les pays en voie de développement.

5.5 Coopération métrologique au niveau mondial, régional et national

Sur le plan mondial, les coopérations avec des organisations intergouvernementales et organismes internationaux, telles que celles décrites précédemment, se sont avérées de réels succès. Il est cependant essentiel de développer ce type de coopérations au niveau régional et national, entre les laboratoires nationaux de métrologie et autres organismes intéressés. Le Comité international recommande ainsi fortement que les organisations régionales de métrologie développent dans la mesure du possible des collaborations avec les organisations régionales équivalentes à celles coopérant avec le BIPM sur le plan mondial. Les mêmes considérations entrent en ligne de compte sur le plan national.

Le domaine de la métrologie étant très vaste, les laboratoires nationaux de métrologie ne seront presque dans aucun cas en mesure de fournir l'intégralité des services d'étalonnage requis au sein d'un même pays. C'est pourquoi une coopération internationale et un partage des aptitudes entre les laboratoires nationaux de métrologie d'une même région sont essentiels. Ceci s'applique tout particulièrement aux nouveaux domaines de la métrologie, tels que ceux des mesures chimiques et biologiques, de la production de matériaux de référence certifiés et des propriétés des matériaux.

Dans le domaine des mesures physiques, et ce dans la plupart des pays, un second niveau de laboratoires d'étalonnage accrédités a été mis en place afin d'assurer la dissémination de la traçabilité à l'ensemble des utilisateurs. Dans le domaine de la chimie cependant, une telle infrastructure est rare. L'établissement de laboratoires de référence chimiques accrédités doit être encouragé autant que possible afin de disséminer la traçabilité dans ce domaine à tous ceux qui en ont besoin.

6 Le BIPM

Le rapport 2003 à la Conférence générale sur l'*Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* décrit le rôle du BIPM et définit le BIPM comme une institution. Étant donné l'intérêt croissant porté à l'obtention de résultats d'étalonnage, de mesures et d'essais fiables, précis et internationalement reconnus dans la quasi-totalité des domaines de mesure, le travail de coordination du BIPM a connu un essor sans précédent. Ces tâches viennent s'ajouter au travail scientifique de base requis sur les mesures et étalons de transfert globaux essentiels requérant également un nombre conséquent de

ressources. Bien que le rôle du BIPM tel que mentionné à la section 6.1 n'ait pas changé par rapport à celui décrit dans le rapport 2003 à la Conférence générale, la quantité de travail par tâche a augmenté, alors qu'aucun personnel supplémentaire n'a été recruté.

6.1 Le rôle du BIPM

Cette section décrit le rôle du BIPM tel que défini par les États membres lors de la 22^e Conférence générale. Le texte ci-dessous est extrait du 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* présenté à la 22^e Conférence générale et approuvé.

Le rôle du Bureau international

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 Bureau international 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 et des systèmes de référence, 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 de mesure, actuels et à venir, et notamment des activités de recherche fondamentale, 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 Bureau international ;
- favoriser l'échange de personnel scientifique entre le Bureau international et les laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, lié à 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 Bureau international, 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 des organismes internationaux, dans les cas où de tels accords aideraient à coordonner les activités de ces organisations et du Bureau international, ou du CIPM, ou pourraient stimuler la coordination correspondante au niveau national et régional ;
- collaborer avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux accomplissant des missions connexes et, si nécessaire, établir des comités communs ;
- faire valoir les intérêts communs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, 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 Bureau international 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 Bureau international

Le Bureau international 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.

6.2 Les comités communs

Des comités communs ont été établis entre le BIPM et d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux dans des domaines précis, afin de bénéficier de l'expertise de ces autres organisations dans le cadre de problèmes métrologiques donnés.

Les activités du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) sont exécutées par deux groupes de travail :

- Le Groupe de travail 1 est responsable de la publication des guides sur l'expression de l'incertitude de mesure (GUM). Ce groupe de travail a bien progressé et a publié des suppléments au GUM. Une approche harmonisée des calculs d'incertitude de mesure est essentielle pour garantir des jugements justes des mesures et résultats d'essai. Sans cela, les conséquences d'une approche non harmonisée pourraient se répercuter en un espace économique inégal.
- Le Groupe de travail 2, responsable du vocabulaire international de métrologie (VIM), a récemment produit une mise à jour du VIM, dont la publication est prévue pour 2007. L'utilisation et la compréhension correctes du vocabulaire métrologique sont indispensables à l'établissement d'une comparabilité globale des mesures et résultats d'essai. Ces objectifs restent fréquemment hors d'atteinte en raison d'un défaut de compréhension du langage scientifique et technique d'autrui.
- Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), établi en 2003 et regroupant le BIPM, l'IFCC et l'ILAC, connaît un franc succès. L'ensemble des décideurs du domaine de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire en sont membres à part entière, ce qui permet d'établir une base solide pour l'acceptation et l'exécution des travaux effectués par le JCTLM. L'IFCC soutient financièrement le BIPM pour les travaux liés au secrétariat du JCTLM (voir section 4.7).
- 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 (JCDMAS) a mis au point une présentation commune des travaux effectués par les organisations participantes. Celle-ci est disponible sous la forme d'une présentation Power Point et de plaquettes expliquant les différentes tâches et responsabilités, et soulignant l'importance d'une cohérence des objectifs communs. Le JCDMAS travaille dans la mesure du possible avec nombre d'organisations d'aide au développement soutenant la mise en place d'une infrastructure d'accréditation et de normalisation métrologique dans les pays en voie de développement. Le secrétariat du JCDMAS est soutenu financièrement par l'UNIDO à Vienne (voir section 5.2).

Des comités communs supplémentaires pourront être établis à l'avenir dans d'autres domaines d'intérêt, si cela s'avère désirable et bénéfique.

6.3 Développements récents au sein du BIPM

Comme le montre le rapport 2003 à la Conférence générale au sujet de *l'Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, le travail du BIPM est fortement valorisé par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Il fournit de toute évidence de la valeur ajoutée à toutes les entités économiques ainsi qu'à tous les pays. En 2003, la valeur économique et scientifique du travail du BIPM a en outre été démontrée par les résultats d'une étude réalisée par KPMG (27). Depuis lors, de nombreux objectifs significatifs ont été atteints. Le MRA du CIPM a continué de faire ses preuves et il est utilisé comme modèle pour développer une infrastructure similaire dans le cadre de la médecine de laboratoire au sein des travaux du JCTLM, qui a démontré sa propre réussite dans la suppression des obstacles techniques au commerce pour le compte de l'industrie des diagnostics *in vitro*. L'étroite collaboration et les débats intenses avec l'ILAC au sujet de l'importance d'un système global clair et transparent pour la traçabilité reconnue des mesures et des résultats d'essais ont débouché sur un nombre d'actions communes et ont certainement renforcé les importantes relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation. Suite à ces résultats et à d'autres réussites, le BIPM a été contacté par plusieurs autres organisations intergouvernementales, telles que l'Organisation météorologique mondiale, et organismes internationaux tels que l'Agence mondiale antidopage, divers organismes pour l'alimentation et associations industrielles, Pharmacopeia et les organisations scientifiques médico-légales. Tout cela démontre la valeur ajoutée croissante et la pertinence du travail réalisé par le BIPM pour les États membres conformément à sa mission.

En dépit de l'expansion rapide des liaisons internationales, le BIPM s'est efforcé de pouvoir réagir face aux nouvelles tâches qui lui ont été confiées, tout en livrant simultanément le programme de travail qui avait été approuvé lors de la dernière Conférence générale. Cependant, étant donné que la situation financière actuelle de l'organisation ne lui permet pas de recruter plus de personnel, son travail scientifique ainsi que ses activités de coordination internationale ont subi une pression croissante. Jusqu'à présent, le BIPM a été capable de gérer au mieux la situation, grâce à son personnel scientifique, technique et administratif hautement qualifié. Étant donné qu'une grande partie de ce personnel doit partir à la retraite dans un avenir proche, il est impératif que le BIPM prenne des mesures pour employer de nouveaux effectifs jeunes, qui auront l'occasion de travailler au moins sur une courte période en parallèle avec le personnel partant à la retraite. Cela doit permettre de garantir un transfert approprié du savoir, ainsi qu'une continuité dans le travail du BIPM, et s'avère particulièrement important au sein d'une organisation dans laquelle les équipes pertinentes sont hautement spécialisées et relativement réduites.

Il est nécessaire d'employer du personnel hautement qualifié pour réaliser et maintenir les étalons de mesure et les équipements au sein du BIPM, et pour pouvoir fournir les services nécessaires aux laboratoires nationaux de métrologie. Ces services comprennent : les comparaisons, les étalonnages, le transfert de technologie, le soutien aux Comités communs et aux Comités consultatifs ainsi qu'à leurs groupes de travail, le site Internet du BIPM, la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, la base de données du JCTLM, les publications et la mise à disposition de structures pour les échanges de personnel scientifique entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie. Pour accomplir sa mission, le BIPM doit être considéré comme une organisation bien informée et hautement compétente, qui agit comme une organisation intergouvernementale dans le domaine métrologique. Cela n'est possible que parce qu'il exécute un programme scientifique dans ses propres laboratoires, ce qui représente une condition essentielle pour pouvoir attirer et retenir du personnel scientifique hautement

spécialisé. Afin de pouvoir fournir un maximum de valeur ajoutée aux États membres avec un effectif scientifique réduit, l'organisation doit être légère et flexible et doit travailler à partir d'un programme cohérent d'activités dont chacune apporte son savoir aux autres.

Les activités devraient cibler des domaines dans lesquels le BIPM peut offrir de la valeur ajoutée aux laboratoires nationaux de métrologie, en occupant des niches et en évitant la répétition de travaux qui sont déjà exécutés par les laboratoires nationaux de métrologie.

Comme il a déjà été stipulé dans le rapport de la 22^e Conférence générale, la politique du BIPM en matière de recrutement du personnel consiste à établir un équilibre entre les emplois permanents et les emplois de courte durée, sous la forme d'emplois post-doctoraux et de postes de chercheurs associés. Le BIPM a besoin d'employés permanents pour assurer une bonne continuité dans ses tâches à long terme ainsi qu'une mise à jour des connaissances de base nécessaires pour atteindre les objectifs à long terme du BIPM. Les emplois de courte durée peuvent apporter une expertise spécifique sans engagement de longue durée. Grâce à cette combinaison, le BIPM peut développer les compétences essentielles, le savoir et la flexibilité nécessaires pour se tenir à jour avec les nouvelles évolutions scientifiques et technologiques, et pour adapter le programme de travail selon les besoins. De plus, le BIPM souhaite accueillir des visiteurs de courte durée en provenance des laboratoires nationaux de métrologie, pour des périodes entre un mois et deux ans, afin de travailler sur des projets intéressants à la fois les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM.

En conséquence des décisions prises en 2003 lors de la 22^e Conférence générale, concernant le programme de travail et le budget alloué pour les années 2005 à 2008, le BIPM a fermé la section des longueurs et celle de photométrie et radiométrie. Les employés de ces sections ont été transférés principalement vers la section d'électricité et vers l'ancienne section du temps, aujourd'hui renommée section Temps, fréquences et gravimétrie. Certains ont été affectés à des postes rendus vacants suite à des départs à la retraite. D'autres sont venus renforcer la réalisation de projets majeurs tels que les travaux sur le condensateur calculable au sein de la section d'électricité et sur l'expérience de la balance du watt, qui relève d'une collaboration entre les sections Masse et Électricité.

Les comparaisons globales et régulières de gravimètres absolus, connues sous le nom de comparaisons internationales de gravimètres absolus (ICAG), représentent une activité unique menée par le BIPM pour le compte de l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) et en collaboration avec cette dernière. L'UGGI se charge de faire des études sur la Terre, des observations gravimétriques dans des zones d'exploration de réserves d'hydrocarbures, ainsi que des études sur les structures géologiques et la nécessité d'augmenter la précision des mesures de champ gravitationnel (géoïde). Ce travail doit être poursuivi dans le cadre de la section Temps, fréquences et gravimétrie. Suite au transfert du personnel de l'ancienne section des longueurs, l'ancienne section du temps est à présent également capable de fournir de l'expertise dans le domaine des mesures de fréquences optiques et de lasers, nécessaires pour d'autres travaux au BIPM et pour soutenir le travail du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF).

Comme convenu en 2003 lors de la 22^e Conférence générale, les activités de la section Rayonnements ionisants ont été poursuivies. La section Chimie a renforcé ses activités dans le domaine des étalons relatifs à l'ozone et des comparaisons correspondantes, ainsi que dans le domaine organique, par un travail sur l'analyse de la pureté de certains composants sélectionnés, destinée à soutenir l'établissement de la traçabilité dans les domaines des mesures relatives à la sécurité alimentaire et des mesures cliniques.

6.4 Programme de travail et dotation du BIPM

Le rôle et les tâches confiés au BIPM suite aux décisions prises en 2003 lors de la 22^e Conférence générale sont conformes aux besoins tels qu'exprimés par les laboratoires nationaux de métrologie et plusieurs autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux qui collaborent actuellement avec le Comité international, ses Comité consultatifs et le BIPM. Les tâches du BIPM forment un ensemble cohérent et harmonieux d'activités fondées sur la disponibilité internationale d'expériences et de savoirs interdisciplinaires, pertinents et nécessaires.

L'importance du programme de travail du BIPM pour la communauté mondiale est parfaitement démontrée par le fait que les laboratoires nationaux de métrologie demandent de plus en plus de services. Un grand nombre d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux ont aussi demandé l'aide et le soutien du BIPM dans les domaines qu'il traite au sein de ses laboratoires pour la masse, le temps, les fréquences, la gravimétrie, l'électricité, les rayonnements ionisants et la chimie, ainsi que dans ses activités concernant le MRA du CIPM et les relations avec les organisations internationales responsables de domaines allant de l'accréditation de laboratoires et de la normalisation jusqu'aux mesures relatives aux changements climatiques et environnementaux, la sécurité alimentaire et les valeurs nutritionnelles, la médecine de laboratoire, les produits pharmaceutiques, la médecine légale, etc. Toutes ces activités entrent dans le cadre des missions et des tâches du BIPM telles que définies en 2003 lors de la 22^e Conférence générale.

L'augmentation rapide des demandes adressées au BIPM ne peut être traitée de manière satisfaisante que si la 23^e Conférence générale décide d'augmenter la dotation du BIPM, permettant ainsi de disposer de ressources humaines plus importantes pour exécuter les tâches confiées au BIPM. Il faut noter qu'aucune nouvelle tâche n'a été proposée (28).

En préparant les propositions du programme de travail et du budget pour la 23^e Conférence générale, le CIPM a tenu compte des points suivants :

- le programme d'activités de laboratoire adopté par la 22^e Conférence générale ;
- les nombreux services fournis par le BIPM sur la base de son expertise scientifique ;
- l'augmentation du travail, qui découle de la participation accrue des laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires désignés au MRA du CIPM, et qui a entraîné une augmentation de l'activité liée à la KCDB ;
- le travail additionnel résultant du JCRB, la nécessité de maintenir un réseau informatique robuste pour soutenir le travail du BIPM et notamment son site Internet, et le Système Qualité du BIPM ;
- les activités nouvelles et croissantes relatives aux demandes venant des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux, tels que la CIE, la Commission du Codex Alimentarius, l'ILAC, l'ISO, l'Inter-Agency Meeting, le JCTLM, la Pharmacopeia, l'OMS, l'OMM et l'AMA, la communauté internationale des sciences médico-légales, les organismes de régulation, les associations industrielles et le JCDMAS ;
- les besoins métrologiques toujours accrus, dans des domaines nouveaux ou déjà existants, notamment les rayonnements ionisants, la chimie, la bio-analyse, la médecine et l'alimentation ;
- le rôle toujours plus important de représentation et de promotion de la métrologie, joué par le BIPM ;

- les réponses des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et de quelques autres instituts à des questionnaires portant sur le travail du BIPM et les discussions qui en ont résulté dans le cadre des Comités consultatifs concernés ;
- les efforts permanents du BIPM pour gérer ses affaires de manière optimale et économique, en utilisant la dotation le plus efficacement possible ;
- l'impossibilité de maintenir ses activités actuelles au-delà de 2008 avec la présente dotation.

Sur la base des considérations contenues dans ce rapport 2007, sur l'*Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, le CIPM a proposé un programme de travail ainsi qu'un budget pour le BIPM pour les années 2009 à 2012. Cette proposition est présentée aux États membres sous la forme de deux documents. Le premier est la Convocation de la 23^e Conférence générale des Poids et mesures, envoyée aux États membres en janvier 2007 (5). Le deuxième document est intitulé « Programme de travail et budget du BIPM pour les années 2009 à 2012 », envoyé aux États membres en avril 2007 (6).

Les principaux éléments du programme de travail proposé sont :

- Masse : la conservation et la dissémination de l'unité de masse, y compris le développement de balances, le pesage dans l'air et sous vide, les étalonnages et les comparaisons des étalons de masse, la masse volumique de l'air, les propriétés des étalons de masse et la participation au projet international Avogadro et au projet sur la balance du watt au BIPM.
- Temps : calcul, dissémination et développement des échelles de temps TAI et UTC, y compris des études sur les techniques de comparaison d'horloges, sur les systèmes de référence spatio-temporels et sur l'étalonnage des récepteurs de comparaisons de temps.
- Fréquences : étalonnage de la fréquence de lasers stabilisés et d'autres lasers, comme ceux faisant partie des gravimètres absolus participant aux comparaisons internationales de gravimètres absolus (ICAG) et pour le condensateur calculable et la balance du watt, ainsi qu'un service de remplissage de cuves à iode pour lasers stabilisés.
- Gravimétrie : comparaisons périodiques de gravimètres absolus et conservation du réseau gravimétrique du BIPM en collaboration avec l'UGGI.
- Électricité : conservation et développement d'étalons électriques primaires pour le volt, l'ohm et le farad, fondés sur des étalons de référence à effet Josephson et à effet Hall quantique du BIPM, y compris la mise en œuvre du condensateur calculable de référence ; comparaisons internationales et étalonnages, et participation au projet de la balance du watt.
- Rayonnements ionisants : conservation des étalons comme étalons de référence internationaux pour la majorité des comparaisons nationales en dosimétrie, et particulièrement pour les laboratoires de dosimétrie secondaire (Secondary Standards Dosimetry Laboratories, SSDL) gérés par l'Agence internationale de l'énergie atomique, conservation et développement du Système international de référence pour les radionucléides, comparaisons avec des étalons de curiethérapie, préparatifs pour le développement d'une installation aux rayons x à haute tension et de faisceaux d'électrons pour la dose absorbée, et comparaisons similaires qui feraient partie du programme de travail proposé pour les années 2013 à 2016, et étalonnages en dosimétrie.
- Chimie : développement d'un programme limité sur les étalons des gaz, destiné au contrôle de la qualité de l'air et des changements climatiques, conservation et développement des étalons relatifs à l'ozone qui régissent les réseaux nationaux, régionaux et globaux de contrôle de l'ozone troposphérique, faisant également partie des activités dans le cadre du

programme de surveillance atmosphérique globale de l'OMM, et un petit programme sur les références primaires pour les analyses organiques servant à soutenir les systèmes de mesure dans l'alimentation, la santé et les applications médico-légales.

Ce programme de travail doit permettre au BIPM de faire face à ses responsabilités telles que définies auparavant, et il correspond aux besoins tels qu'exprimés par les bénéficiaires de ses activités. Il permettra de mettre en place les synergies nécessaires entre les différentes activités pour fournir une base scientifique solide et efficace pour les services fournis aux laboratoires nationaux de métrologie et à la communauté métrologique internationale. De plus amples détails de ce programme sont présentés dans le document « *Programme de travail et budget du BIPM pour les années 2009 à 2012* », qui a été distribué aux États membres en avril 2007. Ce programme est conforme au programme défini lors de la 22^e Conférence générale en 2003 et en constitue la suite logique.

7 Conclusions et recommandations du CIPM

Sur la base des informations contenues dans les sections 2 à 6, ainsi que :

- des informations obtenues par des questionnaires et au travers de nombreux contacts avec les laboratoires nationaux de métrologie, d'autres laboratoires désignés, l'OMM, les réunions d'intéressés avec la communauté médicale en clinique et en laboratoire, le secteur alimentaire et la communauté des propriétés des matériaux ;
- des points de vue d'un grand nombre d'autres organisations intergouvernementales et des organismes internationaux ;
- des informations et des conclusions des Comités consultatifs concernés ; et
- des résultats des discussions menées dans le cadre des réunions de directeurs ;

le CIPM a approuvé les conclusions et les recommandations suivantes lors de sa réunion d'octobre 2006 (29).

7.1 Conclusions et recommandations générales

- La compétitivité et l'innovation durables demandent dans tous les domaines des mesures et des tests précis avec des résultats traçables, afin d'établir des normes à long terme sur les mesures de référence, telles que définies par le Système international d'unités.
- Les domaines prioritaires pour l'établissement de la traçabilité comprennent la santé (diagnostics, thérapies et produits pharmaceutiques), le contrôle antidopage, l'alimentation, la biotechnologie, la nanotechnologie, les matériaux avancés, l'énergie (y compris les nouvelles sources d'énergie), les changements climatiques et environnementaux, le transport, les technologies de l'air et de l'espace, la médecine légale et la sécurité.
- Les études sur la fiabilité des technologies d'information et de communication doivent être poursuivies afin de garantir un traitement sécurisé et correct des résultats de mesure.
- L'élimination des obstacles techniques au commerce et la conformité avec les mesures sanitaires et phytosanitaires représentent des points prioritaires dans les programmes

politiques des pays et des entités économiques, qui nécessitent une traçabilité et une comparabilité reconnues sur le plan international pour les normes sur les mesures de référence ainsi que des matériaux de référence certifiés et des systèmes d'étalonnage, des systèmes de mesure acceptés sur le plan international et les résultats de tests.

- Le commerce, l'économie et la société de nombreux pays en voie de développement souffrent du manque d'infrastructures métrologiques reconnues sur le plan international. Le soutien au développement de laboratoires nationaux de métrologie dans les pays en voie de développement devrait être renforcé et considéré comme l'un des fondements pour l'amélioration de l'économie et de la qualité de vie.
- On s'attend à ce que dans un avenir proche, mais pas avant 2011, la plupart des unités de base du Système international d'unités et particulièrement le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole soient redéfinis en termes de valeurs fixées de constantes de la nature. Cela réduira les incertitudes estimées sur d'autres constantes fondamentales et donc celles des mesures.
- Le développement de domaines interdisciplinaires tels que la nanotechnologie, les matériaux avancés et les propriétés des matériaux nécessitera bientôt un certain nombre de normes pour les nouvelles mesures de référence en physique et en chimie.
- Comme la métrologie est en retard au niveau des bio-technologies et de la microbiologie par rapport à son développement dans les autres domaines, la recherche en métrologie doit être renforcée pour permettre la quantification et la traçabilité des mesures relatives aux gènes, aux protéines et aux cellules.
- La demande en matériaux de référence certifiés utilisés comme référence de mesure dans les vastes branches de la chimie clinique et analytique, des analyses pharmaceutiques, des tests alimentaires, des mesures environnementales et des propriétés des matériaux, nécessite une coopération internationale pour leur production, leur caractérisation et pour l'assignation de leur valeur.
- La coordination et la coopération internationale et nationale en matière de métrologie sont nécessaires au développement et à la mise en place de lois importantes, de réglementations, de normes écrites et de critères d'accréditation. La coopération entre le BIPM, l'ILAC, l'ISO/CEI et l'OIML sur le plan international doit être également appliquée sur le plan national et régional.
- L'intérêt croissant des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés à participer au MRA du CIPM démontre son impact économique, son efficacité et son efficacité.
- Suite au succès du MRA du CIPM, le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire a publié une liste de matériaux de référence fiables et de méthodes d'ordre hiérarchique supérieur sur les sites Internet du BIPM et de l'IFCC. Les matériaux et les méthodes énumérés sont aujourd'hui consultés et utilisés régulièrement par l'industrie du diagnostic *in vitro*, tandis que la Commission européenne s'apprête à les reconnaître officiellement afin de soutenir la directive de l'Union européenne sur les diagnostics *in vitro*.

7.2 Priorités pour le BIPM

- Les tâches principales du BIPM consistent à produire et à conserver un système international unique d'étalons de mesure tels que le prototype international du kilogramme, à établir et disséminer le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC), à assurer la coordination, à parler et à agir au nom de la communauté internationale au sujet de toutes les questions relatives à la métrologie.
- Pour disposer du savoir, du statut et de la crédibilité nécessaires, le BIPM doit conserver son personnel scientifique et continuer à avoir une activité scientifique de laboratoire au plus haut niveau international.
- Par conséquent, le BIPM doit conserver un certain nombre de laboratoires cohérents et pertinents pour fournir la base nécessaire à une vaste connaissance de tous les domaines concernés par la métrologie, tout en apportant de la valeur ajoutée et en générant des économies pour les laboratoires nationaux de métrologie.
- En dehors des laboratoires pour la masse et le temps, les fréquences et la gravimétrie, le BIPM doit renforcer ses aptitudes dans le domaine de la chimie, tandis que le laboratoire pour l'électricité sera conservé comme laboratoire essentiel pour la production et la conservation des unités du SI et pour les comparaisons internationales. Les laboratoires relatifs aux rayonnements ionisants devront conserver leurs installations internationales de référence et continueront d'organiser des comparaisons en continu.
- Le BIPM doit également continuer à organiser des comparaisons et à fournir des services appropriés ainsi qu'un transfert gratuit des connaissances au profit des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, dans les domaines dans lesquels il mène des activités de laboratoire.
- Le développement du MRA du CIPM et aussi par conséquent les activités croissantes de liaison avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux, y compris les organismes de régulation, les organismes d'accréditation et les associations industrielles ayant un intérêt dans la métrologie, ont pris énormément d'ampleur au cours de ces dernières années. Cette évolution pèse lourd sur les épaules du BIPM, qui doit renforcer ses effectifs afin d'assurer ce travail.
- Comme le MRA du CIPM doit être global et ne pas représenter un obstacle technique en lui-même, le BIPM doit accorder plus d'attention aux pays en voie de développement ainsi qu'aux initiatives destinées à les encourager à devenir signataires du MRA du CIPM. Par conséquent, le BIPM soutiendra les programmes permettant d'aider les pays en voie de développement à mettre en place leurs propres structures métrologiques nationales. Pour faciliter la communication avec les laboratoires nationaux de métrologie des pays qui ne sont pas encore des États membres ou des Associés à la Conférence générale, on propose la création d'une catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie.
- Les opportunités pour une coopération supplémentaire avec l'OIML sont discutées lors des réunions ordinaires entre le BIPM et le Bureau international de métrologie légale et se trouvent également au programme des réunions entre le CIPM et le Conseil de la présidence de l'OIML.

7.3 Recommandations aux laboratoires nationaux de métrologie

- Les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés sont encouragés à développer de nouveaux étalons et méthodes de mesure plus précis, afin de répondre aux exigences de mesure concernant la traçabilité et l'incertitude de mesure dans quasiment tous les domaines de mesure. Cela s'applique particulièrement aux domaines tels que la santé, l'alimentation et l'environnement.
- Alors que la demande de comparabilité et de traçabilité s'élargit à de nombreux domaines de mesure qui ne sont historiquement pas traités par la plupart des laboratoires nationaux de métrologie, il est recommandé de désigner d'autres instituts spécialisés dans le pays et de s'appuyer sur la coopération internationale. En ce qui concerne la métrologie dans le domaine de la chimie, où la traçabilité est principalement fournie par le biais des matériaux de référence certifiés, la coopération internationale s'avère inévitable et souhaitable.
- On recommande aux laboratoires nationaux de métrologie de coopérer et de fournir des services mutuels, particulièrement dans les cas où la traçabilité ne peut être apportée par le BIPM.
- On recommande aux laboratoires nationaux de métrologie de se réunir et de former des organisations régionales de métrologie, et de renforcer la coopération entre les organisations régionales de métrologie existantes.
- On recommande une étroite collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation, puisque cela constitue une condition pour pouvoir fournir une traçabilité fiable et reconnue à toutes les institutions qui utilisent des mesures.
- On recommande aux laboratoires nationaux de métrologie de s'associer avec tous les acteurs nationaux qui possèdent un intérêt dans les résultats des mesures comparables et crédibles, y compris les organismes de régulation, les organismes de normalisation, les associations professionnelles, les académies, les organisations spécifiques à un secteur, l'industrie, etc. La réussite de la métrologie globale dépend d'une coopération nationale et régionale réussie et *vice versa*.

7.4 Recommandations aux États membres

- Compte tenu des points ci-dessus, le Comité international recommande aux États membres d'accorder et de maintenir encore plus qu'avant une aide financière suffisante aux laboratoires nationaux de métrologie et aux infrastructures nationales de métrologie, y compris dans le domaine important de la métrologie en chimie et ses applications à de nombreux secteurs du commerce, de l'industrie et de la société.
- Le Comité international recommande aux États membres d'approuver le programme de travail et la dotation correspondante du BIPM, tel qu'il est demandé dans le projet de résolution C présenté à la 23^e Conférence générale. Avec ce soutien, le BIPM pourra continuer à créer et à maintenir un fondement global solide à un cadre reconnu sur le plan international en matière de traçabilité et de comparabilité, qui réponde aux besoins actuels et qui fournisse une base saine pour l'avenir.

Annexe 1. Infrastructure nationale et internationale de la métrologie

Note : ceci constitue une version actualisée du texte correspondant de l'Annexe 1 « Infrastructure nationale et internationale de la métrologie » du rapport à la 22^e Conférence générale (CGPM) publié en 2003 sur *l'Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*.

1 Les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie

1.1 Le laboratoire national de métrologie

Comme l'expliquait déjà le rapport de la Conférence générale publié en 2003, il existe dans quasiment chaque pays des prescriptions légales demandant au gouvernement d'établir des étalons de mesure appropriés par le biais d'une sorte de laboratoire national de métrologie.

Le laboratoire national de métrologie peut être une organisation centralisée, chargée de la création et de la conservation de toutes les unités pertinentes du Système international d'unités (SI) sous la forme d'étalons de mesure nationaux, et responsable de leur dissémination auprès de ses clients par le biais d'étalonnages, de comparaisons et de matériaux de référence certifiés. Dans d'autres cas, ce rôle est assuré par une organisation partiellement décentralisée ou même virtuelle. Dans le cas présent, cette distinction n'a pas d'importance directe. Une organisation centralisée peut représenter une solution optimale, car elle offre les meilleures opportunités pour une fertilisation croisée et pour l'échange des connaissances, et permet d'éviter la répétition inutile du travail. Or pour de nombreux pays, une organisation décentralisée représente une solution très satisfaisante et efficace, du moins à l'heure actuelle. Une telle organisation décentralisée peut utiliser les aptitudes existantes et l'expertise d'autres laboratoires, qui appartiennent souvent à différents instituts gouvernementaux mais qui ont des responsabilités par exemple dans le domaine de la santé, de l'environnement, du contrôle de la pollution, de la sécurité alimentaire et de la médecine légale.

Dans certains pays, le laboratoire national de métrologie est un institut virtuel constitué de plusieurs laboratoires qui font formellement partie d'autres instituts. Le laboratoire virtuel peut néanmoins être géré par un seul département gouvernemental qui décide du budget, des activités et des projets à mettre en place.

En vue de la transparence vis-à-vis des clients et en raison des liens avec d'autres organisations nationales, des organismes internationaux et des organisations intergouvernementales, tous les laboratoires travaillant en tant que laboratoire national de métrologie dans leur domaine d'expertise respectif doivent être désignés de façon officielle par le gouvernement ou par une organisation gouvernementale compétente. Pour pouvoir participer à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, la désignation doit être confirmée auprès du directeur du BIPM par une lettre de la part de l'autorité compétente. Il faut également clarifier quelle sera l'organisation agissant comme le laboratoire national de métrologie coordinateur. Ce rôle comprend la coordination de toutes les activités métrologiques au niveau du laboratoire national de métrologie du pays, ainsi que la signature du MRA du CIPM pour le compte de tous les autres laboratoires désignés. Il sert également d'adresse de contact pour la correspondance entre le BIPM et le laboratoire national de métrologie (décentralisé) de ce pays.

Lorsque des instituts autres que le laboratoire national de métrologie coordinateur sont désignés, ceux-ci devraient être de préférence des instituts publics à but non-lucratif ou des instituts semi-publics. Les organisations commerciales ne sont pas autorisées à tirer des bénéfices de leur désignation pour certaines séries de mesures et de grandeurs, ou à profiter d'un statut supérieur à celui de leurs éventuels concurrents. Une telle attitude entraînerait un environnement économique injuste et inéquitable.

La duplication des aptitudes, des tâches et des responsabilités n'est pas acceptable. Il faut déterminer clairement quel laboratoire désigné est en charge et responsable de la production, de la conservation et de la dissémination de quel domaine de mesures et de grandeurs.

Tous les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés, y compris ceux des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux, qui participent au MRA du CIPM doivent posséder un Système Qualité. Ce dernier doit en général être conforme aux critères formulés par la norme ISO/CEI 17025:2005 et si des matériaux de référence certifiés sont fournis dans le but de disséminer la traçabilité auprès des clients, le Système Qualité devra également être conforme aux critères formulés dans le Guide 34 de l'ISO.

En raison de l'augmentation du commerce et du tourisme à l'échelle mondiale, il est essentiel de disposer d'infrastructures de métrologie nationales visibles et reconnues sur le plan international par l'intermédiaire du MRA du CIPM. Par conséquent, le nombre de pays qui désignent d'autres laboratoires pour agir en tant que laboratoire national de métrologie pour des domaines définis de mesures et de grandeurs connaît une croissance rapide. Ces développements sont clairement visibles dans le domaine de la métrologie en chimie, dans les laboratoires médicaux, les laboratoires de sécurité alimentaire et les laboratoires environnementaux. L'avantage d'une telle désignation est qu'un lien de traçabilité direct peut en général être établi entre tous les laboratoires de terrain dans le domaine d'expertise du laboratoire désigné.

Contrairement au domaine des mesures en physique, dans lequel la hiérarchie métrologique comprend un deuxième niveau de laboratoires d'étalonnage accrédités, le domaine des mesures en chimie ne connaît pas une telle situation. Ainsi, dans le domaine particulier des mesures en chimie, la procédure de désignation d'autres laboratoires possédant des aptitudes et des compétences d'expert dans des secteurs spécifiques représente un remède contre le manque de laboratoires « d'étalonnage » accrédités qui disséminent la traçabilité en chimie.

1.2 L'organisation régionale de métrologie

Le rôle des organisations régionales de métrologie tel que décrit dans le rapport 2003 à la Conférence générale (1) prend toujours plus d'importance. Ce rôle est notamment primordial pour la coordination au sein de la région, pour fournir la traçabilité aux laboratoires nationaux de métrologie qui n'ont pas leurs propres étalons primaires de mesure, et pour l'organisation de comparaisons clés ou supplémentaires au niveau régional. Certaines organisations régionales de métrologie prennent des initiatives pour renforcer la coopération en matière de recherche métrologique, de formation et de transfert des connaissances, ainsi que le partage des aptitudes de mesure. Dans certaines régions, la coopération entre certains laboratoires nationaux de métrologie en ce qui concerne la production, la caractérisation et la certification de matériaux de référence certifiés, était ou est davantage formalisée. De même, on observe l'émergence d'une coopération formalisée pour les développements scientifico-technologiques débouchant sur de nouveaux étalons de mesure plus précis et plus stables, et pour les techniques et les méthodes dans les nouveaux domaines de la métrologie en physique, en chimie et en biologie.

Globalement, les organisations régionales de métrologie jouent un rôle essentiel dans la mise en place du MRA du CIPM. Cela comprend la mise en place de comparaisons clés et supplémentaires par l'organisation régionale de métrologie, ainsi que la revue régulière des aptitudes en matière d'étalonnage et de mesurage (CMC) déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et par les autres laboratoires désignés dans leur propre région. Ensemble, les organisations régionales de métrologie revoient les CMC déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie des autres régions. Chaque organisation régionale de métrologie est responsable de l'approbation des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie et des autres laboratoires désignés qui participent au MRA du CIPM de cette région. Étant donné que le nombre de laboratoires nationaux de métrologie et des autres laboratoires désignés participants augmente rapidement, tout comme le volume des CMC déclarées, il est évident que la charge de travail augmente aussi. Et comme les organisations régionales de métrologie n'ont pas leurs propres bureaux centraux ni leur propre personnel, cela signifie que les laboratoires nationaux de métrologie doivent assurer une charge de travail croissante dans la région. Très souvent, cela signifie qu'une charge de travail disproportionnée repose sur les laboratoires nationaux de métrologie plus grands et bien établis. Par conséquent, il est important de réfléchir à la manière dont cette charge de travail et les coûts correspondants pourraient être partagés plus équitablement. Cela s'applique également à l'organisation des comparaisons, où d'autres laboratoires pourraient agir en tant que laboratoire pilote.

Bien que la plupart des zones géographiques du monde possèdent leur organisation régionale de métrologie locale, il existe encore des régions qui ne se sont pas encore organisées. Notons que les discussions au sujet du continent africain et de la zone géographique de l'Arabie saoudite et des États du Golfe pourraient bientôt déboucher sur l'établissement d'organisations régionales de métrologie supplémentaires. On demande aux laboratoires nationaux de métrologie des pays qui n'ont pas la possibilité de coopérer avec d'autres laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de leur propre environnement géographique de coopérer avec les laboratoires nationaux de métrologie d'autres organisations régionales de métrologie opérationnelles, pour les besoins du MRA du CIPM.

En juin 2007, les organisations régionales de métrologie suivantes étaient opérationnelles : l'APMP, COOMET, EUROMET, SADC MET et le SIM avec ses sous-régions ANDIMET, CAMET, CARIMET, NORAMET et SURAMET. Les discussions au sujet du continent africain évoluent de manière positive, avec la création d'un nouveau Système métrologique interafricain, représenté par une RMO appelée AFRIMETS. Cela devrait permettre de créer un nombre considérable de laboratoires nationaux de métrologie qui constitueraient de nouveaux signataires potentiels du MRA du CIPM. De même, des contacts avec des laboratoires nationaux de métrologie au Moyen-Orient indiquent que les discussions au sujet de l'établissement d'une organisation régionale de métrologie sont en cours.

2 La Convention du Mètre (30)

La Convention du Mètre est un traité sous l'égide duquel des accords formels sont conclus concernant les unités de mesure et leur réalisation ainsi que la plupart des questions relatives au système de mesure international. La Convention a été signée en 1875 et elle établit la structure formelle dans le cadre de laquelle les gouvernements coopèrent aujourd'hui au sujet de ces questions. Le Système international d'unités a été établi sous cette Convention et il est maintenu et mis à jour afin de répondre aux développements scientifiques les plus récents ainsi qu'aux

besoins du commerce, de l'industrie et de la société. La France est l'État dépositaire de ce traité. À ce jour, la Convention du Mètre a été signée par 51 États, comprenant quasiment tous les États industrialisés et les principaux États dans le monde, comptant pour plus de 90 % du PIB mondial.

On s'attend à ce que dans un avenir proche, plusieurs États possédant actuellement le statut d'État associé à la Conférence générale signent la Convention et deviennent des États membres.

En juin 2007, 22 États et entités économiques avaient le statut d'Associé à la Conférence générale. CARICOM est l'un des Associés à la Conférence générale et représente 11 pays dans la zone des Caraïbes.

Tous les quatre ans, les États membres envoient des délégués à la Conférence générale. Un comité directeur, le Comité international des poids et mesures (CIPM), agit sous l'autorité de la Conférence générale et assume l'entière responsabilité de superviser et de guider les activités du BIPM. Le CIPM reçoit l'aide de dix Comités consultatifs, qui traitent les questions scientifiques dans les différents domaines de mesure.

L'objectif de la Convention du Mètre consiste à définir et à superviser le système de mesure international, les unités du SI, ainsi que la production et la dissémination de ces unités, afin de répondre aux besoins actuels et futurs. La demande internationale actuelle pour des mesures fiables, traçables et comparables se montre de plus en plus exigeante et pourrait nécessiter la définition de nouvelles grandeurs, unités et étalons de mesure correspondants, au-delà du SI existant. Cela ne constitue pas un nouveau sujet en soi, puisque depuis de nombreuses décennies, les laboratoires nationaux de métrologie mesurent la dureté et le degré d'acidité au moyen d'unités ne faisant pas partie du SI. En général, les décisions concernant la définition et la réalisation d'unités sont prises dans le cadre d'une coopération étroite avec toutes les autres organisations intergouvernementales et tous les organismes internationaux possédant une expertise, un intérêt et des responsabilités dans le domaine dans lequel ces unités sont importantes et utilisées.

Malheureusement, de nombreuses mesures dans le domaine de l'activité biologique, qui sont importantes pour les diagnostics cliniques, ainsi que les mesures thérapeutiques ne peuvent actuellement pas être quantifiées ni exprimées en termes d'unités du SI. Le CIPM et le CCQM traitent actuellement de ces questions en coopération avec les organisations responsables et spécialisées dans le domaine de la médecine de laboratoire et en collaboration avec le JCTLM.

2.1 L'organisation de la Convention du Mètre

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM)

Les représentants des États membres se réunissent au moins une fois tous les six ans. Au cours des dernières décennies, la Conférence générale a eu lieu tous les quatre ans. La Conférence générale décide des principales questions et statue sur les tâches et la dotation du BIPM. Lors de sa réunion d'octobre 1999, la Conférence générale a décidé de créer une nouvelle catégorie d'État ou entité économique associé à la Conférence générale pour les pays ou les entités économiques qui ne sont pas encore, ou pas, en mesure de signer la Convention du Mètre. Une telle opportunité a une signification particulièrement importante pour les pays en voie de développement, pour lesquels le coût de participation aux activités organisées sous l'égide de la Convention du Mètre représente encore une charge trop lourde. Ils devraient cependant envisager de devenir des États membres dès que possible. Les Associés à la Conférence générale peuvent assister aux réunions de la Conférence générale, mais ne détiennent pas de droit de vote

et ne sont pas autorisés à bénéficier des services fournis et organisés par le BIPM et le CIPM. En revanche, leurs laboratoires nationaux de métrologie sont autorisés à signer 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*, c'est-à-dire le MRA du CIPM.

Au début de l'année 2007, la Conférence générale comptait 22 Associés. Au vu des nombreux contacts avec des pays en voie de développement et des pays en transition, on s'attend à ce que le nombre d'Associés augmente encore davantage dans un avenir proche.

Le Comité international des poids et mesures (CIPM)

Placé sous l'égide de la Convention du Mètre, le CIPM constitue le comité directeur du BIPM, agissant pour le compte des États membres. Le CIPM prépare les réunions et les décisions de la Conférence générale et prend toutes les mesures nécessaires pour mettre en oeuvre les objectifs de la Convention du Mètre, en coordonnant les activités métrologiques sur le plan international et en établissant une coopération entre toutes les parties impliquées dans la métrologie. Le CIPM comprend 18 membres indépendants de différentes nationalités. Le directeur du BIPM est un membre d'office du CIPM. Au cours de ses récentes réunions, le CIPM a entre autres statué sur les points suivants :

- Signature d'un accord avec la Fédération internationale de chimie clinique et de médecine de laboratoire (IFCC) et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) pour établir le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), avec sa structure comprenant les membres et les autres acteurs représentant toutes les parties impliquées dans les diagnostics *in vitro*.
- Élargissement supplémentaire des champs d'application du BIPM par une extension des activités de la section de chimie sous la forme d'un petit groupe pour la chimie organique, qui remplit une niche dans le domaine de la traçabilité en médecine de laboratoire et en analyse alimentaire. Ce petit élargissement permettra également de renforcer la position du BIPM en tant que partenaire fiable dans les discussions sur la métrologie en chimie avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux qui ont des responsabilités et qui mènent des activités dans le domaine de l'analyse chimique. Ces collaborations permettront de répondre au besoin en résultats de mesures fiables, plus précis, comparables et traçables.
- Établissement, à la demande de plusieurs laboratoires nationaux de métrologie et de deux organisations internationales (ANMET et VAMAS), d'un groupe de travail *ad hoc* sur la métrologie des matériaux, afin d'enquêter sur le besoin d'améliorer la traçabilité des propriétés des matériaux.
- Signature d'un protocole d'accord avec la Commission internationale de l'éclairage (CIE).
- Poursuite de sa coopération avec d'autres organisations au sein du 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 le compte des pays en voie de développement.
- Amélioration de l'ouverture aux laboratoires nationaux de métrologie des pays en voie de développement qui ne sont pas encore des États signataires de la Convention du Mètre ou des Associés à la Conférence générale, par l'introduction d'une catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie.

- Développement, avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), d'une présentation commune pour la métrologie, permettant de clarifier le rôle du BIPM et de l'OIML dans l'établissement d'un système global de mesures fiables et traçables, et pour détecter les éventuels points faibles dans la traçabilité, qui peuvent exister dans certains domaines de la métrologie légale.
- Élaboration d'un Système Qualité conforme au Guide 34 de l'ISO par les laboratoires nationaux de métrologie qui participent au MRA du CIPM et qui délivrent des matériaux de référence certifiés à leurs clients comme moyen de dissémination de la traçabilité.
- Diffusion de critères pour la sous-traitance et la collaboration avec d'autres instituts concernant les étalonnages, les mesures et les matériaux de référence certifiés qui sont délivrés dans le cadre du MRA du CIPM, et diffusion de plusieurs documents nécessaires à la mise en œuvre uniforme du MRA du CIPM.
- Création d'un logo pour le MRA du CIPM, et d'une déclaration, que les laboratoires nationaux de métrologie et les autres laboratoires désignés peuvent apposer sur les certificats d'étalonnage et de mesurage délivrés sous le MRA du CIPM.
- Renforcement des relations avec l'ISO et particulièrement avec la Commission pour l'évaluation de la conformité (CASCO) de l'ISO et la Commission pour les matériaux de référence (REMCO) de l'ISO.
- Publication d'une nouvelle Brochure sur le SI et création de suppléments au Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) et d'un vocabulaire international de métrologie (VIM) en accès libre sur Internet (www.bipm.org).

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM)

Le BIPM est le centre de la métrologie internationale et l'organe exécutif de la Convention du Mètre. Son siège et ses laboratoires sont situés à Sèvres. Pour garantir la qualité de ses services, il comprend un Système Qualité conforme à la norme ISO/CEI 17025:2005. Son programme et son financement sont exposés dans la section 6 du présent rapport et dans la *Convocation* de la 23^e Conférence générale prévue pour novembre 2007 (5).

Réunions des directeurs de laboratoires nationaux de métrologie

Au cours de la période 2004-2006, trois réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et du CIPM/BIPM ont eu lieu. Le sujet principal de la réunion de 2004 portait sur le MRA du CIPM. Pour cette raison, les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États et entités économiques associés furent également invités. Les principaux sujets de la réunion de 2005 concernaient les nouveaux besoins et les possibilités de la métrologie dans le domaine des matériaux d'ingénierie et chimiques. La réunion des directeurs de 2006 était consacrée au rapport de 2007 sur *l'Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, ainsi qu'au programme de travail du BIPM pour les années 2009 à 2012.

Les Comités consultatifs

Les dix Comités consultatifs créés par le CIPM rassemblent les experts du monde entier dans des domaines spécifiques, en tant que conseillers scientifiques et techniques. Les Comités consultatifs sont entre autres chargés de :

- l'observation détaillée des progrès réalisés dans les sciences qui influencent la métrologie ;
- la préparation de Recommandations proposées au CIPM pour adoption ;
- l'instigation de comparaisons internationales sur les méthodes et les étalons de mesure ;
- l'évaluation des résultats des comparaisons internationales ; et
- l'offre de conseils au CIPM au sujet des recherches scientifiques réalisées dans les laboratoires du BIPM.

Le nombre des Comités consultatifs ainsi que leur champ d'application se sont toujours adaptés afin de répondre aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie et de la société. Il existe actuellement dix Comités consultatifs qui traitent les questions suivantes :

- Électricité et magnétisme (CEEM) ;
- Photométrie et radiométrie (CCPR) ;
- Thermométrie (CCT) ;
- Longueurs (CCL) ;
- Temps et fréquences (CCTF) ;
- Rayonnements ionisants (CCRI), composé de trois Sections ;
- Unités (CCU) ;
- Masse et grandeurs apparentées (CCM) ;
- Quantité de matière, métrologie en chimie (CCQM) ;
- Acoustique, ultrasons et vibrations (CCAUV).

Les activités relatives à la force, la pression, la masse volumique, la viscosité, la dureté, les débits de fluides, et l'accélération gravitationnelle sont comprises dans les travaux du CCM, en plus de ses activités relatives à la masse.

La plupart des Comités consultatifs comportent un ou plusieurs groupes de travail qui sont chargés de domaines spécifiques. Le CCQM comprend par exemple six grands groupes de travail chargés de l'analyse organique, de l'analyse inorganique, de l'analyse des gaz, de l'analyse électrochimique, de la bio-analyse et de l'analyse de surface.

En conséquence de la mise en place du MRA du CIPM, le rôle et les tâches des Comités consultatifs ont pris une ampleur considérable. Des comparaisons internationales, comparaisons clés ou comparaisons d'étude, sont organisées régulièrement pour quasiment toutes les grandeurs. Les Comités consultatifs sont chargés d'initier, de définir et de coordonner ces comparaisons, de valider les méthodes utilisées, d'évaluer les résultats et d'approuver les résultats finaux ainsi que les conclusions. De plus, les Comités consultatifs sont chargés d'évaluer les résultats des comparaisons clés régionales et d'autres comparaisons bilatérales pertinentes.

La plupart des Comités consultatifs ont également créé un groupe de travail chargé de l'harmonisation de la classification des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnage (CMC) et de l'évaluation régulière des CMC à paraître ou déjà parues dans l'annexe C du MRA du CIPM, maintenue dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB). Cette évaluation dépend des résultats des comparaisons clés, supplémentaires et bilatérales. Les Comités consultatifs sont également chargés de proposer de nouvelles comparaisons dans des domaines où les CMC existantes sont insuffisamment étayées par les résultats des comparaisons.

Dans un nombre de cas croissant, la composition des Comités consultatifs a été élargie par l'intégration d'experts venant d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux et assumant des responsabilités dans des domaines plus spécifiques à un secteur, comme la médecine de laboratoire, la sécurité alimentaire, l'environnement, etc.

Une telle représentation permet de rassembler l'expertise nécessaire du secteur et l'expertise existante du Comité consultatif en matière d'aptitudes et de compétences de mesure, et d'aider à établir les priorités adéquates pour le travail qui doit être effectué dans le champ d'application du Comité consultatif concerné. De plus, cela permet d'établir un lien direct avec l'ensemble du domaine spécialisé, facilitant par conséquent la dissémination de la traçabilité métrologique auprès de tous les laboratoires de terrain. De même, l'organisation de réunions de décideurs, telles que celles qui sont organisées par le CCQM dans les domaines de la médecine de laboratoire et de la sécurité alimentaire, s'avère également très utile. Une réunion de décideurs au sujet des questions environnementales est prévue par plusieurs Comités consultatifs, avec l'OMM.

Notons ici qu'en raison des activités croissantes des Comités consultatifs, des groupes de travail des Comités consultatifs et des autres Comités communs, les réunions au BIPM sont bien plus nombreuses qu'avant. La charge de travail du personnel du BIPM et particulièrement de ses chefs de section, agissant comme Secrétaires exécutifs des Comités consultatifs et de certains Comités communs, avec le personnel de soutien, s'est ainsi alourdie sans être compensée par des ressources humaines supplémentaires. Le soutien professionnel direct apporté par le personnel du BIPM aux Comités consultatifs et aux Comités communs s'est avéré très utile et souvent essentiel.

Réunions de décideurs

Comme dit précédemment, certains Comités consultatifs ont organisé des réunions avec les décideurs impliqués dans un domaine de mesure spécifique. On peut par exemple citer les réunions de décideurs en chimie clinique et en médecine de laboratoire, qui sont à présent organisées de façon régulière par le JCTLM, ainsi que les réunions de décideurs dans le secteur agroalimentaire, qui ont eu lieu deux fois, et la réunion de décideurs dans le domaine de la métrologie des matériaux. Parmi ceux qui assistent aux réunions, on trouve des représentants des laboratoires nationaux de métrologie, des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux (par exemple la Commission du Codex Alimentarius, l'IFCC, l'ILAC, l'ISO, l'OMS, etc), des laboratoires d'essai, des fournisseurs d'essais d'aptitude, des organismes de régulation, des associations industrielles concernées, des organisations professionnelles spécifiques à un domaine, l'ANMET, l'IDF, l'IOOC, l'IOVV, le VAMAS, etc. Les approbations données au cours d'une réunion de décideurs signifient que les activités métrologiques seront largement soutenues et que les décisions seront mis en oeuvre.

Comités communs

Les Comités communs impliquant d'autres organisations complètent la structure organisationnelle définie sous la Convention du Mètre. Les Comités communs actuellement actifs sont les suivants :

- Le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM), qui comprend deux groupes de travail, dont l'un pour le vocabulaire international de métrologie (VIM) et l'autre pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM). Dans le cadre du JCGM, le BIPM coopère

avec la CEI, l'IFCC, l'ILAC, l'ISO, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA), l'Union internationale de physique pure et appliquée (UIPPA) et l'OIML.

- Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), qui comprend deux groupes de travail, dont l'un pour les matériaux de référence et les méthodes de référence et l'autre pour les services de mesure disponibles auprès de laboratoires des mesures de référence potentiels et pour les essais d'aptitude.
- 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), dans le cadre duquel le BIPM coopère avec l'International Accreditation Forum, la CEI, l'ILAC, l'ISO, l'UIT-T, l'OIML et l'UNIDO, ainsi qu'avec des observateurs de l'IMEKO et du Centre du commerce international.
- Le Committee on Data for Science and Technology (CODATA), dans le cadre duquel le BIPM se joint à d'autres organisations scientifiques afin de définir et d'assigner les valeurs des constantes fondamentales.
- Le Groupe de travail sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et en métrologie dans le cadre duquel le BIPM coopère avec l'Union astronomique internationale (UAI).

D'autres Comités communs devraient être établis dans le futur.

Annexe 2. L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (4, 30)

Le MRA du CIPM a été signé pour la première fois lors de la Conférence générale en 1999. En juin 2007, il était signé par les représentants de 67 laboratoires de 45 États membres, 20 États et entités économiques associés à la Conférence générale et deux organisations intergouvernementales, l'IRMM pour le compte de l'Union européenne et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Cela représente au total 75 États et entités économiques ainsi que deux organisations intergouvernementales.

Environ 185 laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés participent au MRA du CIPM. Ils agissent dans leur pays ou par l'intermédiaire d'une organisation intergouvernementale, en tant que laboratoires nationaux de métrologie pour certains domaines de grandeurs et de mesures. L'entité économique que représente la Communauté des Caraïbes (CARICOM), agissant pour le compte de 11 États insulaires principaux situés dans les Caraïbes, compte parmi les Associés ayant récemment signé le MRA du CIPM. Le nombre d'Associés signataires du MRA du CIPM devrait encore s'accroître.

Pour les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés dont les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnage (CMC) figurent dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB), les CMC sont évaluées par leur propre organisation régionale de métrologie ainsi que par les autres organisations régionales de métrologie. De plus, les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés doivent posséder un Système Qualité établi en conformité avec la norme ISO/CEI 17025:2005 et qui a été évalué par accréditation d'un signataire de l'Arrangement de l'ILAC et/ou par un audit par les pairs d'une organisation régionale de métrologie. Depuis septembre 2006, l'évaluation du Système Qualité des laboratoires qui appartiennent à des organisations intergouvernementales est effectuée par un groupe spécial de représentants des organisations régionales de métrologie qui opère directement sous la responsabilité du CIPM.

Le MRA du CIPM demande que les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés participent aux comparaisons clés entre laboratoires, dont les résultats permettent de démontrer et de justifier la validité des CMC déclarées. Les noms des laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés participants, leurs CMC déclarées ainsi que les résultats de leur participation aux comparaisons clés, supplémentaires et bilatérales sont publiés dans la KCDB, qui peut être consultée sur le site Internet du BIPM (<http://kcdb.bipm.org>).

La KCDB contient à présent environ 18 000 CMC, un chiffre qui devrait encore augmenter au fur et à mesure que d'autres laboratoires nationaux de métrologie signent le MRA du CIPM. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie signataires existants élargissent actuellement leurs CMC afin de répondre aux besoins de leurs clients. Les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés qui possèdent des CMC dans le domaine de la métrologie en chimie et qui font également figurer des matériaux de référence certifiés dans la KCDB pour fournir la traçabilité à leurs clients doivent également posséder un Système Qualité établi. Celui-ci doit être conforme au Guide 34 de l'ISO « *Exigences générales sur la compétence des producteurs de matériaux de référence* ».

Le MRA du CIPM est essentiel et tout à fait complémentaire à l'Arrangement de l'ILAC.

Le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, JCRB

Actuellement, le JCRB se réunit deux fois par an. Les principaux sujets abordés par le JCRB traitent de la manière de favoriser une mise en œuvre efficace et transparente du MRA du CIPM, de clarifier la terminologie utilisée dans le champ d'application du MRA du CIPM et les règles de procédure, et de suggérer au CIPM des réglementations relatives au MRA du CIPM. Des réglementations concernant l'évaluation régulière des CMC déclarées et des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie et des autres laboratoires désignés sont en cours de discussion.

Le BIPM, le JCRB et l'ILAC organisent actuellement une réunion annuelle des organisations régionales de métrologie et des organismes régionaux d'accréditation en vue d'harmoniser autant que possible le MRA du CIPM et l'Arrangement de l'ILAC, en clarifiant les termes et procédures qui seraient encore flous et en examinant les situations dans lesquelles la chaîne de traçabilité n'est pas établie, peu fiable ou discutable. Le CIPM/BIPM et l'ILAC ressentent en particulier un besoin évident de définir les aptitudes d'étalonnage, de mesure et d'essai approuvées pour les laboratoires participant soit au MRA du CIPM, soit à l'Arrangement de l'ILAC de la même manière, de façon à ce que les deux Arrangements s'ajustent sans faille et à ce qu'aucun malentendu ne persiste au sujet de la signification et du contenu des aptitudes approuvées.

Afin de clarifier et de promouvoir le MRA du CIPM et l'Arrangement de l'ILAC auprès des organismes de régulation, de l'industrie, du commerce et de la société, le CIPM et l'ILAC ont publié une déclaration commune sur l'« *Amélioration de la traçabilité et l'acceptation au niveau international des mesures effectuées dans le cadre du MRA du CIPM et de l'Arrangement de l'ILAC* ».

De plus, un document commun a été publié par le BIPM, l'ILAC et l'OIML, intitulé « *Communiqué et déclaration communs au BIPM, à l'OIML et à l'ILAC sur l'intérêt des divers accords internationaux sur la métrologie pour le commerce, la législation et la normalisation* ». Ce document explique le rôle des trois organisations et l'importance des différents arrangements de reconnaissance, et contient la déclaration suivante :

« Conformément à la Résolution 6 de la 22^e Conférence générale des poids et mesures (CGPM), le Comité international des poids et mesures (CIPM), l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) invitent les Gouvernements à appuyer et déclarer leur engagement à utiliser et consulter les organisations qui sont signataires du MRA du CIPM, du MAA de l'OIML et de l'Arrangement de l'ILAC, chaque fois que des mesures sont nécessaires comme preuve de conformité avec la réglementation, la régulation ou la poursuite du bien-être humain sur le plan national et international.

Les trois organismes invitent également les organisations de normalisation et les organismes de régulation et de commerce à tenir compte de l'existence et de la valeur des Arrangements exposés dans le présent document, et à collaborer avec les trois organisations de façon à développer des voies et moyens pour consulter, promouvoir et utiliser les Arrangements dans leur travail. »

Annexe 3. Résultats et conclusions des questionnaires adressés aux directeurs et autres décideurs

Historique

En février 2006, le BIPM a distribué un questionnaire portant sur le domaine de la métrologie en chimie et de la bio-métrologie à tous les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés actifs au sein du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) et de ses groupes de travail sur l'analyse des gaz, l'analyse organique et la bio-analyse. Le questionnaire a également été envoyé aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie qui n'étaient pas encore actifs au sein du CCQM ou de ses groupes de travail, mais qui souhaitaient établir des programmes de métrologie en chimie. Le questionnaire a été élaboré pour aider le BIPM à formuler son programme de travail proposé pour les années 2009 à 2012, pour en contrôler la cohérence par rapport aux préférences actuelles et à venir des laboratoires nationaux de métrologie dans les domaines de l'analyse organique et de la bio-analyse. Au total, 31 laboratoires ont répondu au questionnaire. Les laboratoires devaient étayer leurs réponses par des exemples de compositions chimiques particulières et estimer l'ensemble de leur programme de laboratoire, même au-delà des activités actuellement traitées par le CCQM.

Le questionnaire comprenait des sections couvrant trois des six domaines de travail techniques du CCQM, notamment la métrologie des gaz, de l'analyse organique et de la bio-analyse. Le programme du BIPM pour les années 2005 à 2008 inclut des projets dans le domaine de la métrologie des gaz et de l'analyse organique, et la question d'un programme au BIPM concernant la bio-analyse a été discutée avec le CCQM avant la 23^e Conférence générale. Les questions sur les programmes relatifs à l'analyse inorganique, électrochimique et de surface ne faisaient pas partie du questionnaire et le BIPM ne prévoit pas de développer des activités de laboratoire dans ces domaines au cours du programme 2009-2012.

Synthèse des réponses des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés au questionnaire du BIPM concernant la métrologie en chimie et la bio-métrologie (2006)

Les réponses de 31 laboratoires nationaux de métrologie au questionnaire concernant les priorités dans leurs programmes en matière de métrologie en chimie et en bio-analyse sur les dix prochaines années ont été présentées. Le questionnaire couvrait les domaines de la métrologie des gaz, de l'analyse organique et de la bio-analyse, et les réponses furent utilisées pour formuler le programme 2009-2012 du BIPM en matière de métrologie en chimie et en bio-analyse.

Les résultats ont indiqué un fort intérêt des laboratoires nationaux de métrologie pour l'analyse des gaz, particulièrement en ce qui concerne : la préparation, les mélanges binaires réactifs et les mélanges de multi-composants, utilisés pour les besoins industriels et de régulation et comprenant des échantillons importants pour la qualité de l'air et les gaz à effet de serre. Les réponses au questionnaire ont montré qu'il existe un écart entre le nombre de comparaisons que les laboratoires nationaux de métrologie prévoyaient de coordonner et le nombre de comparaisons qui selon eux serait nécessaire, soit plus de quarante, trente-sept comparaisons ayant été effectuées pendant la précédente période de dix ans. Les thèmes de recherche des laboratoires nationaux de métrologie pour les dix prochaines années devraient inclure les méthodes dynamiques, les méthodes optiques et les mesures d'absorption en coupe transversale,

qui permettraient d'étendre les échantillons et les domaines pour lesquels des étalons pourraient être développés et amélioreraient la rentabilité de leur production et maintenance. Les laboratoires nationaux de métrologie ont indiqué qu'il y aurait un taux de participation élevé aux comparaisons coordonnées par le BIPM concernant l'ozone et les oxydes d'azote, et aux comparaisons de préparation concernant à la fois les espèces stables et réactives.

Dans le domaine de l'analyse organique, les laboratoires nationaux de métrologie ont fourni des informations sur les priorités à venir de leurs programmes dans les domaines de la chimie clinique, de l'analyse alimentaire, de l'analyse environnementale, de la médecine légale, du contrôle antidopage, et concernant notamment les besoins en matrices, en solutions d'étalonnage et en comparaisons et études de matériaux purs. La majorité des réponses ont indiqué que les laboratoires nationaux de métrologie envisageaient de renforcer leurs programmes de travail dans ces domaines sur les dix prochaines années, fortement entraînés par les exigences réglementaires. Soixante-quinze pour cent des personnes interrogées envisageaient une augmentation de leur travail en matière d'analyse alimentaire et en particulier de résidus et de contaminants dans les aliments, ce qui nécessiterait également des programmes relatifs aux substances pures et aux calibrateurs. Les réponses relatives au domaine de l'analyse environnementale ont indiqué que les nouveaux polluants organiques persistants continueraient d'être étudiés. Dans le domaine de la chimie clinique, neuf laboratoires nationaux de métrologie ont fait un rapport sur des activités déjà établies et d'autres ont exprimé leur intérêt pour les lancer. L'analyse des hormones et des médicaments thérapeutiques représente un domaine d'intérêt commun futur et fournit d'importants recoupements avec le domaine de la médecine légale et du contrôle antidopage. Les laboratoires nationaux de métrologie ont indiqué que des activités continues en matière de comparaisons de solutions d'étalonnage et de matériaux purs pour les mesurands clés déterminants dans les secteurs de l'alimentation, de la médecine légale et clinique étaient nécessaires au soutien de leurs aptitudes en matière de mesures et d'étalonnage.

Quatorze laboratoires nationaux de métrologie ont fourni des réponses sur leurs activités à venir dans le domaine de la bio-analyse, un grand nombre d'entre eux prévoyant d'augmenter leur travail dans ce domaine. Les laboratoires nationaux de métrologie ont fourni des informations concernant des domaines d'intérêt majeur pour la production de futurs matériaux de référence certifiés et pour les comparaisons relatives à l'analyse des organismes génétiquement modifiés, la quantification pathogène, les essais génétiques, l'expression génétique et l'analyse protéinique. Les laboratoires nationaux de métrologie ont perçu les intérêts de créer une liaison entre les futures activités du BIPM et d'autres organisations internationales actives dans ce domaine comme étant les suivants : échange d'informations pour faciliter le mappage des futures activités de recherche et développement ; développement collectif de méthodes ; établissement de nouveaux groupes, forums techniques et coopération internationale ; soutien à l'identification des priorités et à l'harmonisation des étalons.

Opinion du Groupe consultatif du CCQM sur des propositions de projets concernant le programme de métrologie en chimie du BIPM pour les années 2009 à 2012

Historique

Les membres du groupe consultatif du CCQM ont été invités à commenter le projet 6 des propositions du BIPM, daté du 15 mars 2006. Leurs commentaires ont été discutés le 2 avril 2006 lors d'une réunion au BIPM, suite à des présentations du BIPM au sujet des critères du CIPM utilisés pour hiérarchiser les programmes et au sujet des réponses au questionnaire envoyé

aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires désignés. Le BIPM a fourni également un aperçu général sur les progrès du programme de chimie pour les années 2005 à 2008.

Le groupe consultatif du CCQM a considéré les points suivants comme étant essentiels dans l'application des critères du CIPM aux propositions du programme de travail pour les années 2009 à 2012 :

- Le BIPM doit être un institut scientifique afin de pouvoir remplir sa mission.
- Le programme scientifique du BIPM devrait se concentrer sur les besoins spécifiques de la métrologie internationale et démontrer la valeur ajoutée nette à ses clients (c'est-à-dire la communauté internationale de la métrologie).
- Les activités du BIPM devraient occuper une niche qui traite des questions de métrologie de haut niveau et qui reflète le statut global du BIPM.

Le programme de chimie pour les années 2005 à 2008 comprend des activités scientifiques concernant l'analyse des gaz et la pureté des composants organiques, avec le soutien au JCTLM et à sa base de données. Le BIPM a proposé de continuer et de renforcer ces activités dans le cadre du programme 2009-2012 et en outre d'introduire un programme de bio-analyse. Le niveau de ressources actuel s'élève à 5,5 scientifiques, 2 techniciens et 0,75 année-chercheur de scientifiques détachés de laboratoires nationaux de métrologie. Si elles sont acceptées en totalité, les propositions pour 2009-2012 nécessiteront une augmentation des effectifs équivalant à 2 scientifiques, 4 techniciens, 1 assistant de recherche post-doctoral et 4 années-chercheur des scientifiques détachés des laboratoires nationaux de métrologie. Parmi ces effectifs, le programme de bio-analyse en laboratoire nécessiterait 2 scientifiques, 2 techniciens et 1 année-chercheur par des scientifiques détachés des laboratoires nationaux de métrologie.

Programme d'analyse des gaz

Le programme général a été largement soutenu et ressenti comme étant une extension valable des activités actuelles, qui sont bien considérées et étroitement reliées au programme du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz. Tous les projets devraient clairement démontrer qu'ils sous-tendent les besoins en mesures pour des questions clés globales et devraient être consacrés aux changements climatiques et à la qualité de l'air. Le Groupe consultatif a fait remarquer que les tâches spécifiques identifiées pour les années 2009 à 2012 pourraient être dépassées par les événements et que les propositions devraient en tant que telles être considérées comme indicatives. Le BIPM devrait exécuter les tâches spécifiques en collaboration et sur consultation du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz en temps voulu. Les activités au sein du BIPM devraient se concentrer particulièrement sur la métrologie fondamentale.

Programme de pureté organique

Il a été suggéré que le programme du BIPM devrait être concentré en un seul projet intitulé « Références primaires pour l'analyse organique ». Le programme a été soutenu dans son ensemble, l'accent majeur ayant été porté sur les comparaisons. Le Groupe consultatif a convenu que le BIPM ne pouvait pas être trop spécifique à ce niveau de développement du programme, mais il a demandé à ce que davantage de nouvelles sciences liées au développement de méthodes soient intégrées. Il a recommandé également de mettre l'accent sur les références primaires afin de soutenir les applications à l'alimentation, à la santé et à la médecine légale, comme l'indiquent les réponses au questionnaire. Le Groupe a encouragé le développement et la coordination d'un guide des meilleures pratiques concernant la détermination de la pureté des composants

organiques. Ce guide devrait se fonder sur l'expertise développée dans le cadre du programme de chimie du BIPM.

Programme de bio-analyse

Les propositions pour un projet de laboratoire de bio-analyse ont été jugées comme prématurées ; elles nécessitent un débat plus large. Les activités au sein du BIPM devraient se concentrer sur la métrologie fondamentale et l'on n'a pas su clairement si cela était proposé ou réalisable. Le Groupe consultatif a fait remarquer qu'il s'agissait d'un domaine évoluant rapidement, dans lequel la plupart des acteurs clés sont également capables d'allouer des ressources conséquentes, bien au-delà de celles dont dispose le BIPM. Il a été estimé que le personnel travaillant dans le cadre des activités de liaison bénéficiaient d'une implication dans le domaine scientifique concerné. Cependant, le Groupe consultatif a recommandé au BIPM de ne pas développer lui-même son propre programme de recherche à ce jour. Le BIPM devrait ainsi considérer de nouvelles alternatives pour élaborer son propre programme de recherche en bio-analyse.

Programme de coordination et de liaison internationales

Le soutien des liaisons internationales a été considéré comme une tâche importante, mais il a été demandé au BIPM de clarifier les propositions. En particulier, le Groupe consultatif a détecté le besoin de faire une distinction entre le rôle du BIPM dans ce contexte et la représentation individuelle d'États membres. Le projet proposé au sujet de la liaison en bio-analyse avec des organismes nationaux et internationaux a été accueilli favorablement, mais le BIPM devrait fournir plus d'informations sur l'impact attendu pour cette activité. De plus, il faudrait considérer une extension de la liaison aux organismes génétiquement modifiés.

Recommandation

Le BIPM est chargé de revoir les propositions en tenant compte des commentaires spécifiques du Groupe consultatif, et de fournir un programme révisé pour le CIPM en insistant sur les thèmes clés majeurs. Les travaux sur les gaz devraient notamment faire partie du domaine de la qualité de l'air et des changements climatiques, et le programme de chimie organique devrait traiter des références primaires pour l'analyse organique permettant de soutenir les applications à l'alimentation, la santé et la médecine légale. Le BIPM devrait développer des activités de liaison, mais non pas un programme de laboratoire en bio-analyse à ce jour. Le Groupe consultatif accueille favorablement les propositions du BIPM concernant son programme de chimie pour les années 2009 à 2012, et les soutient à condition que les amendements qu'il a recommandés soient appliqués.

Annexe 4. L'ouverture aux États et entités économiques en voie de développement ; les Associés à la Conférence générale

En 1999, la 21^e Conférence générale décida de créer une catégorie d'États et d'entités économiques associés à la Conférence générale, aussi large que possible, particulièrement destinée aux pays en voie de développement, pour qu'ils puissent participer au MRA du CIPM. En permettant aux pays en voie de développement de participer au MRA du CIPM à un coût réduit par rapport aux États membres, aucun État ou entité économique ne devrait se sentir exclu. À ce jour (juin 2007), il existe 22 Associés à la Conférence générale représentant 32 États et entités économiques. Plusieurs autres pays ont formulé le souhait de devenir Associés dans un avenir proche, tandis que certains des Associés actuels ont indiqué qu'ils aimeraient bientôt devenir États membres.

Il faut noter ici que le statut d'Associé a toujours été considéré comme la première étape pour devenir un État membre. Le CIPM propose de créer une nouvelle catégorie de « Correspondant du BIPM », ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, afin d'informer les laboratoires nationaux de métrologie des États et des entités économiques qui ne sont actuellement pas encore des États membres ou des Associés à la Conférence générale au sujet des développements et des avantages d'une participation aux activités mises en place sous l'égide de la Convention du Mètre et du MRA du CIPM. Ces laboratoires recevront de temps à autre des informations générales et promotionnelles afin d'être tenus au courant des développements et des progrès réalisés.

Le statut de Correspondant du BIPM, ouvert aux laboratoires nationaux de métrologie, doit être considéré comme une première étape informative pour que l'État devienne un Associé à la Conférence générale ou un État membre. Les laboratoires nationaux de métrologie correspondants ne sont pas autorisés à participer aux Comités consultatifs, ni aux comparaisons clés des Comités consultatifs et du BIPM, ni à aucune autre activité du BIPM.

Annexe 5. Résolution 5 de la 22^e Conférence générale

■ 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 22^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 11 de la 20^e 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 21^e 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.

Annexe 6. Considérations et décisions du CIPM en relation avec le programme de travail à venir du BIPM, formulées lors de sa réunion d'octobre 2006

Note: cette annexe représente un résumé du processus qui a débouché sur la formulation du programme de travail pour les années 2009 à 2012 et des discussions et décisions qui ont eu lieu dans le cadre du CIPM.

En vue de préparer la formulation du projet concernant le « Programme de travail et budget du BIPM pour les années 2009 à 2012 », les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres ainsi que les Comités consultatifs concernés ont été consultés. Un questionnaire a notamment été envoyé aux laboratoires nationaux de métrologie et à quelques autres organisations. Le questionnaire appelait des réponses au sujet des développements et des besoins prévus dans le domaine de la métrologie en chimie, et au sujet des attentes des laboratoires nationaux de métrologie concernant le futur programme de travail du BIPM dans ce domaine. Une discussion approfondie a eu lieu lors des réunions du CIPM sur la base de toutes les informations disponibles.

Le CIPM a considéré les résultats des discussions et des questionnaires, ainsi que le fait que le BIPM a été sous-financé au cours des huit dernières années au moins. Par conséquent, le CIPM a décidé que le programme de travail du BIPM devait être limité et davantage concentré autour des domaines de travail sélectionnés en 2003 lors de la 22^e Conférence générale.

Un résumé de la discussion et des conclusions se trouve ci-après.

Conformément aux réglementations de la Conférence générale, la Convocation officielle contenant les éléments de l'ordre du jour, en particulier les propositions du CIPM concernant la dotation pour les quatre prochaines années, a été envoyée aux États membres vers la fin du mois de janvier 2007, neuf mois avant l'ouverture de la 23^e Conférence qui se tiendra le 12 novembre 2007.

Introduction

En 2003, la 22^e Conférence générale a approuvé les modifications apportées au programme de travail du BIPM, qui avaient été décidées par le CIPM dans le but de préparer le BIPM à ses tâches principales dans un futur immédiat ainsi que sur le long terme. Ces tâches couvraient, de différentes manières, la métrologie dans tous les domaines d'application. Par conséquent, les sections des longueurs et de la photométrie et radiométrie ont été fermées afin de débiter une expérience sur la balance du watt et de renforcer la section de chimie, tandis que le travail des sections du temps, des rayonnements ionisants et de l'électricité, et bien sûr le travail lié à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et à la fonction de liaison du BIPM seront poursuivis. Le programme de travail du BIPM pour les années 2005 à 2008 a été approuvé par la 22^e Conférence générale.

Malheureusement, la 22^e Conférence générale n'a pas simultanément fourni la totalité de l'aide financière nécessaire pour traiter l'ensemble de sa demande, et a voté une augmentation en termes réels de seulement 1,6 % plus une contribution discrétionnaire annuelle de 1,4 %. Le

Comité du budget de la Conférence générale a également discuté du niveau des réserves financières et considéré qu'un niveau d'environ 40 % de la dotation annuelle était « prudent ».

Dans ces conditions, le BIPM a pourtant été capable d'exécuter largement le programme de travail proposé et approuvé, en dépit du fait que seulement environ 85 % de la contribution discrétionnaire ait été reçue en 2005 et 2006. Cependant, il est clair à présent que sur la base des décisions prises lors de la 22^e Conférence générale, le BIPM ne peut continuer à fonctionner de manière adéquate.

Conséquence significative : la maintenance des bâtiments a été effectuée en urgence et à un coût plus élevé que si elle avait été effectuée de façon régulière.

Finalement, comme l'a fait remarquer le Comité du budget et tel que cela figure dans le rapport de la 22^e Conférence générale, le fait de gérer une organisation sur la base de contributions discrétionnaires est « fondamentalement insatisfaisant », entraîne un niveau de risque élevé et rend la planification extrêmement difficile, sans être durable.

La 21^e et la 22^e Conférence générale avaient été prévenues que leurs décisions pouvaient entraîner des déficits financiers systématiques ou encore des incertitudes au sujet du recrutement ou du maintien du personnel.

Sur la base des décisions prises lors de la 22^e Conférence générale en rapport avec le programme de travail, et compte tenu des conseils donnés par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et les Comités consultatifs, le CIPM a décidé d'un programme de travail minimum. Le CIPM a conclu également que la 23^e Conférence générale devait permettre de prendre une décision ferme qui entraînera une augmentation considérable de la dotation, et a donc décidé de recommander une dotation permettant d'offrir de la durabilité au BIPM et de la valeur ajoutée aux laboratoires nationaux de métrologie.

Par conséquent, le CIPM a décidé qu'une première augmentation de 11 % serait nécessaire en 2009, accompagnée d'une augmentation de 4 % pour l'inflation, pour cette année et les trois années suivantes du quadriennat 2009-2012. En décidant de ces chiffres, le CIPM a souligné que les coûts d'inflation dans les laboratoires scientifiques étaient supérieurs à l'inflation moyenne que connaissent les consommateurs.

Considérations stratégiques

Ce rapport a passé en revue les questions relatives au niveau de mondialisation fortement accru dans les domaines de la production industrielle et agricole, le commerce et le tourisme. Le rapport a également avancé l'argument selon lequel les produits et services innovateurs et très précis, ainsi que le développement de nouveaux domaines tels que les applications à l'échelle du nanomètre, nécessitent tous des mesures et des résultats d'essais comparables, exacts et reconnus sur le plan international dans tous les domaines de mesure et d'essai. Le commerce équitable, la protection de la vie et de l'environnement, ainsi que le besoin de réaliser des économies amènent les organismes de régulation à formuler des exigences concernant la traçabilité et l'incertitude des mesures. Les décisions prises en 2002 par le CIPM et approuvées en 2003 lors de la Conférence générale sont conformes aux développements internationaux.

Lors de sa 95^e session en 2006, le CIPM a pris en compte les considérations suivantes pour décider de la manière de procéder :

- les besoins exprimés par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie ;
- les réponses aux questionnaires ;

- les opinions des Comités consultatifs ;
- les besoins exprimés par un certain nombre d'organisations intergouvernementales telles que l'OMM et par des organismes internationaux tels que l'IFCC et l'ILAC, ainsi que les points de vue du secteur de la santé, y compris la Pharmacopeia, du secteur alimentaire, du secteur de l'environnement et des associations de sciences médico-légales ;
- les conséquences d'un grand nombre de nouvelles réglementations qui ont été adoptées par de nombreux États et entités économiques et qui nécessitent des résultats de mesure traçables et comparables, avec des incertitudes de mesure déterminées. En particulier les domaines de la santé, de la sécurité alimentaire, des changements climatiques et des contrôles environnementaux nécessitent tous des résultats de mesure plus fiables et plus précis ;
- le besoin du BIPM de contacts réguliers avec tous les décideurs en métrologie et d'être considéré comme une organisation intergouvernementale crédible avec une grande connaissance de tous les domaines de mesure.

Pour être capable de répondre de façon adéquate aux questions de métrologie internationale, le BIPM, organisation petite mais compacte, doit disposer d'un groupe cohérent de scientifiques et le conserver. Les scientifiques du BIPM doivent disposer d'un savoir actualisé et d'une compréhension de la métrologie qui nécessite un accès quotidien aux travaux scientifiques de métrologie. Pour cela, le BIPM doit conserver un petit groupe de laboratoires scientifiques qui soit cohérent et livrer des résultats scientifiques de pointe de grande qualité, ainsi que des services permettant d'offrir de la valeur ajoutée aux laboratoires nationaux de métrologie et aux États membres.

En plus du petit effectif permanent au sein du BIPM, il est fortement souhaitable de disposer d'un nombre régulier d'experts des laboratoires nationaux de métrologie détachés temporairement au BIPM. Cela permettra de garantir une coopération optimale avec les laboratoires nationaux de métrologie, des échanges réguliers de connaissances, ainsi que la disponibilité en temps voulu de l'expertise appropriée pour contribuer au programme de travail du BIPM, et d'établir une liaison avec les décideurs.

Priorités du programme de travail

Le rôle du BIPM, tel que décrit dans le rapport 2003 sur l'*Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, a été discuté et approuvé à la 22^e Conférence générale.

Les principales tâches du BIPM incluent :

- le Système international d'unités (SI) ;
- les tâches techniques et scientifiques de base ;
- les services techniques spécifiques destinés à soutenir les laboratoires nationaux de métrologie ;
- la coordination globale de la métrologie ;
- les relations avec d'autres organisations ; et
- l'information et la publicité.

Le BIPM exécutera ces tâches de la manière la plus économique et la plus efficace qui soit pour atteindre ses objectifs. Il continuera d'être prêt à adapter et modifier ses objectifs selon les besoins et les décisions du CIPM agissant sous l'autorité des États membres.

Le travail de laboratoire du BIPM devrait :

- pouvoir être exécuté de façon plus économique et efficace sur le plan international, en évitant les duplications inutiles ;
- fournir des moyens de comparaison entre les réalisations nationales des unités et de grandeurs SI, au moyen d'équipements de référence à coûts partagés, d'étalons voyageurs ou de comparaisons organisées par le biais des Comités consultatifs du CIPM ;
- fournir un nombre limité d'étalonnages pour les États membres, principalement fondés sur des dispositifs créés pour être des systèmes de référence ou pour faciliter les comparaisons ;
- fournir une ressource internationale qui puisse être dédiée à l'apport continu de services et de dispositifs clés relatifs aux échelles de temps pour lesquelles les États membres peuvent avoir des difficultés à s'engager sur le long terme ; et
- fournir des services mandatés ou uniques tels que la maintenance du prototype international de masse et l'échelle de temps internationale.

Le rôle de coordination et de liaison du BIPM devrait être dirigé vers la création de partenariats uniques et de collaborations avec des organisations intergouvernementales, des organismes internationaux ou clés, afin que les concepts scientifiquement importants de traçabilité et d'incertitude des mesures puissent être établis dans de nouveaux domaines permettant de soutenir l'industrie, le commerce et la société. Une part très importante de cette tâche consiste dans la mise en place et la conservation de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. De plus, il est nécessaire d'assister les pays en voie de développement et de contribuer à la prise de conscience au sujet de l'importance d'une infrastructure nationale de métrologie reconnue sur le plan international pour le compte des opérations commerciales et de la société.

Les sept points essentiels du programme de travail du BIPM sont les suivants :

- Conservation et dissémination du kilogramme, et calcul et dissémination du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC). Mise en place des mesures pour se préparer aux modifications apportées aux définitions actuelles d'un certain nombre d'unités de base du SI, qui devraient entrer en vigueur au cours des prochaines années.
- Conservation et extension d'équipements de référence et d'étalons voyageurs qui sont maintenus de manière plus économique par le BIPM que par un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie.
- Maintenance et dissémination d'un programme ciblé dans les domaines de l'électricité, de la gravimétrie et des rayonnements ionisants.
- Développement supplémentaire d'un programme de chimie, qui cible les gaz relatifs aux changements climatiques et à la qualité de l'air, ainsi que les composés organiques et les méthodes de mesurage relatives à la santé, à la sécurité alimentaire et aux sciences médico-légales.
- Poursuite de la promotion de l'application du SI à de nouveaux domaines de mesure dans lesquels il peut s'avérer avantageux.
- Support technique et administratif à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.

- Promotion des avantages pouvant être tirés des résultats de mesures traçables et comparables, reconnues sur le plan international, pour les États et entités économiques qui ne sont pas encore des États membres ou des Associés à la Conférence générale.

Décisions concernant le programme

Le CIPM a établi les priorités suivantes concernant le programme de travail du BIPM :

- Les activités de soutien pour une éventuelle redéfinition du kilogramme auront une priorité absolue, étant donné que le BIPM est responsable de la conservation et de la dissémination de l'unité de base de masse. De même, suite à une éventuelle redéfinition du kilogramme en termes de valeurs fixées de constantes fondamentales, le besoin de dissémination de l'unité ainsi que l'établissement de la comparabilité globale resteront une responsabilité et tâche majeure du BIPM. Le travail à exécuter par le BIPM inclut la mise en place d'une balance du watt.
- La conservation des étalons électriques pour la tension, fondés sur l'effet Josephson, et pour la résistance électrique, fondés sur l'effet Hall quantique, est nécessaire pour le travail sur la balance du watt. Une partie de la conservation des étalons électriques consiste dans le parachèvement du condensateur calculable, en tant que méthode primaire pour définir l'unité de résistance électrique, ainsi que dans le lien entre la capacité électrique et d'autres grandeurs électriques avec les unités de base, tel qu'il a été décidé au cours de la 22^e Conférence générale.
- Le calcul et la dissémination des échelles de temps TAI et UTC représentent également l'une des activités uniques devant être exécutées par le BIPM. Cette tâche constitue une activité continue, qui doit être réalisée sans délai ni interruption. Cela nécessite un niveau de personnel permettant de travailler en continu pendant les périodes de vacances ou de maladie. Le travail à effectuer comprendra les étapes techniques servant à préparer l'intégration d'« horloges optiques » très précises dans l'échelle de temps internationale. Au moment voulu, celles-ci pourront remplacer la définition actuelle de la seconde. Les comparaisons des gravimètres seront poursuivies comme faisant partie du travail à réaliser dans le cadre de la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie.
- Compte tenu de la priorité élevée accordée à la métrologie en chimie, le BIPM doit conserver une section de chimie capable de fournir la base d'un savoir nécessaire pour que la communauté globale des laboratoires nationaux de métrologie puisse s'adresser à tous les autres décideurs dans ce domaine et assurer leur coordination. Les activités de laboratoire du BIPM devraient cibler les gaz à effet de serre, particulièrement importants dans les changements climatiques et la qualité de l'air, et fournir un programme limité en matière d'analyse organique au soutien de la santé, de la sécurité alimentaire et de la médecine légale. Une enquête devrait être menée concernant les besoins futurs en métrologie dans les domaines de la biotechnologie et de la microbiologie, en se concentrant sur les questions relatives à l'ADN et aux OGM.
- Les services uniques fournis par la section des rayonnements ionisants du BIPM, qui délivre les bases de la traçabilité aux laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'à tous les laboratoires secondaires de dosimétrie par l'intermédiaire de l'Agence internationale de l'énergie atomique, doivent être poursuivis. L'application fortement croissante des accélérateurs linéaires d'électrons à haute énergie aux thérapies médicales nécessite une extension supplémentaire en temps voulu des équipements du BIPM. Étant donné le coût

élevé d'un tel accélérateur (environ 2,3 millions d'euros), il est proposé que la 23^e Conférence générale approuve l'étude de ce projet, dans le but de pouvoir prendre une décision finale au cours de la 24^e Conférence générale qui doit avoir lieu en 2011. La mise en place du projet concernant l'accélérateur linéaire pourra alors démarrer en 2013.

Projet de résolution sur la dotation soumis à la 23^e Conférence générale

Le point de départ du calcul de la dotation pour le nouveau quadriennat est la dotation votée à la précédente Conférence générale pour la dernière année du présent quadriennat. Dans le cas actuel, cela représente la dotation totale votée à la 22^e Conférence générale pour 2008, s'élevant notamment à 10 312 000 euros.

Le CIPM propose que ce chiffre soit augmenté de 15 % (ce qui inclut une augmentation réelle de 11 %, plus une augmentation de 4 % pour couvrir l'inflation au sein d'une organisation scientifique) au 1^{er} janvier 2009, soit 11 859 000 euros, et qu'il soit encore augmenté de 4 % au 1^{er} janvier de chacune des trois années suivantes du quadriennat, afin de couvrir les coûts d'inflation pour une organisation scientifique.

La dotation demandée pour chacune des années de 2009 à 2012, indiquée ci-dessous dans le projet de résolution C, facilitera la mise en place d'un programme de travail conforme aux exigences minimales des États membres, tout en permettant de maintenir un budget équilibré pour les années 2009 à 2012.

Les détails du programme et les budgets individuels pour les années du quadriennat seront envoyés aux États membres environ six mois avant la Conférence. En ce qui concerne la 23^e Conférence générale, ils sont indiqués dans le document intitulé « *Programme de travail et budget du BIPM pour les années 2009 à 2012* » (6).

Dotation du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012

Projet de résolution C

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé et la médecine, ainsi que pour la sécurité alimentaire dans tous les États membres,
- le fait que le BIPM est reconnu comme un organisme expert sur le plan scientifique, qui réagit positivement aux besoins des États membres,
- les responsabilités élargies contenues dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, qui le sont encore plus dans le projet de programme de travail pour les années 2009 à 2012,
- la façon dont le BIPM continue à adopter les meilleures pratiques de gestion et à améliorer l'efficacité et la compétence de son personnel,

- l'impossibilité dans laquelle se trouve le BIPM, pour des raisons financières, de recruter le nombre nécessaire de membres du personnel pour accomplir le programme approuvé par les États membres,
- les initiatives prises par le BIPM pour accroître le nombre de personnes mises à disposition ou travaillant sous des contrats de durée déterminée, ou autres postes de courte durée,
- que les réserves financières du BIPM doivent atteindre un niveau lui permettant de fonctionner avec une sécurité financière adéquate dans un monde en mutation,
- l'impact global sur le budget du BIPM des précédentes décisions, financières et autres, de la Conférence générale,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont répondu aux besoins en personnel du BIPM par la mise à disposition de membres de leur personnel,

prie instamment les laboratoires nationaux de métrologie d'augmenter le nombre de personnes mises à la disposition du BIPM pour des postes de courte durée,

note que la dotation pour les années 2013 à 2016 devra inclure un investissement d'un montant estimé à 2,3 millions d'euros pour l'installation d'un accélérateur linéaire 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 23^e Conférence porté à

11 859 000 euros en 2009
12 333 000 euros en 2010
12 826 000 euros en 2011
13 339 000 euros en 2012.

Liste des sigles utilisés dans le présent volume

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences*

AFRIMETS	Système inter-africain de métrologie/Inter-Africa Metrology System
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AMA	Agence mondiale antidopage
ANDIMET	Coopération métrologique andine (Bolivie, Colombie, Équateur, Pérou et Venezuela)
ANMET	APEC Network for Materials Evaluation Technology
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CAMET	Coopération métrologique de l'Amérique centrale (Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua et Panama)
CARICOM	Communauté des Caraïbes
CARIMET	Coopération métrologique des Caraïbes (Antigua et Barbuda, les Bahamas, la Barbade, la Dominique, République dominicaine, Grenade, la Guyane, Haïti, la Jamaïque, Saint Kitts et Nevis, Sainte Lucie, Saint Vincent et les Grenadines, Surinam, Trinité et Tobago)
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme
CCL	Comité consultatif des longueurs
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : Métrologie en chimie
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants
CCT	Comité consultatif de thermométrie
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences
CCU	Comité consultatif des unités
CEI/IEC	Commission électrotechnique internationale
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIE	Commission internationale de l'éclairage
CIPM	Comité international des poids et mesures
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius	Commission créée par la FAO et l'OMS pour élaborer des normes, directives et codes de bonne pratique
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale
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
IAC	Coordination internationale Avogadro/International Avogadro Coordination
IAF	International Accreditation Forum

* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle.

IACS	International Association of Forensic Sciences
IAPSO	International Association for the Physical Sciences of the Ocean
ICAG	Comparaison internationale de gravimètres absolus/ International Comparison of Absolute Gravimeters
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISO CASCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour l'évaluation de la conformité
ISO REMCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les matériaux de référence
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
KPMG	KPMG Consulting, Ottawa (Canada)
MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM/ CIPM Mutual Recognition Arrangement
NIBSC	Institut national des standards et des contrôles biologiques/National Institute of Biological Standards and Control, laboratoire de l'OMS, voir OMS
NORAMET	Instituts de mesure d'Amérique du Nord/North American Metrology Cooperation (Canada, Mexique et États-Unis)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMS/TBT	Organisation mondiale du commerce, Comité sur les obstacles techniques au commerce
Pharmacopeia	Autorité officielle américaine de pharmacopée
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SCC	Standards Council of Canada
SIM	Système interaméricain de métrologie/Sistema Interamericano de Metrologia
SSDL	Laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA/Secondary Standards Dosimetry Laboratories under the IAEA
SURAMET	Coopération métrologique sud-américaine (Argentine, Brésil, Chili, Paraguay et Uruguay)
UAI	Union astronomique internationale
UGGI	Union géodésique et géophysique internationale
UIT	Union internationale des télécommunications

UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture/ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

2 Sigles des termes scientifiques

ADN	Acide désoxyribonucléique
ARN	Acide ribonucléique
CMC	Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages/Calibration and Measurement Capabilities
EIPT-68	Échelle internationale pratique de température de 1968
EIT-90	Échelle internationale de température de 1990
Galileo	Futur système de positionnement par satellites européen
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
IPPC	Prévention et réduction intégrées de la pollution/Integrated Pollution Prevention and Control
ITER	Projet de réacteur expérimental à fusion nucléaire/International Thermonuclear Experimental Reactor
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/BIPM Key Comparison Database
OGM	Organisme génétiquement modifié
PIB	Produit intérieur brut
SI	Système international d'unités
SIR	Système international de référence
SPS	Sanitaire et phytosanitaire
TAI	Temps atomique international
UTC	Temps universel coordonné
VAMAS	Versailles Project on Advanced Materials and Standards
VIM	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie

Bibliographie

1. *Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM*, BIPM, avril 2003.
2. *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie*, BIPM, mars 1998.
3. *Conférence générale des poids et mesures, Comptes rendus de la 22^e session (2003)*, BIPM.
4. *Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie*, BIPM, octobre 1999.
5. *American Competitiveness Initiative, Leading the World in Innovation*, Domestic Policy Council, Office of Science and Technology Policy, février 2006.
6. Site Web de l'OMC (www.WTO.org).

7. *The Role of Standards in Today's Society and in the Future*, Raymond G. Kammer (Director NIST), before the Subcommittee on technology, Committee on Science, House of representatives, 13 septembre 2000.
8. *Promoting Exports Through Quality and Product Safety*, Ivar Foss, Swedish International Development Cooperation Agency, 2004.
9. *Establishment of National Capability, Trade Capacity Building*, Working Paper Series 04/05, UNIDO, 2005.
10. *Innovations in Export Strategy, A Strategic Approach to Quality Assurance Challenge*, International Trade Centre, Executive Forum, UNCTAD CNUCED, WTO OMC, 2005.
11. *Analysis of Non-Tariff Barriers of Concern to Developing Countries*, OECD Trade Directorate, Trade Committee, TD/TC/WP(2004)47, décembre 2004.
12. *Influencing and Meeting International Standards, Challenges for Developing Countries*, UNCTAD/WTO, Commonwealth secretariat, 2004.
13. *Implementing the Metrology European Research Area – iMERA* (www.euromet.org/projects/imera/).
14. Mohr P.J., Taylor B.N., 2005 CODATA recommended values of the fundamental physical constants, *Rev. Mod. Phys.*, 2002, **77**, 1-105.
15. The fundamental constants of physics, precision measurements and the base units of the SI, *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2005, **363**, 2097-2327.
16. *National Nanotechnology Initiative*, US National Science Foundation (www.nano.gov).
17. *Formulation of the 2007-2010 Measurements for Biotechnology Programme*, LGC under contract of the UK Department of Trade and Industry, MfB Programme, 2006.
18. *EU JRC Institute for Reference Materials and Measurements*, Annual Report 2006.
19. *Technology Development for an "e-trace" System 2005*, NEDO/AIST, Japan, 2005.
20. *US National Measurements Needs Assessment*, 2006 (www.ncslnet.org/usmna/).
21. *Measurement Priorities for a More Secure Environment*, Report by the NPL and the University of Cambridge on behalf of UK DTI and NMS, 2006.
22. *Arbeitsprogramm 2005 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt*, informal information.
23. JCTLM Database: Laboratory Medicine and in vitro Diagnostics (www.bipm.org/jctlm/).
24. JCDCMAS (www.bipm.org/en/committees/jc/jcdcmas).
25. Déclaration commune au CIPM et à l'ILAC (www.bipm.org/utills/common/pdf/cipm-ilac_joint_statement.pdf).
26. Déclaration commune au BIPM, à l'OIML et à l'ILAC (www.bipm.org/utills/common/pdf/bipm-oiml-ilac_joint_declaration.pdf).
27. MacDonald M., *Potential Economic Impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement*, KPMG Consulting, avril 2002.
28. *Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les années 2009 à 2012*, BIPM, avril 2007.
29. *Convocation de la 23^e Conférence générale des poids et mesures*, BIPM, janvier 2007.
30. Site Web du BIPM (www.bipm.org).



**Bureau International
des Poids et Mesures**

**Evolving Needs for Metrology
in Trade, Industry and Society
and the Role of the BIPM**

2007

**Intergovernmental Organization
of the Metre Convention**

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

Foreword	83
Executive summary	84
1 Introduction	90
1.1 The 2003 CIPM report and the 22nd CGPM in 2003	90
1.2 Content of the new 2007 updated report	90
2 Sustainable competitiveness and innovation	92
2.1 The growing demand for reliable and comparable measurement results	92
2.2 The dependence of developing countries on an internationally recognized metrological infrastructure	93
2.3 Conformity assessment and metrology	94
2.4 Technical barriers to trade and sanitary and phyto-sanitary measures	94
3 The need for innovative measurement standards and methods	95
3.1 Redefinition of the base units	95
3.2 The need for new and more accurate measurements	96
3.3 Nanometrology	97
3.4 Measurement standards in the field of material properties	98
3.5 The urgent need for traceable, comparable measurement results in chemistry	99
3.6 Measurement standards and procedures in the field of bio-technology and microbiology	99
3.7 Certified Reference Materials	100
3.8 Information technology	100
4 Sector specific needs and developments, and the impact on trade and society	102
4.1 Transport sector	102
4.2 Information technology, navigation and the telecommunications sector	102
4.3 Electronics and optical sector	103
4.4 Electromagnetic and ionizing radiation sector	103
4.5 Energy sector	104
4.6 Climate change, environmental and pollution control and the World Meteorological Organization (WMO)	104
4.7 Clinical chemistry and laboratory medicine and the World Health Organization (WHO)	105
4.8 Food safety and the Codex Alimentarius Commission	106
4.9 Anti-doping and the World Anti-Doping Agency (WADA)	106

4.10	Pharmaceuticals and the Pharmacopeia	107
4.11	Forensics and security	107
5	Regulations, metrology, accreditation and standardization	108
5.1	Regulations	108
5.2	Legal metrology and the International Organization of Legal Metrology (OIML)	108
5.3	Metrology, accreditation and standardization	109
5.4	Intergovernmental organizations and other international bodies	110
5.5	Cooperation at the global, regional and national metrological levels	110
6	The BIPM	111
6.1	The role of the BIPM	111
6.2	Joint Committees	113
6.3	Recent developments at the BIPM	114
6.4	Programme of work and dotation of the BIPM	116
7	Conclusions and recommendations of the CIPM	118
7.1	General conclusions and recommendations	118
7.2	Priorities for the BIPM	119
7.3	Recommendations to National Metrology Institutes	120
7.4	Recommendations to Member States	121
Appendices		
Appendix 1	The national and international metrology infrastructure	122
1	The National Metrology Institutes and the Regional Metrology Organizations	122
2	The Metre Convention	124
Appendix 2	The CIPM Mutual Recognition Arrangement	130
Appendix 3	Results and conclusions of questionnaires to directors and other stakeholders	132
Appendix 4	Reaching out to developing States and Economies; Associates of the CGPM	136
Appendix 5	Resolution 5 of the 22nd CGPM	137
Appendix 6	Considerations and decisions by the CIPM on the future programme of work of the BIPM made at its meeting in October 2006	138
List of acronyms used in the present volume		144
Bibliography		147

Foreword

In October 1999, the 21st General Conference on Weights and Measures (CGPM) received the first report, prepared by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) in 1998, on national and international needs relating to metrology, and approved a number of the CIPM's decisions which were based on this report. The report gave an outline of the long-term national and international needs relating to metrology, and how these could be met through international collaboration. It also outlined the unique role that the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) can play in meeting these needs, as well as the long-term financial and other commitments required from the Member States.

As the need for a transparent, credible global metrology system developed much faster than expected, and because of the ever increasing fields of application covered by the global metrology system, an update of the 1998 report was presented to the 22nd CGPM in 2003.

Over the last four years, it has become clear that there are additional needs for internationally reliable, recognised and comparable measurement results and traceability to long-term stable measurement standards. Therefore, the CIPM is pleased to submit an updated *Report on the Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM* to the Governments of the Member States.

During the preparation of this 2007 report, a questionnaire on developments and needs in the area of metrology in chemistry was sent to the directors of National Metrology Institutes (NMIs) and other Designated Institutes, as well as to other stakeholders involved in metrology in chemistry. Likewise, all the CIPM Consultative Committees (CCs) had been asked to express their opinion on the evolving needs in their field of metrology, indicating which are the areas of highest priority to be addressed by the NMIs, other Designated Institutes and the BIPM.

The 2007 updated report is supported by several studies of governmental and industrial policies with respect to sustainable competitiveness and innovation, scientific and technological developments and quality of life issues. It also takes account of studies on trade policy and the economic and social impact of metrology, carried out by, or on behalf of, NMIs, governments and other intergovernmental organizations and international bodies.

The draft 2007 report has been discussed with the directors of the NMIs during a meeting at the BIPM in Sèvres in October 2006.

Finally, the report was approved by the CIPM in October 2006.

On behalf of the CIPM we express our gratitude to all who have given their time and expertise to assist in the preparation of this report.

E.O. Göbel
President of the CIPM

R. Kaarls
Secretary of the CIPM

June 2007

Executive summary

The demand for reliable, accurate and comparable measurement and test results is still growing rapidly in industrial production, in trade or in society, and in areas such as food safety, health care, environmental studies, forensic science and security.

The Metre Convention has established the basis of a world measurement system of comparable measurements, traceable to long-term stable reference measurement standards.

Increased demands, and an increasing number of interested partners

- The increasing globalization of industrial production, of service provision and of international trading trade and travel require depends on minimizing technical barriers to trade and compliance with international agreements, national regulations and agreed written standards. As reliable measurement and test results are the basis of demonstrating this compliance, an increasing number of national and international organizations are now expressing an interest in the quality and credibility of measurements and tests. This has led to increased cooperation between the BIPM and other intergovernmental organizations and international bodies. These include: the International Atomic Energy Agency (IAEA), the World Meteorological Organization (WMO), the Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Health Organization (WHO) through the Codex Alimentarius Commission, the World Anti-Doping Agency (WADA), the international associations of forensic science institutes and Pharmacopeia.
- An increasing number of regulations in, for example, the field of food safety and labelling, health care and environment, require traceability of measurement results and reliable statements of measurement uncertainty.
- International industrial associations are increasingly expressing their interest in better comparability and accuracy of measurement results. Examples include the European, American and Japanese associations in the field of *in vitro* diagnostics, the international seed testing association and the association of industries producing genetically modified food products.
- Cooperation between a number of bodies is essential to address the current demands in the most efficient manner. The BIPM has therefore intensified its liaisons with the International Organization of Legal Metrology (OIML), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the International Standardization Organization (ISO) and the partners in the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM).

Metrology in developing countries

- Unless a State has an internationally recognized metrological infrastructure, the international recognition and acceptance of their measurement and test results obtained is not assured. Non acceptance creates an immediate technical barrier to trade.
- National Metrology Institutes (NMIs) of developed countries, Regional Metrology Organizations (RMOs) and the BIPM promote the development of internationally recognized metrological infrastructures by organizing and participating in awareness seminars, technical and scientific training sessions and distributing relevant information.

- To facilitate the participation of developing countries in the work carried out under the Metre Convention, the 21st General Conference in 1999 allowed developing countries and economies to become Associate States of the CGPM. The number of Associates is now 22. It is expected that the number of Associates will continue to grow in the near future.
- The cooperation with the OIML, the ILAC, the International Accreditation Forum (IAF), the ISO, the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Telecommunications Union (ITU) and the United Nations Development Organization (UNIDO) in the Joint Committee on coordination of assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS) is continuing.

Improving the quality of measurement standards

- Industrial developments in, for example, energy saving, the production of new energy sources, nano-technology and navigation require new and more accurate, long-term and stable reference measurement standards. Progress in physics and engineering has led to the development of new and better measurement standards to meet the needs of these industries, leading to smaller measurement uncertainties. This stimulates innovation, trade, economic growth and customer satisfaction.
- Scientific and technological developments will soon make it possible to redefine most of the definitions of the base units of the International System of Units (SI) in terms of the fundamental constants of nature.
- The demand for traceable measurements of the properties of materials is growing in many areas; for example, in electromagnetic, thermo-electric, thermodynamic, optical and mechanical properties. In addition, the interest in properties of fluids and gases and structural properties is growing rapidly. The development of new advanced materials (ceramics, polymers, carbon-strengthened materials) and their application in health care, aeronautic and space industries and the construction industry are the driving force for more accurate, traceable measurements.
- The need for reliable, more accurate and traceable measurement results in chemistry, biotechnology, micro-biology and surface analysis is evident and requires more research and development; that is, more investment. More Certified Reference Materials are needed as well as the development of calibration and measurement capabilities at the NMIs to serve the need for value assignment of chemical and biochemical properties.
- The widespread application of information technology in measurements, remote controlled applications, multi-linked computer and user systems requires the further development of adequate information technology test systems.
- As new areas of application are identified and with the increasing adoption of good metrology practice, there may be a need for liaising at the national and international level with other expert bodies in these new areas. This is needed because often the NMIs do not have their own activity or competence in the specific field or because a major responsibility for the new field lies with another organization.

Sector specific needs and their impact on trade and society

- High priority innovative areas which stimulate a sustainable economy and improve the quality of life are: the transport sector, information technology, the navigation and

telecommunications sectors, the electronics and optical sectors, the electromagnetic and ionizing radiation sectors, and the energy sector.

- New energy sources such as bio-diesel, hydrogen fuel and waste recycling and alternative energy sources such as solar, wind and tidal energy require new measurement technologies.
- Monitoring climate change requires long-term stable reference measurement standards in the measurement of temperature, levels of greenhouse gases and salinity. The ability to measure small changes at low concentrations of, for example, CO₂, NO_x, and volatile organic compounds is a major measurement challenge.
- Healthcare requires reliable measurements in all areas, whether it is for diagnostics or for effective and safe therapy. The effective and efficient cooperation already established in the JCTLM, for the delivery of reliable reference standards and methods for diagnostic purposes, is now followed by the interest of the Pharmacopeia in working with the BIPM. Likewise, the WADA has expressed an interest in cooperating with the NMIs in the study projects and key comparisons conducted under the aegis of the CIPM's Consultative Committees.
- As food safety and nutritional content are extremely important to society, there is a growing interest from regulators, test laboratories, food producers and exporters in reliable and traceable measurement results. The cooperation of the BIPM and the relevant Consultative Committees with the Codex Alimentarius Commission and other stakeholders in the food area, including the genetically modified food sector, is developing rapidly.
- Global developments have now led to the creation of contacts and cooperation with the forensic science institutes. Increased security measures require the application of many new measurement systems. These systems, such as bio-metric data, ionizing and non-ionizing radiation systems and chemical substance and bio-detectors require new reference measurement standards, and calibration and measurement methods.

Compliance with regulations, accreditation requirements and written standards

- Many measurements, for example, in the area of electrical safety, food quality and safety, diagnostic measurements in healthcare and environmental and pollution control, require compliance with regulations. Globally recognized, reliable, comparable measurements, based on traceability to the same reference measurement standards are essential.
- Legal metrology requires that certain groups of specified measuring standards and instruments comply with formulated criteria. Closer cooperation between the BIPM and the OIML will help to improve traceability and the quality of measurement by users.
- Accreditation agreements for calibration, measurement and testing laboratories and inspection bodies are only credible when measurement results and measurement uncertainty statements are comparable and traceable to the same references. Likewise, product certification and other conformity assessment statements require traceable measurements, carried out with regularly calibrated measuring devices.
- The *Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by the National Metrology Institutes* (CIPM MRA) provides the framework within which NMIs and other Designated Institutes can demonstrate their capabilities and competences as sources of reliable, recognized measurement traceability. It also enables NMIs to provide the basis for accurate and comparable measurement results.

- The CIPM MRA and the ILAC Arrangement are fully complementary and form a unique and essential basis for a transparent and reliable measurement and testing infrastructure. The BIPM and the ILAC are cooperating closely, and are studying how to improve their Arrangements and to further harmonize the terminology used in the publication of the approved capabilities of the participating laboratories.
- With respect to standardization in general and to conformity assessment, the BIPM maintains close contacts with the ISO and its relevant committees, on the subject of nomenclature and measurement uncertainty. It is also essential that, at the national level, NMIs maintain close contact and cooperate in a timely fashion with the national standardization bodies.
- The value of the CIPM MRA, OIML's Mutual Acceptance Arrangement and the ILAC Arrangement was drawn to the attention of international and national organizations and bodies through a common statement and declaration on the relevance of various international agreements on metrology to trade, legislation and standardization statement issued on 23 January 2006.

National initiatives needed for the implementation of the world measurement system

- At a national level, National Metrology Institutes and other Designated Institutes are responsible for the implementation to the world measurement system in their country. International cooperation through joint research projects and the sharing of calibration capabilities is, whenever possible, the recommended way in which to address the large number of reference measurement standards and calibration capabilities needed to serve all the needs of a country. This saves money and increases the efficiency of the world measurement system.
- The Regional Metrology Organizations (RMOs) play an important role in facilitating international cooperation. For the production, characterization and certification of CRMs, international cooperation is a *sine qua non* as the number of CRMs needed by the industry and laboratories is almost infinite.
- The credibility of the CIPM MRA is dependent on the activities of the RMOs. This is particularly so in the assessment, in a globally comparable and transparent way, of the Quality Systems of NMIs and other Designated Institutes which are signatories to the CIPM MRA. These Quality Systems are based on the ISO/IEC standard 17025:2005 and, in the case where CRMs are used as the means of disseminating traceability to the customers, also on the ISO Guide 34.
- It is essential that the NMIs cooperate closely with the National Accreditation Bodies (NABs) and National Standardization Organizations. The opinions and the votes of these bodies are key elements in the global process of decision taking with respect to the modification and acceptance of accreditation criteria and written standards.

The International Bureau of Weights and Measures (BIPM)

- The BIPM will continue to carry out its basic scientific tasks in maintaining the world's standard of mass, currently the international prototype of the kilogram, and the calculation and dissemination of the time scales, International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC).
- Another prime task is the international coordination and representation in the field of metrology. This task should be broadened and intensified as the global demand for comparability and traceability of measurement results is rapidly expanding to include almost all fields of measurement and testing, with the areas of analytical chemistry, biology, nano-technology and material properties providing many of the stimuli for this increase in activity.
- In the near future, scientific and technological developments will make it possible to redefine most of the base units of the SI in terms of the fundamental constants of nature. This will require the development of new capabilities at the BIPM to maintain and disseminate the unit of mass based on a fixed value of a fundamental constant.
- The growth areas of metrology require the establishment of new or closer contacts and regular discussions with a large number of other intergovernmental organizations, such as the IAEA, WHO, WMO, the FAO and the WHO through the Codex Alimentarius Commission, and international bodies such as the IEC, IFCC, ILAC, ISO, and WADA.
- The authority of the BIPM in all fields of metrology, as recognized by other intergovernmental organizations and international bodies, can only be maintained if the staff of the BIPM remain competent and knowledgeable in the wide area of metrology. The BIPM must therefore have a highly skilled scientific staff. This can only be achieved if it continues to function as an active scientific laboratory which is charged with maintaining a coherent set of unique metrological capabilities. Apart from the mass and time/frequency laboratories, the laboratories at the BIPM include activities in electricity, gravimetry, ionizing radiation and chemistry that have been carefully selected to provide added value to the work carried out by NMIs.
- The present activities of the BIPM are the results of decisions taken by the CIPM in 2002 and approved by the 22nd CGPM in 2003, to carry out the most important and crucial tasks within the available budget. The 22nd CGPM decided that the increasing workload of the BIPM had to be financed by an additional discretionary contribution and recognized that the programme of work cannot be continued in the future without a more substantial increase of the normal dotation.
- In order to be able to continue to carry out the tasks decided by the 22nd CGPM and to implement the programme of work proposed by the CIPM for 2009-2012, a step increase in the dotation of 15 % on 1 January 2009 is required. This includes a real increase of 11 % plus 4 % to cover inflation for a scientific organization. There should also be an annual inflation increase of 4 % on 1 January of the succeeding three years.
- Member States are urged to take the necessary steps to ensure that the BIPM and NMIs be given the financial and other support which corresponds to the pace of global developments in metrology.

Conclusion

- The programme of work of the BIPM is based on the prime needs of States and Economies to realize and maintain the world's measurement system in support of innovation, trade, sustainable economy and improved quality of life. The importance of the BIPM's activities, as expressed by the increased active participation of many intergovernmental organizations and other international bodies, is a clear justification of the views of and decisions by the CIPM, now proposed for endorsement by the CGPM.

1 Introduction

1.1 The 2003 CIPM report and the 22nd CGPM in 2003

The 2003 CIPM report on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM* (1) was the successor of the report published by the CIPM in 1998 under the title *National and international needs relating to metrology* (2), which was presented to and discussed by the 21st CGPM in 1999.

The presentation of the 2003 CIPM report to the 22nd CGPM in 2003 was triggered by the rapidly growing demands for accurate and traceable measurement results in an increasing number of applications, in particular in new fields like chemistry and biology. These developments have forced the NMIs and the BIPM to reconsider their priorities and the type of services to be delivered to their customers. Also, the successful development of the CIPM MRA, established by the 21st CGPM in 1999, stimulated the growing interest of many other stakeholders in metrology and, consequently, in the activities carried out under the aegis of the Metre Convention.

In 2002, the CIPM decided to make changes to the programme of work of the BIPM. This enabled the BIPM to address and coordinate the long-term needs of metrology in the broad field of physico-chemical and chemical metrology as well as in physical metrology. These changes included: the further development of the Chemistry section, while the Mass, Electricity, Time and Ionizing Radiation sections were maintained and strengthened where needed, the termination of the photometry and radiometry programme and most of the programme of work of the Length section, including: the work on developing a femtosecond laser system. Moreover, more attention was given to the liaisons the BIPM had established with a growing number of other intergovernmental organizations and international bodies with an interest in metrology. The internal quality, safety, security and administrative functions were also strengthened.

In 2003, the 22nd CGPM approved the decisions made by the CIPM and decided to increase the dotation by 3.6 % in 2005 (a real increase of only 1.6 % plus 2 % for inflation) (3).

A full account of the 22nd CGPM has been published (3) by the BIPM and is available on the BIPM website (www.bipm.org). The 12 Resolutions adopted by the General Conference are also available on the website. In addition, the General Conference approved the role of the BIPM, as well as its scientific, technical and coordination tasks.

1.2 Content of the new 2007 updated report

It is now evident that, due to further globalization, distribution of production worldwide, the rise in international trade and the transportation of goods, animals, plants and persons, reliable metrology is even more of crucial importance. It is also of direct relevance to the increase in regulation deemed necessary for the protection of society and the monitoring and improvement of the environment.

Sustainable competitiveness, innovative products and services, and new regulations in all fields create demands for traceability of measurement results and measurement uncertainty statements. These require metrological responses. The importance of growth in global trade for economic prosperity and the reduction of poverty require the removal of technical barriers to trade. Achieving this goal is becoming more and more dependent on the availability of an

internationally recognized metrological infrastructure in each country. These factors help explain the increasing rate at which States are showing an interest in signing the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) (4).

A continuous process of programme evaluation and setting of priorities has to be implemented by the NMIs, other Designated Institutes as well as by the BIPM.

In order to address these issues, a number of studies have been carried out to review the essential, basic corner stones of the global measurement system. These corner stones include the ability of the International System of Units to establish, through traceability, global comparability in all sectors of human activity and interest. As a result, it is possible to identify the services which should be delivered by the NMIs, other Designated Institutes, and the BIPM.

Therefore, invited by the General Conference in its Resolution 5, adopted by the 22nd General Conference on Weights and Measures in 2003 (see Appendix 5), to update its 2003 report, the CIPM is pleased to present a 2007 report.

This CIPM 2007 report gives a condensed overview on the needs for, and developments in, metrology and identifies the areas of highest priority. In preparing this updated report, the BIPM sent out a questionnaire to all NMIs, other Designated Institutes and a few international organizations and institutes and asked for their views, on how they expect to meet the metrological needs of developments in chemistry and bio-technology. All the Consultative Committees of the CIPM were also asked to express their views with respect to the developments and needs in their respective fields of competence. Finally, the report has been discussed with the directors of NMIs.

The 2007 report contains five main sections, covered in sections 2 through 6. Following an introductory background section, section 2 outlines the increased needs for internationally recognized metrology from the point of view of sustainable competitiveness and innovation, with particular reference to the needs of developing countries. In section 3 an overview is given of the need for new, innovative measurement standards and methods which can improve the quality of measurements in the physical area as well as in the area of physico-chemistry, chemistry, micro-biology, nano-structures, properties of materials, reference materials and information technology. Section 4 includes a description of the needs demanded by the different industrial sectors as well as sectors of major importance to the quality of life.

Section 5 describes the influence and consequences of regulations in various areas and their consequences for metrology. It then points out the similar consequences which arise from conformity assessment systems, accreditation and standardization and the interest of other intergovernmental organizations and international bodies in reliable measurements. The last major section, section 6, is devoted to the BIPM, its programme of work and the financial commitment that will be required from the Member States. In section 7, the conclusions and subsequent recommendations of the CIPM are presented. The report ends with a number of Appendices giving further information about the developments in the national and regional metrology infrastructure, the CIPM MRA, the results of the questionnaires sent to the NMI directors and others, and the decisions of the CIPM on the future programme of work of the BIPM.

2 Sustainable competitiveness and innovation

Sustainable competitiveness and innovation require an environment containing an infrastructure to deal with regulations, trade and industry policy, and scientific and technical conditions. A reliable, globally recognized measurement system that makes it possible to realize accurate, fit for purpose, comparable and traceable measurement results is one of the essential elements of an environment capable of encouraging competitiveness and innovation (5).

2.1 The growing demand for reliable and comparable measurement results

World trade in commodities is increasing by about 15 % per year, amounting to some 10 trillion US \$ in 2005, of which an estimated 80 % is affected by standards and regulations (6, 7). High quality products and services and an ability to be flexible and innovative are essential to become and to stay competitive in the global market. This requirement is particularly valid for all types of industrial and service activities.

Various studies indicate that the cost to producers and service providers of complying with “standards” can be 10 % of production costs. Even in a world where national policies tend towards deregulation, specifications and legal requirements still play an essential role and responsibility to demonstrate compliance with them is increasingly being given to manufacturers and service providers. Manufacturer’s self-declarations and third party assessments are therefore the tools used to check whether compliance with the specifications and regulations is fulfilled. Third party certification and accreditation play an important and complementary role in making the system transparent and building confidence in the products and services delivered. All this requires international recognition of the results of reliable and comparable measurements and tests based on the SI.

The safety and protection of society also requires reliable and comparable measurements. As international travel becomes easier, diseases are spread rapidly around the globe. The severe acute respiratory syndrome (SARS) and bird flu are recent examples of such threats to mankind as a whole. Food and feed products are traded all around the world and have to be safe to eat and must not endanger the early stages of the food chain. Pollution control and protection of our environment have high priority and are global issues. Security and forensics are no longer local issues. The protection of humans, animals and plants is a costly economic activity which requires a globally coordinated and harmonized approach.

Areas of current and emerging demand for improved metrology recently defined by different economies lead to the following list of areas of priority:

- health care,
- food, agriculture and bio-technology,
- information and communications technology,
- nano-sciences, nano-technology, materials and new production technologies,
- energy,
- environment and climate change,
- transport, and
- space and security research.

Trends in the evolution of these sectors often include micro- and nano-applications and devices, lower chemical concentrations, cleaner environments, etc. Sustaining and encouraging innovation in all of them requires considerable improvements in measurement capabilities and the development of fundamental metrology, as well as awareness building. Many of the sectors have, so far, not developed adequate structures to deal with the measurement issues which have been raised and the majority of NMIs have not been funded to deal with the metrology needs in these non-traditional areas of activity.

In paying close attention to the “new” sectors, one should not forget the progress in traditional sectors. In particular, high metrological demands will continue to emerge from the engineering and instrument industry, the car, aeronautic and space industry, the optical industry, the chip, electronics and communications industry and the chemical, pharmaceutical and medical industry. They will call for globally recognized, accurate comparable and traceable measurements, which go well beyond what is now normally available. The NMIs and other Designated Institutes will continue to have to deliver reliable, globally comparable and traceable calibrations, measurements and Certified Reference Materials to support innovation and trade in these products.

2.2 The dependence of developing countries on an internationally recognized metrological infrastructure

Developing countries are particularly affected by the lack of an internationally recognized metrological infrastructure. The 2005 WTO report on the removal of technical barriers to trade mentions the lack of an internationally recognized metrological infrastructure in many developing countries as being one of the obstacles to the export of products as, without it, there could be no assurance to customers that the exports meet international standards. Thus, a national metrological infrastructure is an important element in improving the economy of developing nations. In particular, the lack of traceability in areas such as mass, volume, flow, temperature and chemical measurements, being measurements of direct importance for many products traded by developing countries, is hindering the development of the economy in these countries.

There are an increasing number of examples of the refusal of food products by importing countries due to the non-acceptance of measurement and test results carried out by the exporting countries, or by a lack of any measurement and test result at all (8). This puts the developing countries in a very weak and dependent position with respect to the importing developed countries. Recent examples of products which have been refused include: fish, vegetables and fruits from Africa to the European Union and the United States; wine, fish, shrimp from Chile to the United States and the European Union; beef and honey from Argentina; salmon, oysters, Chinese medicines to different countries in the world; and Thai chicken to Europe. The financial losses are considerable as, in many cases, these products are destroyed rather than returned to the country of origin. Agricultural and fish products are major export articles for developing countries, frequently representing an average of some 40 % of their GDP. Raw materials, such as oil, diamonds, and metals count for another 40 %. Only about 20 % are finished products destined mainly for the local or regional markets.

Unfortunately, most developing countries are not signatories of the Metre Convention. In order to support the development of a “fit for purpose” metrological infrastructure in developing countries and so as not to exclude developing countries from the global infrastructure organized under the Metre Convention, the 21st CGPM in 1999 allowed non-Member States to become

Associates of the CGPM. To further inform States and Economies in the world about what is going on under the auspices of the Metre Convention the 23rd CGPM will be asked to create a new category of Corresponding NMI of the BIPM. Such a category would be a stepping stone for the States of the corresponding NMIs to become signatories of the Metre Convention or become an Associate of the General Conference. The other aim would, of course, be for these States to become signatories to the CIPM MRA.

2.3 Conformity assessment and metrology

Conformity assessment declarations play an important role in the realization of free internal and global markets, and in international trade agreements. Independent third party accreditation of testing laboratories and product certification bodies by accreditation bodies, which are signatories to the ILAC and IAF Arrangements assure the credibility of declarations of conformity. The credibility of declarations of conformity, as well as of accreditation itself, is dependent on globally recognized traceable and comparable measurement and test results. Therefore one needs a global metrological infrastructure delivering traceability in terms of the stable long-term measurement standards of the SI, or, in cases where this is not yet feasible, in terms of other internationally agreed references, such as the WHO International Units for bio-activity measurements.

It is the aim and duty of the National Metrology Institutes and other Designated Institutes, cooperating with the BIPM or as bodies from States which have become signatories of the Metre Convention, to establish and guarantee globally recognized comparability and traceability. These National Metrology Institutes and Designated Institutes are at the apex of national metrology systems and realize the national standards required for internationally recognized and demonstrated traceability for all other measurement and testing activities within the States concerned.

2.4 Technical barriers to trade and sanitary and phyto-sanitary measures

As mentioned in section 2.2, the WTO report on the removal of technical barriers to trade mentions the lack of an internationally recognized accreditation and metrology infrastructure as one of the important issues which hinders the establishment of a reliable conformity assessment activity in developing countries. Specifically, unless a State can demonstrate compliance with the WTO agreement on the application of sanitary and phyto-sanitary measures (SPS agreement), based on a system of hazard analysis and critical control points along the whole food chain, its exports can be refused. Access to a measurement infrastructure and appropriate measurement tools would be a major step in meeting the WTO requirements. For processed agro-industrial products, an inability to package and label in the correct manner is again due to lack of reliable recognized measurement tools, and constitutes a barrier to trade (8, 9, 10, 11, 12).

Additionally trade among developed countries is sometimes seriously hindered by a lack of an internationally recognized metrology system, in areas of physical measurement which have not fully been addressed. These include measurements of quantities such as colour, appearance, smell, taste and materials properties. As is increasingly recognised, the field of chemical measurement is still under development and implementation in many countries.

Accreditation of field laboratories in the area of chemical measurements is, unfortunately, still not a guarantee that their measurement and test results are traceable and comparable. The lack of metrological understanding, the lack of traceable Certified Reference Materials and the lack of accredited “calibration or reference laboratories” are reasons why the reliability of measurement and test results can not yet be fully assured. In order to accelerate this process, there is an urgent need for the NMIs to put more effort into improving metrology in chemistry and to building up a sound metrological hierarchy as is the case in “traditional” physical metrology.

3 The need for innovative measurement standards and methods

New advanced materials, research on micro- and nano-structures and the further understanding and handling of chemical, biological and atomic structures have opened the road to the creation of a number of very innovative measurement standards and methods, which in themselves will lead to further innovations in broad areas of application (13).

3.1 Redefinition of the base units

Scientific and technological developments will soon make it possible to define most of the base units of the International System of Units (SI) in terms of the fundamental constants of nature, which are assumed to be accurate and stable long-term anchor points.

So far, the world measurement standard of mass is embodied in the international prototype of the kilogram, an artefact maintained by the BIPM. Although it has served the world for the last 118 years, this artefact could be damaged or even destroyed, and it must be used carefully so as to minimise the effects of contamination from the ambient atmosphere. In order to avoid wear it cannot be used routinely and, moreover, it can only be accessed at the BIPM. Based on the results of comparisons of a large number of Pt-Ir kg mass standards, carried out at the BIPM, one cannot be absolutely sure that the mass of the international prototype is constant over time, as is assumed in the definition of the kilogram. The current estimate of possible drift rates are in the region of 5×10^{-8} per 50 to 100 years.

So, a more stable measurement system is highly desirable. Current proposals for this improvement include a redefinition of the unit of mass, the kilogram, in terms of either the Planck constant or the Avogadro number. However, before this can be done, a discrepancy must be resolved between experiments based on watt balance and one which uses x-ray crystal molar mass measurements.

A redefinition of the kilogram in this way may have immediate implications for a redefinition of the electrical base unit, the ampere, and the unit of amount of substance, the mole, in terms of the fundamental constants of nature. There is also the possibility that, at the same time as redefinitions of the kilogram, mole and ampere are made, the kelvin could be redefined based on a fixed value of the Boltzmann constant (14, 15).

The Committee on Data for Science and Technology (CODATA) provides an internationally accepted and consistent set of values of the fundamental constants and closely related conversion factors. The metrology world is closely associated with its work and the value of a physical constant used to redefine the SI base units would be drawn from the best available CODATA

values. CODATA calculates the values of all the fundamental physical constants on the basis of the most accurate available measurement results and checks their consistency.

Although most of these redefinitions will not affect routine measurements in trade and society, the advantage of the redefinition is particularly important to atomic, gravitational and space research, theory and applications. Other advantages are that, in principle, the kilogram could become realized by more laboratories in the world. Additionally, while many other SI units could be realized directly from their definition, which will mean that higher accuracies can be achieved. For example, in addition to fixed values for the Planck constant, the Boltzmann constant and the electronic charge, a redefinition of the mole in terms of an exactly known value of the Avogadro constant means that other constants like the Faraday constant, the molar gas constant, the Stefan-Boltzmann constant and the molar volume of an ideal gas become known exactly, which is of importance in a number of fields in physics and chemistry.

Proposals for these redefinitions are not expected before 2011. In the meantime, the NMIs are requested to perform experiments to provide consistent best values of the respective fundamental constants.

3.2 The need for new and more accurate measurements

Further improvements in the accuracies required for measurements of force, momentum of inertia, acceleration, pressure and other mechanical quantities continue to be of importance for the engineering, automobile and aeronautics and space industries as will be an increase in the ranges of these measurements to cover smaller and larger values. In particular, there is a considerable demand for traceable dynamical measurements.

The further development and application of new types of lasers and interferometric measurement methods are important for accurate dimensional and surface measurements. They will have specific new applications to the measurement of nano-structures and their application in the optical, electronic and medical area. The efforts to develop a quantum electric current standard by applying single electron devices will close the “electrical metrology triangle” (Ohm’s law) and may deliver accurate new electric current measurement devices to be used in medical diagnostics and intensive care treatments and in the micro- and nano-electronics industry.

The development of ac electrical measurement standards based on the application of the Josephson effect and the quantum Hall effect will further improve the accuracy in electrical measurements. This is of importance for the electronics, telecommunication, navigation and transport industry. Other developments include more accurate measuring capabilities for electrical capacitance, electrical power, magnetic properties (for example, in nano-structures), wave forms and very high frequencies up to the terahertz region (important for the IT and security industries).

Improvement of the accuracy of the temperature scale by developing high temperature fixed points and better knowledge of the purity of the materials used to establish fixed points needed to establish the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) is of importance for all temperature measurements. It may also contribute to more accurate thermodynamic measurements and measurements of heat conductivity and capacity and the development of insulating materials, which are, for example, of importance for energy saving measures and safety. Further development of humidity measurement capabilities is of importance to a wide range of application, including industrial products as well as food and other chemical products and packaging materials.

The application of absolute radiometers and the broadening of the measurement range to the far infrared and extreme ultraviolet are of particular importance, for example, for remote sensing and for the chip manufacturing industry and lithography.

The proper functioning of satellite systems such as GPS, GLONASS and Galileo depends on very accurate atomic clocks, so improvements in their accuracy and the means to compare them are essential for improved navigation systems. The next generation of even more accurate “optical clocks” can bring further improvements in performance. Transportation, anti-collision systems and the prediction of earth quakes and tsunamis also make use of these accurate techniques.

More accurate, traceable measurements are increasingly demanded in the area of ionizing radiation. The increased attention being given by governments to new generations of nuclear power stations and the wide application of ionizing radiation in the field of diagnostics, therapy and radiation protection require an accurate knowledge of the properties of radionuclides, accurate dosimetry and calorimetry facilities, including neutron fields.

New developments in the medical treatment field are dealing with brachytherapy and activity measurements of short-lived radionuclides as well as with high-energy photon and electron beam dosimetry. They bring advantages through better diagnostics and therapy, which will result in a considerably larger number of successful treatments and will save significant amounts of money for society.

Work on the International Reference System (SIR) at the BIPM will continue to be needed. This is a unique reference facility for radionuclide activity measurement and is used regularly by all Member States. The SIR database contains measurement results on radionuclides, and the data is used to construct the efficiency curves of ionizing chambers as a function of γ - and β -ray energy. These reference chambers are the basis of traceability for the laboratories operating under the International Atomic Energy Agency.

3.3 Nanometrology

The activities indicated under the heading nanometrology cover a wide range of disciplines, including dimensional measurements, electromagnetic measurements, sub-micro electro-mechanical devices and sub-nano- vibration devices, optical microscopy, chemical analysis, surface analysis, structural material property analysis, bio-technology and micro-biology. Nano-technology is rapidly becoming a multidisciplinary subject (16).

Current challenges which are being addressed include:

- manufacturing at the micro- and nano-scale (e.g. nano-lithography as used in the semiconductor industry),
- nano-structured materials (e.g. carbon nano-tubes),
- new composite materials (e.g. manipulation of nano-scale particles from various materials),
- nano-electronics, nano-photonics, nano-magnetics (e.g. molecular electronics),
- energy conversion and storage (e.g. nano-rod polymer solar cells and flexible sheets),
- nano-scale instrumentation (e.g. chip based and single electron devices),
- computer circuits (e.g. to construct energy efficient circuits of molecules and atoms),
- energy saving (e.g. the development of new energy sources like hydrogen fuel),

- advanced chemical, biological, radiation and explosives detection (e.g. chip for detecting PSA and drug discovery),
- healthcare, therapeutics and diagnostics (e.g. peptide nano-tubes as antibiotics, puncturing the cell wall and gold nano-particles to deliver DNA molecules safely into cancer cells),
- the cosmetics industry,
- DNA and RNA strands (e.g. observing and manipulating strands in order to understand fundamental problems in biology), and
- Nano-scale processes for environmental improvement (e.g. nano-particle water filtration).

It is estimated that the market for nano-technology is already, of the order, of 10^{12} US \$ or more per year. Successful application of the subject and innovative nano-based products requires accurate, traceable measurements in measurement areas which will stretch existing capabilities. New approaches are required in the development of new measurement techniques and measurement methods. The development and application of nano-particles and techniques also requires research into the detection, measurement and toxicity of these particles, so as to address concerns that they contaminate other structures, including the human body.

A multi-disciplinary approach by the NMIs and other Designated Institutes and international cooperation is required and could be achieved through the development of a more matrix oriented organizational structure which would reflect the multidisciplinary nature of the subject.

3.4 Measurement standards in the field of material properties

Industry has recently expressed an increased demand for traceable measurements of materials properties. In particular, organizations like the Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) and the APEC Network for Materials Evaluation Technology (ANMET) and a number of NMIs with activities in this field are coming together to address the importance of traceable measurements.

The field encompasses a wide field of materials properties, such as:

- electromagnetic properties (magnetic and dielectric),
- thermo-electric properties,
- thermodynamic/thermophysical properties (conductivity, heat transfer, phase analysis, expansion, heat capacity, emissivity, diffusivity),
- optical properties,
- mechanical properties (hardness, modulus, strength, toughness, fatigue, creep, friction, corrosion, lubrication),
- properties of fluids and gases (viscosity, density, caloric value), and
- structural properties (composites, aerosols, gels, grain and particle size, particle size distribution, porosity, defects, shape).

As the measurement characteristics of many materials may emerge from industrial sector-specific requirements, the subject needs to be addressed broadly so as to identify the metrological needs and the related support which may be needed from the NMIs in addition to the standardization work carried out by the industry sector itself. With this aim in mind, the CIPM has created an *Ad-hoc* Working Group on Materials Metrology which should report back by the end of 2007 on any actions needed by the NMIs in support of the establishment of appropriate internationally recognized, comparable, and traceable measurement and test results.

3.5 The urgent need for traceable, comparable measurement results in chemistry

The need for accurate, traceable and comparable measurements in analytical chemistry has become manifest over the last decade and has been alluded to on a number of occasions in this report. The importance for trade and society is now clearly recognized globally. However as the development of metrology in chemistry on a global scale only started some ten years ago, it is clear that an enormous amount of work still has to be done.

One of the major complications in metrology in chemistry is that many measurements depend on the chemical matrix environment in which the measurand/analyte to be measured is found. As a consequence, many chemical measurement results are dependent on the measurement method used. The development of matrix and method independent measuring procedures and techniques should therefore have a high priority.

The development of on-site measurement techniques and lab-on-a-chip devices are also of high importance. Applications are found in on-the-spot/at the point of care analysis of human samples in health care, and diagnostic devices used at home and in the hospital.

The production and measurement of high purity materials is essential for the production of new innovative materials and nano-technology applications.

As the area of chemical measurements is very wide, priorities have to be set. Depending on the country's needs and its own resources, priorities may differ, but in general one can conclude that, based on economic, trade and society needs the following areas of priority include: food analysis, including genetically modified organism (GMO) measurements, health care measurements, including DNA/RNA and protein measurements, analysis of pharmaceuticals, anti-doping measurements, environmental measurements, gas analysis, petro-chemical analysis, forensics and security.

3.6 Measurement standards and procedures in the field of bio-technology and microbiology

Due to the rapidly developing knowledge of DNA and RNA structures and their importance in bio-technology and microbiology, an urgent need for traceable, comparable DNA and RNA measurements exists. As medical knowledge and techniques and therapeutic possibilities grow, protein and cell measurements become increasingly important. Unfortunately, a large number of bio-activity measurements cannot yet become expressed in terms of the long-term stable SI, although continuous progress is being made. The cooperation now achieved by the Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM) with the clinical and laboratory medicine sector and the National Institute of Biological Standards and Control, itself a major WHO laboratory, is very promising and it is expected that good progress will soon be made.

Better diagnostics and therapy will bring considerable benefits to patient treatment as well as substantial financial and economic benefits for society. The development of accurate DNA measurements is also needed in order to measure GMOs at the very low levels mentioned in regulations which apply to genetically modified food products. Likewise, DNA measurements are increasingly applied in environmental and pollution control. In general, an improvement of the reliability and accuracy of measurements in the field of bio-technology and microbiology will, therefore, have huge societal impact (17).

3.7 Certified Reference Materials

In many areas of measurement, traceability is disseminated by the NMIs through Certified Reference Materials (CRMs), each of which has an assigned traceable value and which has been characterized for its homogeneity and stability over a defined period of time. Different types of CRMs are delivered, such as hardness blocks, surface roughness standards, electromagnetic material samples, optical filters, temperature fixed point cells, viscosity standards and chemical reference materials (18).

As measurement results in chemistry are almost always dependent on the chemical matrix in which the analyte to be measured is found, traceability in many cases has to be established by CRMs of the same composition. This means that an almost unlimited number of different CRMs are needed. An extra complication arises in the field of CRMs used in the clinical and therapeutic sector because of the requirement that the CRMs have to be “commutable”. This means that the CRM used to calibrate a measuring instrument should react in the same way as a human sample would do when being measured.

NMIs are not in a position to deliver CRMs for establishing traceability in all cases. Moreover, a second level of accredited chemical “calibration” laboratories and accredited CRM producers is almost completely lacking in the world. The NMIs should foster the establishment of such a second level of facilities, deriving their traceability from the NMIs or Designated Institutes, which form the global network of internationally recognized laboratories under the CIPM MRA.

In addition to delivering the most essential CRMs to their customers as the means of disseminating traceability, the NMIs and Designated Institutes should also develop and maintain chemical “calibration” capabilities and competences. These would allow delivery of traceable assigned values to so-called “in-house” reference materials offered by their customers and to provide delivering traceable assigned values to reference materials used by proficiency testing providers.

3.8 Information technology

During the last few decades, an enormous development has taken place in the application of microprocessors in measuring instruments. These simplify the task of operators and enable the application of human-error free, versatile and intelligent communications, computer and display devices. These instruments are now widely used in the chain of production and services through to the end user. The reliability of the measurement results is dependent on the validity and traceability of the signal processing and display in the whole chain, as determined by the hardware and software used. Verification of the quality and reliability of software has been difficult and very costly and is sometimes hindered by the inaccessibility of patented or complex software, so the most common approach to testing these devices so far has been a system of “black box” testing. “Black box” testing does not give sufficient guarantee of the reliability of measurement results over time and place and over the whole measurement range covered by the measurement system used. However, recent developments in software technology have generated practical applications of computer aided software to be used for the verification of measuring instrument software and data processing and the checking of its reliability and conformity with the instrument and measurement method specifications (19).

Once a computerized measuring instrument, or even a sensor, is linked to a communications network, the measurement result is directly used by a community of users anywhere in the world. Consequently, cyber security and reliability of measurement data becomes increasingly

crucial, with implications to fair trading. Such developments will become crucially important when medical treatment and the delivery of medicines are based on measurement data saved in personal health status databases, currently being created. This applies nationally and internationally when individuals are taken ill outside their home country.

Likewise, the quality of measurement data, obtained by remote measuring stations monitoring pollution and possible climate change, has to be ensured by reliable sensors and detection systems. The data must be transmitted through safe, secure networks and be treated by reliable computers to be able to, for example, predict accurate weather forecasts and to monitor possible climate changes.

Communication networks are also used routinely for the maintenance of the whole measuring system and for uploading new versions of the software used. To secure the necessary software transfer, the hardware used and the software have to be protected, for example by encryption technologies.

Utilization of information technology in the scope of laboratory accreditation will be one of the new challenges, in which laboratory assessments or proficiency testing can be carried out as a remotely observed on-site visit by using TV-audio systems and data acquisition through a secured internet communication network. The intellectual properties of the laboratories concerned and their clients must be secured when remote controlled accreditation systems are used. Such a system may eventually considerably reduce the costs now involved in laboratory accreditation.

The same considerations apply to the current application of internet-enabled calibration systems which have been tested in a number of areas and where the accreditation community is developing appropriate assessment protocols. In these new developments, multi-linked computer systems and multi-user systems allow the measurement operation to be carried out from one spot, while the calibration is done and the traceability is checked from another place and at another time. This makes the security and the verification process more complex than ever.

In the oil industry and in advanced manufacturing plants, the measurement is only one of the elementary operations conducted by the plant operating system involving techniques of remote data analysis and diagnostic software through expert systems, data mining and data fusion. Much of this requires measurements in harsh environments in order to maintain high levels of product quality and to diagnose faults in the production process as early as possible so as to take remedial action.

Management information is increasingly being drawn from sales data in supermarkets and the checkout scales are linked to the billing process and to the overall management system of the supermarket used to order goods and to monitor changes in customer preferences. Legal control of the weighing instrument is, however, of necessity limited to a simple check that the weight of goods is measured correctly.

Measuring software, available for designing practical measurement and control systems in terms of a visual programme, are now widely used.

Individual users may claim that they are now able to verify their home made measuring programme and database.

The validity and traceability of assigned values and stated measurement uncertainties of measuring instruments, measurement standards and (certified) reference materials are laid down in a certificate issued by the organization responsible for the value assignment. However, internet assisted computerized calibration and measurement systems using powerful software

sorting engines will allow remotely demanded, quick, costless and reliable authenticated certification at any time.

In conclusion, NMIs need to address the recent advances in software and hardware, which are increasingly being applied to industrial and laboratory-based measurement systems, data transmission, modeling and simulation and the automatic calculation of measurements results and uncertainty.

4 Sector specific needs and developments, and the impact on trade and society

This section outlines developments in a number of sectors which are globally given a high priority, as they stimulate innovation and the growth of the world economy and improve the quality of life.

Areas of major importance with emphasis on sustainable developments can be found in the subsections which deal with transport, information technology and telecommunications, electronics, optical products, electromagnetic and ionizing radiation and energy (20, 21, 22).

4.1 Transport sector

Developments in the automobile, railway, ship building and aircraft and space industries are focusing on ever safer, and more energy saving, systems. This means an increasing need for more accurate mechanical measurements, such as 3-dimensional measurements which exploit the development of very small sensitive sensors based on touch, optical or laser sensing and x-ray topography, scanning electron tunneling and atomic force sensing. The development and application of new materials such as polymers, ceramics and carbon reinforced materials, and energy saving research, for example fuel cells, need highly sensitive and accurate measurements such as chemical and surface analysis.

4.2 Information technology, navigation and the telecommunications sector

Remote sensing in trade (for example, remote read out of household electricity, gas and water meters) and health care (for example, in intensive care units) require reliable sensors and information technology. The development of bio-metric systems is well underway and requires appropriate test methods.

The application of wireless transmission of measurement data is rapidly increasing.

High speed, high volume global communications are only possible when the global communication systems are precisely synchronized. High levels of synchronization are required for applications such as financial transactions, the buying and selling of stocks and shares, or the precise moment at which a consumer switches supplier in competitive markets such as the supply of gas or electricity. In order to provide the required measurement accuracy, synchronization of the time scales steering the communication systems requires an accuracy of 10^{-13} or better. As mentioned in section 3.2, further improvements in global time scales are

expected when optical clock technology is developed to the point at which remote comparison techniques permit their greater accuracy to be exploited.

More accurate navigational measurements will improve safe navigation in the air as well as on sea and in harbours, and safer use of air and space vehicles, thus allowing higher road traffic densities and the control of dangerous loads in heavily populated areas. These improvements will lead to more energy saving and less pollution. The launch of the Galileo navigational satellite system by the European Union and a comparable system by China with accurately steered atomic clocks on board, requires very accurate global time/frequency comparisons. These accurate satellite systems will also contribute to better and more timely earth quake predictions and tsunami warnings.

4.3 Electronics and optical sector

Due to the existence of quantum electrical standards, like the quantum Hall effect for electrical resistance and the Josephson effect for electrical voltage, high precision dc measurements of electrical quantities are routinely available; however, ac measurements still require ac-dc thermal converters which limit the obtainable precision of ac quantities. To achieve a comparable precision in ac measurements, ac quantum standards have to be developed, such as an ac quantum Hall system and ac, programmable Josephson effect standards.

The ever increasing miniaturisation of electronic components requires very precise electrical ac and dc measurements as well as very precise masks, deposition techniques and writing on the nano- and sub-nano- scale. High accuracy dimensional measuring systems and microscopes are needed. Accurate and very precise extreme ultraviolet (EUV) lithography requires highly accurate EUV measurements. In addition, the semi-conductor materials used have to be pure and well characterised.

Besides precise measurement capabilities in the infrared and the EUV there is a need to broaden and improve the capabilities of photometric and radiometric characterization of new light sources, such as light emitting diodes (LEDs), white light LEDs, liquid chromatography and plasma displays, etc. Considerable energy savings can be achieved by the further development of new lighting sources.

To aid computer design, it is important that the colours on the display screen are reproduced faithfully in the production process. There is still the need for progress to be made in this area.

There is the beginning of an industrial trend to make use of state-of-the-art products based on magnetic properties which require accurate magnetic measurements. In particular, metrology in the area of nano-magnetism related to magnetic data storage has to be improved.

4.4 Electromagnetic and ionizing radiation sector

The rapid development of the telecommunication sector is making use of mobile systems which use higher frequency ranges and which require the development of dense networks of high frequency transmitters. The amount of electromagnetic radiation in our environment is rapidly increasing as is the debate on whether this has a damaging effect on human health and our environment. Accurate electromagnetic radiation and temperature measurements are needed to help answer these questions.

As a consequence of the miniaturization in electronic components, very small signal levels are used and measured. This requires strict electromagnetic compatibility and protection against electromagnetic interference. Examples can be found in intensive care units in hospitals, brain and muscle measurements, communication, space measurements, etc.

Ionizing radiation is used in many applications, such as in diagnostics and therapy of human beings, as well as diagnostics of the quality of products, such as the quality of the welding in gas and oil pipelines, and sterilization of products against micro-organisms, like bacteria, viruses and mildew. Measurements include the precise dose of alpha, beta, x-ray and neutron radiation as well as radionuclide activity measurements. Neutron radiation measurements are of importance for nuclear fusion processes (such as the ITER experiments), where neutron flux is a key parameter. Further special capabilities are needed for mammography and kerma measurements. Very accurate ionizing radiation measurements are required in therapeutic treatments.

4.5 Energy sector

As energy resources become scarce and the price of energy increases, a rapidly increasing interest is observed in improving the global capabilities of highly accurate measurements of oil and natural gas. This means more accurate and globally comparable measurements of flow, chemical composition and energy content are required.

The global trade of natural gas in 2004 amounted to 993 billion US \$. A measurement uncertainty of 1 % is routinely achieved in the field which equates to some 10 billion US \$ per year. In the meantime, the cost of a barrel of oil has more than doubled.

The development of hydrogen and other fuel cells, the application of bio-diesel and nuclear energy require new and accurate measurement systems. The development and installation of remotely controlled electricity meters requires sophisticated remote controlled calibration methods and, as pointed out earlier, advances in data security and transmission.

The renewed interest in nuclear fission energy and the on-going research in nuclear fusion technologies require up-to-date radioactivity and ionizing radiation standards and measurements, including neutron fields.

4.6 Climate change, environmental and pollution control and the World Meteorological Organization (WMO)

Climate change requires very accurate measurements (for greenhouse gases and ozone to better than 0.1 %) and should be related to stable long-term reference measurement standards in order to be able to determine small variations over long periods of time. A close cooperation has therefore now been established between the WMO Global Atmospheric Watch, the BIPM and the CCQM Working Group on Gas Analysis. For the same reasons, very accurate radiometric measurements are needed and close collaboration has been established between the WMO, the International Commission on Illumination and the CCPR.

Salinity measurements of the ocean waters are considered good indicators for earth quakes, tsunamis and climate change. These salinity measurements require accurate electrochemical analysis, with temperature being an important parameter. These salinity measurements are carried out in the scope of the Global Temperature and Salinity Profile Programme under the auspices of UNESCO. An indication of the importance of long-term stable reference points is

the fact that the IAPSO Practical Salinity Scale of 1978 is still based on the abandoned International Practical Temperature Scale of 1968 (IPTS-68).

Apart from the importance of accurate measurements for society in general, there is also a considerable energy or pollutant trading issue. For example, according to the Kyoto treaty, CO₂ shares can be traded between countries, and a lively international trade exists in waste.

To assist in the improvement of the reliability of measurements needed for monitoring our environment, a joint symposium by the BIPM and WMO is being planned for 2008.

Since almost all waste, including industrial dirt, exhaust gases, stack emissions, medicines and personal care products used, ends up in the coastal waters, analysis of such waters and the analysis of fish, oysters, shrimp and other living organisms which show changes in genes and proteins are good indicators of the quality of our environment. Long-term comparability of the measurement results is an essential requirement.

4.7 Clinical chemistry and laboratory medicine and the World Health Organization (WHO)

In the 2003 CIPM report on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM* to the 22nd CGPM, the CIPM has already reported on the huge impact of measurements on the correct treatment of patients and the financial or other consequences of incorrect measurements.

With the implementation in the European Union of the *In Vitro* Diagnostics (IVD) Directive 98/79/EC of the European Parliament and Council, great interest has been created by all parties involved in accurate traceable clinical measurements. This Directive requires that the traceability of values assigned to calibrators and/or control materials must be assured through available reference measurement procedures and/or available reference materials of higher order.

The BIPM took the initiative, together with a number of NMIs, the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), the ILAC and with support of the WHO to establish a Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) (23). After consultations with all the stakeholders involved, including international manufacturers' associations, CRM producers, proficiency testing providers, clinical and hospital laboratories, and regulators of the European Union, Japan and the United States, the JCTLM was officially established in 2003. The two working groups which operate under the JCTLM are extremely active.

Working Group 1 of the JCTLM is delivering lists of reliable, traceable reference materials and reference measurement procedures that qualify as being of higher order. It looks for traceability to the SI whenever possible or traceability to other internationally agreed references, for example, the WHO International Units, in cases where traceability to the SI is not (yet) feasible. These lists of Certified Reference Materials and Reference Methods of higher order are published on the websites of the BIPM and the IFCC.

Working Group 2 of the JCTLM is publishing lists of calibration services deliverable by potential clinical reference laboratories. Moreover this working group is organizing proficiency tests in order to demonstrate the capabilities and competences of the potential reference laboratories. These services and the names of the laboratories are also published on the websites of the BIPM and the IFCC.

The *in vitro* diagnostics industry is now using the listed CRMs and reference methods widely. This should lead to much more accurate, and comparable, clinical analysis – a subject which is of importance for the patients, independent of which country, hospital or even part of the hospital in which they are treated. The patient should have the correct treatment, avoiding wrong and unnecessarily repeated measurements. These improvements lead to major financial savings, the United States estimates unnecessary treatments to cost more than 10 to 30 billion US \$ per year; in Germany the cost is more than 1.5 billion euros per year. The global market on *in vitro* diagnostic products is about 27 billion US \$ in 2006, at least 8 billion of which is in Europe. The activities of the JCTLM, made possible by the existence of the CIPM MRA, have helped avoid a technical barrier to trade especially as 60 % of the products used in European Union are imported from the United States.

In order to establish improved traceability in the field of bio-activity measurements the CCQM Working Group on Bio-Analysis is now closely cooperating with the UK National Institute for Biological Standards and Control, which is a major WHO international laboratory.

4.8 Food safety and the Codex Alimentarius Commission

In 2003 and 2004, two stakeholder meetings were held at the BIPM. These were attended by representatives from the food industry, food testing laboratories, European Union reference laboratories, proficiency testing providers, the Codex Alimentarius Commission, regulators and accreditors. A number of sector specific intergovernmental organizations in the food sector such as the International Olive Oil Council, the International Wine and Vine Organization and the International Dairy Federation were also represented. Food safety testing concerns the whole chain from “farm to fork”. It includes the testing of soil, water and air, fertilizers, animal feed, animal drugs, GMOs, diseases, toxic residues, nutritional content, dietary supplements, etc.

For reasons of food safety, nutritional content, labeling and customs reliability, accurate, traceable and comparable measurement results are required. A number of European Union reference laboratories declared that presently they are not able to deliver traceable measurement and test results and to comply with the ISO/IEC standard 17025. They therefore asked the BIPM and the NMIs to deliver traceability, to stimulate the development of key CRMs and measurement procedures, and to improve international comparability by carrying out international comparisons in the framework of the CIPM MRA. The NMIs were also asked to deliver, whenever possible, assigned reference values to proficiency testing providers in the field of food analysis.

The global trade on food is more than 380 trillion US \$ per year. An estimated loss of 10 % per year due to unreliable measurements means a loss of, at least, 38 trillion US \$ every year, thus delivering enormous economic damage to the countries concerned.

4.9 Anti-doping and the World Anti-Doping Agency (WADA)

The World Anti-Doping Agency was established by the International Olympic Committee and charged with testing whether athletes have used drugs. In 2005, in close cooperation with the WADA, a first comparison of nandrolon was organized between a number of NMIs. This was to test the comparability of the measurement results from these NMIs and to demonstrate their capability to deliver traceability to the drug testing laboratories working under the aegis of the WADA. The results were satisfactory, and this has strengthened the cooperation between the

BIPM, the NMIs and the WADA in delivering traceability. The cooperation will strengthen WADA's position in disputes and court cases about testing results found on human samples taken from athletes.

4.10 Pharmaceuticals and the Pharmacopeia

The yearly trade in pharmaceuticals in 2004 was about 250 billion US \$. Most pharmaceuticals have to comply with strict quality criteria and regulations. First expressions of interest in cooperation between the Pharmacopeia, the BIPM, and the NMIs were received during the meeting of the CCQM in 2006. In particular, improvement of purity analyses is of importance to this industry. If a saving of only 1 % of global sales can be achieved through better quality of pharmaceutical products, compliance with regulations and more precise doses given to patients, enormous savings can be made. The interest of the sector is now demonstrated by the cooperation of the US Pharmacopeia with the relevant CCQM working groups on organic and bio-analysis.

4.11 Forensics and security

In 2005, a summit on the improvement of the quality and reliability of the forensic tests carried out by the forensic and crime laboratories in the world was organized by the International Association of Forensic Sciences (IAFS) during its triennial congress. It was concluded that there is a clear need to improve the quality and comparability of measurement and test methods by establishing traceability to long-term stable references of "higher order". Whenever possible, traceability to the SI, or if not yet possible to other internationally agreed references, should be established. These measurements include those on DNA and RNA, drugs, poisons, explosives and other chemical and biological traces. Other measurement issues relate, for example, to finger printing, hand writing and shell bursts of bullets. A programme of cooperation with the IAFS and regional networks of crime and forensics laboratories is being developed, like the European Network of Forensic Science Institutes.

Security measures require reliable bio-metric data to be used, for example, in passports.

Immigration authorities apply iris and other facial scans as well as a fingerprint test to verify the identity of individuals. Airport and other area security measures are based on screening techniques which use ionizing radiation, electromagnetic radiation, heat radiation and optical and radiowave frequency and acoustic measurements. Radiation levels should be well controlled so not to damage the health of men.

The luggage of airline passenger is now routinely checked for chemicals and explosives.

Likewise, in many buildings, visitors have to have their belongings screened.

Customs authorities apply portal monitors to detect radioactive materials and drugs carried by persons or stored in cargo containers entering a country at its borders by sea or at air. Incoming passengers may be checked for diseases with bio-detectors. In order to protect the safety of the operators of these equipments as well as that of the persons and materials under test, all these measurement devices have to be calibrated and tested for reliable functioning.

5 Regulations, metrology, accreditation and standardization

Metrology and the establishment of traceability is not an aim in itself, but serves the broadest needs of the industry, trade and society. In order to set the right priorities and bring in the appropriate experts it is essential to liaise and to cooperate fully with all the stakeholders in the fields concerned.

5.1 Regulations

Compliance with regulations is increasingly a driver for establishing traceability and requires measurement uncertainty statements. In particular, over the last decade where global travel and trade have exploded, the authorities are concerned about the possible rapid spread of diseases, the consequences of global trade in food products and medicines, and the global spread of pollution. The European Union and the United States have launched many new regulations requiring traceability and measurement uncertainty statements. Examples are:

- regulations with respect to air flight safety,
- regulations with respect to the use of transmission frequencies and maximum permissible levels of electromagnetic radiation,
- regulations requiring traceability in clinical measurements,
- regulations concerning food safety and nutritional content, and
- regulations dealing with maximum permissible levels of pollution and requirements for water and air quality.

Standardization bodies, like the Codex Alimentarius Commission, and regulators increasingly formulate their requirements on the basis of performance criteria, instead of prescribing a procedure that has to be followed strictly. This means that much more emphasis is put on a clear understanding and definition of the measurand (the quantity and analyte which one wishes to measure), the measurement equation, the validation of the method used, the traceability and the calculation of the measurement uncertainty. In order to establish globally comparable measurement and test results, where “once measured/tested means everywhere accepted”, close cooperation between the standardization bodies and the NMIs is needed.

5.2 Legal metrology and the International Organization of Legal Metrology (OIML)

The verification of measuring standards and instruments is required by law in, for example, trade (fair trade and consumer protection), health care (home use of medical measuring devices), for the protection of human health (pollution monitoring) and public safety. In addition, measurements carried out by police and customs also need to be underpinned by traceability to the SI. The OIML together with the BIPM is investigating the gaps in traceability of measurement standards and instruments which are used in routine regular legal verification. The BIPM and the OIML are also preparing a common approach and promotion of their work with respect to the need of reliable and traceable measurements.

Likewise, the two intergovernmental metrology organizations BIPM and OIML cooperate with the ILAC in promoting their international recognition arrangements as a consistent and complementary system of reliable calibration, measuring and testing capabilities. These

intentions have been laid down in a common statement and declaration by the BIPM, ILAC and OIML on the relevance of various international agreements on metrology to trade, legislation and standardization, which was issued in January 2006.

BIPM, ILAC and OIML also cooperate together in supporting developing countries build their calibration, measurement and testing infrastructure. This cooperation is mainly taking place through the JCDCMAS (24). The JCDCMAS also contains representatives from the IAF, IEC, ISO, the Telecommunication Standardization Bureau of the International Telecommunication Union (ITU-T) and the UNIDO, while three organizations attend as observers, the International Trade Centre (ITC of the UNCTAD/WTO), IMEKO and the SCC.

5.3 Metrology, accreditation and standardization

As stated in section 2.3, conformity assessment today is a major issue. Products and services have to be delivered in compliance with agreed industry and trade specifications, written standards and regulations. Manufacturers and service providers have to be able to demonstrate that the self declarations they make in relation to their products and services state accurate and true information. Independent third party assessment has to be reliable. Accreditation of laboratories, Certified Reference Material producers, proficiency testing providers, inspection and certification bodies has to be based on indisputable measurement and test results. This means that measurement and test results should be reliable and comparable through traceability to the same international reference system - the SI.

The global infrastructure underpinning conformity assessment is built on two mutual recognition arrangements, being:

- The CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA), which established a transparent system of mutual recognition of national measurement standards and calibration and measurement certificates issued by the participating NMIs and other Designated Institutes. The NMIs and other Designated Institutes deliver the necessary traceability to all laboratories recognized under the ILAC Arrangement.
- The ILAC Arrangement established a transparent system of mutual recognition of measurement and test reports issued by the laboratories recognized under the ILAC Arrangement.

The CIPM MRA and the ILAC Arrangement are fully complementary, recognizing that the ILAC Arrangement will not work without being underpinned by internationally reliable and recognized traceability of measurement and test results. Therefore, in 2001 the CIPM and ILAC signed a Memorandum of Understanding which established the basis for close cooperation. In 2006, a joint statement was issued by the CIPM and ILAC on the roles and responsibilities of National Metrology Institutes and National recognized Accreditation Bodies. This was in addition to the common statement and declaration by the BIPM, ILAC and OIML on the relevance of various international agreements on metrology to trade, legislation and standardization, which was issued in January 2006. Both statements make clear the importance of this cooperation and of creating awareness amongst regulators and all concerned to make use of the two Arrangements (25, 26).

Although accreditation of calibration laboratories itself is a conformity assessment activity, calibration of measuring instruments and systems is, as set out in Resolution 11 of the 22nd CGPM, certainly not a conformity assessment activity. Nevertheless, independent third party assessment on the basis of the ISO/IEC standard 17025 is an essential step in establishing a

transparent, credible and reliable network of laboratories, which disseminates SI traceability to all those who need to produce reliable measurement results.

Close cooperation has been established with ILAC and ISO, in particular with the ISO CASCO Committee which is responsible for the development of conformity assessment standards. Also, where needed, cooperation has been established with a number of other ISO technical committees, for example ISO TC 212, which is responsible for the development of quality assurance standards in the field of clinical chemistry and laboratory medicine. The relevant ISO standards of importance are 15189, 15191, 15192, 15193, 15195 and 17511.

5.4 Intergovernmental organizations and other international bodies

The CIPM has signed Memoranda of Understanding and Agreements of Cooperation with a number of other intergovernmental organizations and international bodies which have an interest in metrology. These are the CIE, IFCC, ILAC, WHO, and the WMO. Members of the BIPM's staff are also involved in work of the IAEA, the Codex Alimentarius Commission, the Inter Agency Meeting (which addresses issues with respect to food testing), the IAU, ICRU, ITU, IUGG, IUPAC, IUPAP, and many others.

The aim of these cooperations is to foster a correct implementation of traceability and measurement uncertainty statements in all calibration, measurement and test activities carried out under the aegis of these organizations. In turn, the input of these organizations is needed to set priorities and to bring in their specific expertise.

In spite of the essential importance of reliable and internationally recognized measurement and test results for the reduction of technical barriers to trade, the application made by the BIPM for observer status at the WTO's Committee on Technical Barriers to Trade (TBT) has still not received a favorable response. The direct input into the deliberations of the TBT Committee would foster the importance of establishing national and regional metrological infrastructures in developing countries, and, as the WTO itself has noted, its relevance to free trade.

The BIPM has approached the World Customs Organization with the intention of identifying and finding solutions to the many problems which are associated with customs operations as these frequently hinder rather than facilitate the essential timely execution of comparisons between NMIs and other laboratories.

In section 5.2, reference was made to the cooperation between a number of intergovernmental organizations and international bodies in support of metrology infrastructures in developing countries.

5.5 Cooperation at the global, regional and national metrological levels

On the global level, cooperation with other intergovernmental organizations and international bodies as described above has proven to be very successful. It is, however, essential that this cooperation is also taken up at the regional and national level by NMIs and other interested bodies. The CIPM therefore strongly recommends that the Regional Metrology Organizations whenever possible establish cooperation with the regional equivalents of the organizations which cooperate at the global level together with the BIPM. The same considerations apply at the national level.

As the field of metrology is very wide and almost none of the NMIs will be in a position to deliver all the calibration services required in a country, international cooperation and sharing of capabilities between the NMIs in a region is essential. In particular, this seems to be particularly appropriate for new areas of metrology, such as chemical and biological measurements, CRM production and materials properties.

In the field of physical measurements in most of the countries, a second level of accredited calibration laboratories exists to ensure the dissemination of traceability to all other users. In the field of chemistry, however, such an infrastructure rarely exists. The establishment of accredited chemical reference laboratories has to be stimulated as much as is possible to be able to disseminate traceability in this area to all who need it.

6 The BIPM

The 2003 report to the CGPM on the *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM* describes clearly the role of the BIPM and the BIPM as an institution. Due to the growing interest in obtaining reliable, accurate, traceable and internationally recognized calibration, measurement and test results in almost all fields of measurements, the demand for coordination by the BIPM has grown. This is, in addition to its basic scientific work on essential global measurement and transfer standards which equally demands a significant level of resources. Although the role of the BIPM as mentioned in section 6.1 has not changed as compared to the role formulated in the 2003 report to the CGPM, the amount of work per task has increased whereas there has practically been no real increase in staff.

6.1 The role of the BIPM

This section reproduces the role of the BIPM as agreed by Member States at the meeting of the 22nd CGPM. (The following is the relevant extract from the report *Evolving Needs for Metrology and Society and the Role of the BIPM* submitted to, and approved by the 22nd CGPM.)

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 as published in 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 and Reference Systems, 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 in support of 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 of national measurement standards and of calibration and measurement 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 (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 organizations and international bodies 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 organizations and international bodies having related missions.
- To address the common interest of the NMIs of Member States 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 the 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.

6.2 Joint Committees

Whenever useful, Joint Committees of the BIPM with other intergovernmental organizations and international bodies have been established to bring in the expertise of the other organizations needed to address metrological issues.

The activities of the Joint Committee on Guides in Metrology (JCGM) are carried out by two working groups:

- Working Group 1 is responsible for publishing guides on the expression of uncertainty in measurement (GUM). It has made very good progress and additional volumes or supplements to the GUM have been produced. A harmonized approach with respect to measurement uncertainty calculations is essential for fair judgment of the measurement and test results. If this is not guaranteed the consequences may easily lead to an unequal economic playing field.
- Working Group 2, responsible for the international vocabulary in metrology (VIM) has recently produced an update of the VIM, to be published in 2007. The correct use and understanding of metrological vocabulary is essential for establishing global comparability of measurement and test results. Too often these aims are not reached because people do not really understand each other's scientific and technical language.
- The Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM), which was established in 2003 and is composed of the BIPM, IFCC and ILAC, has been very

successful. All stakeholder organizations in the area of clinical chemistry and laboratory medicine are members and this establishes a firm basis for, and acceptance of, the work carried out by the JCTLM. The BIPM provides the secretariat of the JCTLM with financial support from the IFCC. See also section 4.7.

- The Joint Committee on the coordination of assistance to Developing Countries on Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS) has now developed a joint presentation of the work of the participating bodies. This is in the form of Power Point presentations and leaflets which explain their different tasks and responsibilities which stress the importance of the coherence of the joint aims. When appropriate, the JCDCMAS is working with a number of development aid organizations which support the establishment of a metrologic, accreditation and standardization infrastructure in developing countries. The secretariat of the JCDCMAS is currently provided by the UNIDO in Vienna. See also section 5.2.

If desirable and effective new Joint Committees may be established in other fields of interest.

6.3 Recent developments at the BIPM

As demonstrated in the 2003 report to the CGPM on the *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM* the work of the BIPM is valued highly by the directors of the NMIs and of other intergovernmental organizations and international bodies. It clearly provides added value to all countries and economies and, in 2003, the economic and scientific value of the work of the BIPM was demonstrated by the results of a study carried out by KPMG (27). Since then there has been a number of significant achievements. The CIPM MRA has continued to be a success and is used as a model to develop a similar infrastructure in laboratory medicine through the work of the JCTLM, which has demonstrated its own success in removing technical barriers to trade on behalf of the *in vitro* diagnostics industry. The very close cooperation and intense discussions with the ILAC over the importance of a clear and transparent global system of recognized traceability of measurements and test results have led to a number of common actions and, without doubt, has strengthened the important relationship between NMIs and NABs. As a result of these and other successes, the BIPM has become the target for a number of approaches from the a growing number of other intergovernmental organizations, like the World Meteorological Organization (WMO), and of international bodies such as the World Anti-Doping Agency (WADA), various food agencies and industry associations, Pharmacopeia and forensic science organizations. All of this demonstrates the growing added value and relevance of the work carried out by the BIPM to Member States in compliance with the BIPM's mission.

In spite of the rapidly growing number of international liaisons, the BIPM has endeavoured to been able to react to the new tasks which it has been asked to take on whilst at the same time delivering the programme of work approved by the last CGPM. However, as the organization's current financial situation does not allow it to take on more staff, its scientific work as well as its international coordination activities have become increasingly under pressure. So far, it is only due to the highly qualified scientific, technical and administrative staff that the BIPM has almost been able to cope with the situation. As a number of staff will retire in the near future, it is imperative that the BIPM take steps to employ new young staff who will have the opportunity of, at least, a short period of working in parallel with the retiring staff. This is in order to guarantee appropriate knowledge transfer and the continuity in the work of the BIPM, and is especially important in an organization in which the relevant teams are highly specialized and relatively small.

Highly qualified scientific staff are needed to realize and maintain the measurement standards and capabilities at the BIPM and to be able to provide the services used by the NMIs. These include: comparisons; calibrations; technology transfer; support to Consultative and Joint Committees and its to their working groups; operation of the BIPM website; the BIPM Key Comparison Database; the JCTLM database; publications; and the provision of facilities for the exchange of scientific staff between the BIPM and NMIs. In order to achieve its mission, the BIPM must be seen as a knowledgeable and highly competent organization which acts as the global intergovernmental organization in the field of metrology. It can do this because, and only because, it carries out a programme of scientific work in its own laboratories, which is the essential prerequisite to having attracting and retaining highly expert scientific staff. In order to deliver maximum added value to Member States with a limited number of scientific staff, the organization has to be lean and flexible and work on a coherent programme of activities, each one of which can contribute knowledge to the others.

The activities should be directed to areas where the BIPM has added value to the NMIs, by occupying niches and avoiding unnecessary duplication of work already carried out by the NMIs.

As already stated in the report of the 22nd CGPM, the BIPM policy with respect to staff recruitments is to have a balance between permanent staff and short-term appointments in the form of post-doc positions and Research Fellow positions. The BIPM needs permanent staff to provide continuity of its long-term tasks and maintenance of the essential knowledge needed to fulfil the long-term aims of the BIPM. Short-term appointments can contribute specific expertise without a long-term commitment. This combination gives the BIPM the necessary core competences, knowledge and flexibility to stay up-to-date with new scientific and technological developments, and to adapt the work programme when needed. In addition, the BIPM strives to have short-stay visitors from NMIs for periods of between one month and two years to work on projects of common interest to the NMIs and the BIPM.

As a consequence of the decisions made by the 22nd CGPM in 2003 with respect to the programme of work and the budget allocated for the period 2005-2008, the BIPM has closed the Length and the Photometry and Radiometry sections. The staff of these sections have mainly been transferred to the Electricity section and the previous Time section, now renamed Time, Frequency and Gravimetry. Some have filled vacancies created as a result of retirements. Others have reinforced the realization of major projects such as the calculable capacitor work in the Electricity section, and the watt balance experiment which is a cooperation between the Mass and Electricity sections.

The regular global comparisons of absolute gravimeters, known as the International Comparisons of Absolute Gravimeters (ICAG), is a unique activity carried out by the BIPM on behalf of, and in cooperation with, the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG). IUGG carries out earth studies, gravity observations in hydrocarbon reserve exploration areas and studies of geological structures and needs to increase the precision in gravity field (geoid) measurements. This work will continue as part of the Time, Frequency and Gravimetry section. As a result of the transfer of staff from the former Length section, the old Time section is now also able to provide expertise in laser and optical frequency measurements needed for the work of other sections of the BIPM and in support of the work of the CCTF.

As agreed by the 22nd CGPM in 2003, the activities of the Ionizing Radiation section have continued. The Chemistry section has strengthened its activities in the field of ozone standards and related comparisons and in the field of organic analysis by work on purity analysis of some

selected compounds in support of establishing traceability in the fields of clinical and food safety measurements.

6.4 Programme of work and dotation of the BIPM

The role and the tasks given to the BIPM by the decisions of the 22nd CGPM in 2003 are in compliance with the needs as expressed by the NMIs and several other intergovernmental organizations and international bodies which are now liaising with the CIPM, its Consultative Committees and the BIPM. The tasks of the BIPM form a consistent and coherent number of activities, based on the internal availability of needed relevant interdisciplinary experience and knowledge.

The importance of the BIPM programme of work to the global community is best demonstrated by the fact of the increasing demand by NMIs for more services, and by the many other intergovernmental organizations and international bodies which have sought the help and assistance of the BIPM in the areas addressed by the BIPM in their laboratories for mass, time, frequency, gravimetry, electricity, ionizing radiation and chemistry. They have also placed demands on the sections in charge with the CIPM MRA and of liaison with the international organizations responsible for areas varying from laboratory accreditation and standardization to environmental and climate change measurements, food safety and nutritional value, laboratory medicine, pharmaceuticals, forensics, etc. All these activities fall within the mission and tasks of the BIPM as determined by the 22nd CGPM in 2003.

The rapidly growing demands on the BIPM can only be honoured satisfactory if the 23rd CGPM decides to increase the dotation of the BIPM, making it possible to have more human resources available for carrying out the tasks given to the BIPM. Note that no new tasks are proposed (28).

In preparing the proposals for the programme of work and budget for the 23rd CGPM, the CIPM has taken note of the following:

- The programme of laboratory work adopted by the 22nd CGPM.
- The many services provided by the BIPM by virtue of its scientific expertise.
- The increasing additional work which stems from the increased participation of NMIs and other Designated Institutes in the CIPM MRA, and which has led to an increase in size of the KCDB.
- The additional work stemming from the JCRB, the need to maintain a robust information technology network in support of the BIPM's work and especially for its website, and the BIPM Quality System.
- New and increasing activities related to requests from intergovernmental organizations and international bodies, such as the CIE, the Codex Alimentarius Commission, the ILAC, the ISO, the Inter Agency Meeting, the JCTLM, the Pharmacopeia, the WHO, the WMO, and the WADA, the international forensic sciences community, regulators, industry associations and the JCDCMAS.
- The continuing extension of the need for international action in metrology, into existing and new fields, notably in ionizing radiation and in chemistry, in bio-analysis, in medicine and in food.
- The increasingly important role of the BIPM in representing and promoting metrology.

- The responses of directors of NMIs and some other institutes to some questionnaires which related to the work of the BIPM and the discussions at the Consultative Committees concerned.
- The great efforts made continuously by the BIPM to manage its affairs in a cost-effective and efficient way, using the dotation most economically.
- The impossibility of maintaining its current activities beyond 2008 with the present dotation.

Based on the considerations in this 2007 report on the *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, the CIPM has recommended a programme of work and budget for the BIPM for the years 2009 to 2012. This is presented to Member States in two documents. The first is the *Convocation* of the 23rd General Conference on Weights and Measures sent to the Member States in January 2007 (5). The second is the document entitled *Programme of work and budget of the BIPM for the years 2009 to 2012* sent to the Member States in April 2007 (6).

The major elements of the proposed programme of work are:

- Mass: the conservation and dissemination of the unit of mass, including balance development, weighing in air and vacuum, calibrations and comparisons of mass standards, air density, properties of mass standards and participation in the international Avogadro project and the watt balance project at the BIPM.
- Time: calculation, dissemination and development of the time scales TAI and UTC, including studies of time-transfer techniques and space/time reference systems and calibration of time-transfer receivers.
- Frequency: frequency calibration of stabilized lasers and lasers as part of absolute gravimeters taking part in the ICAG comparisons and for the calculable capacitor and watt balance, and an iodine filling service for stabilized lasers.
- Gravimetry: periodic comparisons of absolute gravimeters and maintenance of the BIPM gravity network in cooperation with the IUGG.
- Electricity: maintenance and development of primary electrical standards for the volt, the ohm and the farad based on the BIPM Josephson and quantum Hall references with the on-going construction of a calculable capacitor reference; international comparisons and calibrations, and participation in the watt balance project.
- Ionizing radiation: maintenance of standards as international reference standards for most national comparisons in dosimetry and, in particular, for the Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDL) run by the International Atomic Energy Agency, maintenance and development of the International Reference System for radionuclides, comparisons with brachytherapy transfer standards, preparations for the development of a megavoltage x-ray and electron beam facility for absorbed dose and related comparisons which would form part of the proposed programme of work for 2013-2016, and calibrations in dosimetry.
- Chemistry: development of a limited gas standards programme, dedicated to air quality monitoring and global climate change, maintenance and development of ozone standards which underpin national, regional and global ground-ozone monitoring networks, also as part of activities in the scope of the WMO Global Atmospheric Watch programme (WMO GAW), and a small programme of primary references for organic analysis in support of measurement systems for food, healthcare and forensic applications.

This programme of work will allow the BIPM to meet its responsibilities as laid out in the role described earlier and is in agreement with the needs as expressed by the beneficiaries of its activities. It allows the necessary synergies between the different activities to provide an efficient and solid scientific base for the services to the NMIs and the international metrology community. More details of this programme are given in the document *Programme of work and budget of the BIPM for the years 2009 to 2012* distributed to the Member States in April 2007. This programme is in line with, and is a logical continuation of, the programme decided by the 22nd CGPM in 2003.

7 Conclusions and recommendations of the CIPM

Based on the information in sections 2 through 6, as well as on:

- the information obtained from questionnaires and the many contacts with the NMIs, other Designated Institutes, WMO, stakeholder meetings with the clinical and laboratory medicine community, the food sector and the material properties community;
- the views of many other intergovernmental organizations and international bodies;
- information from, and conclusions by, the Consultative Committees concerned; and
- the results of discussions in the directors' meetings;

the CIPM in its meeting in October 2006 agreed the following conclusions and recommendations (29).

7.1 General conclusions and recommendations

- Sustainable competitiveness and innovation require in all fields require accurate measurements and tests with results traceable to stable long-term reference measurement standards as defined by the International System of Units.
- Areas of priority for establishing traceability include health care (diagnostics, therapy and pharmaceuticals), anti-doping, food, bio-technology, nano-technology, advanced materials, energy (including new energy sources), environment and climate change, transport, air and space technology, forensics and security.
- Studies of the reliability of information and communications technology have to be continued in order to secure the safe and correct treatment of measurement data.
- The removal of technical barriers to trade and compliance with sanitary and phyto-sanitary measures are high on the political agendas of countries and economies and these require internationally recognized traceability and comparability of reference measurement standards, Certified Reference Materials and calibration, and internationally accepted measurement and test results.
- The trade, economy and society of many developing countries suffers from the lack of an internationally recognized metrological infrastructure. Support for the development of National Metrology Institutes in developing countries should be fostered and be seen as one of the corner stones in improving the economy and the quality of life.

- It is expected that in the near future, but not before 2011, most of the base units of the International System of Units, in particular, the kilogram, ampere, kelvin and mole, will be redefined in terms of the fixed constants of nature. This will lead to values of other fundamental constants with much smaller measurement uncertainties than they have today.
- The development of the inter-disciplinary areas of nano-technology, advanced materials and material properties will soon require a number of new reference measurement standards and methods in the physical as well the chemical fields of measurement.
- As metrology in bio-technology and microbiology lags behind the developments in these fields, more research in metrology is required to address quantisation and traceability of gene, protein and cell measurements.
- The demand for Certified Reference Materials being used as the measurement standards in the wide area of analytical and clinical chemistry, pharmaceutical analysis, food testing, environmental measurements and material properties requires international cooperation with respect to their production, characterization and value assignment.
- National and international coordination and cooperation with respect to metrology is required to develop and implement meaningful legislation, regulations, written standards and accreditation criteria. The cooperation between the BIPM, ILAC, ISO/IEC and OIML on the international level has to be replicated at the regional and the national level.
- The growing interest of all NMIs and other Designated Institutes to sign up to the CIPM MRA, demonstrates its economic impact and its efficiency and effectiveness.
- As a successful spin-off of the CIPM MRA, the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine has published lists of reliable reference materials and methods of higher order on the websites of the BIPM and the IFCC. The listed materials and methods are now regularly consulted and used by the *in vitro* diagnostics industry, while official recognition by the European Commission is in preparation in support of the European Union *In Vitro* Diagnostics Directive.

7.2 Priorities for the BIPM

- The main tasks of the BIPM are to realize and maintain the world's unique measurement standards, such as the international prototype of the kilogram, to establish and disseminate the International Atomic Time (TAI) and the Coordinated Universal Time (UTC) scales, and to coordinate, speak and act on behalf of the global community on all issues related to the world's measurement system.
- In order to have the necessary knowledge, status and credibility the BIPM must maintain a scientific staff and continue as an active scientific laboratory.
- Therefore the BIPM maintains a number of relevant and coherent laboratories, delivering the basis needed for a broad knowledge of all fields of metrology, while providing added value and generating savings to the NMIs.
- Apart from the laboratories for mass and time, frequency and gravimetry, the BIPM should strengthen its capabilities in the field of chemistry, while the laboratory for electricity will be maintained as an essential laboratory for the realization and maintenance of the base units of the SI, and for international comparisons. The ionizing radiation laboratories will continue to maintain international reference facilities and to organize on-going comparisons.

- The BIPM will also continue to organize comparisons and to deliver appropriate services and knowledge transfer free of charge to the NMIs of the Member States in those fields where it has laboratory activities.
- The development of the CIPM MRA and, as a consequence, the growing liaison activities with all other intergovernmental organizations and international bodies, including regulators, accreditation bodies and industry associations, with an having interest in metrology, have increased enormously over the last years. This has placed a great burden on the shoulders of the BIPM which needs more staff to do its work.
- As the CIPM MRA should be all inclusive, and so as not create a technical barrier in itself, more attention has to be paid by the BIPM to developing countries and to initiatives to encourage them to become signatories to the CIPM MRA. Therefore, the BIPM will provide support to programmes which assist developing countries in establishing their national metrological infrastructure. To facilitate communication with NMIs of countries which are not yet a Member State or an Associate of the CGPM, the creation of a category of Corresponding NMI of the BIPM is proposed.
- The possibilities for further cooperation with the OIML are discussed at the regular meetings between the BIPM and the International Bureau of Legal Metrology as and are also on the agendas of the meetings between the CIPM and the Presidential Council of the OIML.

7.3 Recommendations to National Metrology Institutes

- NMIs and other Designated Institutes are encouraged to develop new and more accurate measurement standards and methods to meet the measurement requirements for traceability and measurement uncertainty in almost all fields of measurement. This applies in particular in fields such as health care, food and environment.
- As the demand for comparability and traceability is expanding into many fields of measurement, not historically served by most of the NMIs, designation of other expert institutes in the country and international cooperation is recommended. In the area of metrology in chemistry, where traceability is mostly delivered via Certified Reference Materials, international cooperation is inevitable and desirable.
- NMIs are recommended to cooperate and deliver mutual services, in particular in cases where traceability cannot be obtained from the BIPM.
- NMIs are recommended to join or form a Regional Metrology Organization and to strengthen the cooperation between existing RMOs.
- Close cooperation between the NMIs and the NABs is recommended as it is a condition for delivering reliable and recognized traceability to all institutions which need to make measurements.
- NMIs are recommended to liaise with all their national stakeholders with an interest in credible and comparable measurement results, including regulators, standardization bodies, professional societies, academia, sector specific organizations, industry, etc. Successful global metrology depends on successful national and regional cooperation and *vice versa*.

7.4 Recommendations to Member States

- Taking into account the above, the CIPM recommends that the Member States give and maintain, more than before, sufficient financial support to their NMIs and national metrology infrastructures, including the important area of metrology in chemistry with all its applications to many sectors of trade, industry and society.
- The CIPM recommends Member States to approve the programme of work and the corresponding dotation for the BIPM, as requested in Draft Resolution C presented to the 23rd General Conference on Weights and Measures. With this support, the BIPM can continue to create and maintain a firm global basis for an internationally recognized framework for traceability and comparability which meets today's needs and which provides a sound basis for the future.

Appendix 1. The national and international metrology infrastructure

Note: this is an updated version of the corresponding text in Appendix 1 “National and international metrology infrastructure” of the 2003 report to the 22nd CGPM on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*.

1 The National Metrology Institutes and the Regional Metrology Organizations

1.1 The National Metrology Institute, NMI

As already stated in the 2003 report to the CGPM, in practically every country there are legal requirements that governments provide for the establishment of appropriate measurement standards through some sort of NMI.

The NMI may be a centralized organization charged with the realization and maintenance of all the relevant SI units in the form of national measurement standards and together with a responsibility for their dissemination through calibrations, comparisons and Certified Reference Materials to their customers. In other cases, this role is undertaken by a partly decentralized or even a virtual organization. For our purposes, the distinction is not of direct importance. A centralized organization may be the optimum solution, because it gives the best opportunities for cross fertilization, exchange of knowledge and can avoid unnecessary duplication of work. A decentralized organization is, however, for many countries, at least, for the time being, a very good and efficient solution. Such a decentralized organization can make use of existing capabilities and expertise in other institutes, which may often belong to different governmental institutes but which have responsibilities, for example, in the areas of health care, environmental and pollution monitoring and control, food safety and forensics.

In some countries, the NMI is a virtual institute and consists of a number of laboratories which formally belong to other institutes, but the virtual institute may be managed by a single governmental department, which deciding decides on the budget and work and the projects to be carried out.

For reasons of transparency to the customer and links with other national, international bodies, and intergovernmental organizations, all the institutes working as a NMI in their field of expertise have to become officially designated by the government or by a governmental organization which is authorized to do so. For participation in the CIPM MRA, this designation has to be confirmed to the Director of the BIPM by letter from the responsible authorities. It should also be clear which organization acts as the coordinating NMI. This role includes the coordination of all the metrological activities at the NMI level in the country, and the signature of the CIPM MRA on behalf of all the other Designated Institutes. It also acts as the contact address for correspondence between the BIPM and the (decentralized) NMI of that country.

When institutes other than the coordinating NMI are designated, these Designated Institutes should preferably be non-profit governmental or semi-governmental institutes. It is not acceptable that commercial organizations make a profit out of their designation as a NMI for certain quantities and measurement ranges and by enjoying a higher status over their possible competitors. To do so would create an unfair, unequal economic playing field.

Duplication of capabilities, tasks and responsibilities is not acceptable. It should be clear which Designated Institute is in charge and responsible for the realization, maintenance and dissemination of defined quantities and measurement ranges.

All NMIs and other Designated Institutes, including those of other intergovernmental organizations and international bodies, participating in the CIPM MRA are required to have a Quality System. In general it must comply with the criteria formulated in ISO/IEC standard 17025:2005 and, in the case in which Certified Reference Materials are delivered as the means of disseminating traceability to the customers, the Quality System must also be in compliance with the criteria formulated in the ISO Guide 34.

Due to increased global trade and travel, the need to have the national metrological infrastructures visible and internationally recognized through the CIPM MRA is essential. As a result, the number of countries designating other institutes to act as a NMI for defined quantities and measurement ranges is growing rapidly. These developments are clearly visible in the field of metrology in chemistry, in medical institutes, in food safety institutes and in environmental institutes. The advantage of such designation is that, in general, a direct traceability link can be established between all the field laboratories in the field of expertise of the Designated Institute.

In contrast to the situation in the area of physical measurements where, under the metrological hierarchy, a second layer of accredited calibration laboratories exists, this is not the case in the area of chemical measurements. So, in the particular area of chemical measurements, the procedure of designating other institutes having expert capabilities and competences in specified areas is a remedy for the lack of accredited “calibration” laboratories which disseminate traceability in the chemical area.

1.2 The Regional Metrology Organization, RMO

The role of the RMOs as described in the 2003 report to the CGPM (1) is still growing in importance. This is particularly important for coordination with the region, for delivering traceability to those NMIs that do not have own primary measurement standards, and for the organization of regional key and supplementary comparisons. In some RMOs, there are moves to increase cooperation with respect to metrological research, training and knowledge transfer, and the sharing of measurement capabilities. In some regions, cooperation between some NMIs, with respect to the production, characterization and certification of Certified Reference Materials, has been, or is being, more formalized. Also, one can observe the development of formalized cooperation with respect to scientific-technological developments which lead to more accurate and stable new measurement standards, techniques and methods in new fields of metrology in physics, chemistry and biology.

Globally, the RMOs play a crucial role in the implementation of the CIPM MRA. This covers the organization of RMO key and supplementary comparisons, as well as the review, on a regular basis, of the claimed calibration and measurement capabilities (CMCs) of the NMIs and other Designated Institutes of their own region. Together, the RMOs review the CMCs declared by NMIs in other regions. Each RMO is responsible for the review of the Quality Systems of the NMIs and other Designated Institutes which participate in the CIPM MRA from that region. As the number of participating NMIs and other Designated Institutes is growing rapidly, as is the number of claimed CMCs, it is clear that the amount of work is also growing. And as the RMOs do not have own central bureaux and staff it means an increasing burden is placed on the NMIs in the region. In many cases this means that a disproportionate amount of work falls to the well established and bigger NMIs. Therefore, one should consider how the amount of work and the

related costs can be shared in a more equitable manner. This also applies to the organization of comparisons, where other institutes could act as the coordinating laboratory for the comparison.

Although most parts of the world have their local RMO, there are still several large areas not organized by an RMO. We note that discussions on the African continent and in the area of Saudi Arabia and the Gulf States may soon lead to the establishment of additional RMOs. NMIs of countries which do not have an opportunity to cooperate with other NMIs in their own geographical environment are asked, within the scope of the CIPM MRA to cooperate with the NMIs of other operational RMOs.

As of June 2007, the following RMOs are operational: APMP, COOMET, EUROMET, SADC MET and SIM with its sub-regions ANDIMET, CAMET, CARIMET, NORAMET and SURAMET. Discussions on the African continent are developing positively, with the creation of a new Inter-African Metrology System, being a RMO called AFRIMETS. This should bring in a considerable number of NMIs which would be new potential signatories of the CIPM MRA. Similarly, contacts with NMIs in the Middle East indicate that discussions on the establishment of a RMO are ongoing.

2 The Metre Convention (30)

The Metre Convention is the treaty under which formal agreements are made on units of measurements and its realizations, as well on most other matters related to the world's measurement system. The Convention was signed in 1875 and laid down the formal structure within which governments now cooperate on these matters. Under the Convention, the International System of Units was established and is maintained and kept up-to-date to meet the latest scientific developments and the needs of trade, industry and society. France is the depository State of this treaty. So far, the Metre Convention has been signed by fifty-one States. Included are almost all the industrialized and major States of the world, accounting for more than 90 % of world GDP.

It is expected that in the near future, a number of States that now have the status of an Associate State of the CGPM will sign the Convention and become Member State.

In June 2007, 22 States and Economies have become an Associate of the CGPM. CARICOM being is one of the Associates of the CGPM and represents 11 countries in the Caribbean area.

Once every four years, Member States send delegates to the General Conference. A governing board, the CIPM, acts under the authority of the General Conference and has full responsibility for overseeing and guiding the activities of the BIPM. The CIPM is assisted by ten Consultative Committees, which address scientific issues in all fields of measurement.

The aim of the Metre Convention is to define and supervise the world's measurement system, the SI units and the realization and dissemination of these units to meet the needs of today and tomorrow. The requirement for reliable, traceable and comparable measurements in the modern world is increasingly demanding and may require the definition of new measurement quantities, units and related measurement standards, going beyond the existing SI. In itself this is not at all a new topic, as for many decades the NMIs have been measuring hardness and the degree of acidity in terms of non SI units. In general, decisions on the definition and realization of units are taken in close cooperation with all other intergovernmental organizations and international

bodies having an expertise and interest and carrying responsibilities in the field where these units are of importance and used.

Unfortunately, at present many measurands in the field of biological activity of importance for clinical diagnostic and therapeutic measurements cannot yet be measured and expressed in terms of the SI. The CIPM and the CCQM are addressing these issues in cooperation with the responsible and expert organizations in the field of laboratory medicine cooperating in the JCTLM.

2.1 The organization of the Metre Convention

The CGPM

The Member States meet at least once every six years. Over the past few decades, the CGPM has met every four years. The CGPM decides on the major issues and on the tasks and dotation of the BIPM. At its meeting in October 1999, the CGPM decided to create a new category of Associate State or Economy of the CGPM for those countries and economies which are not yet, or not, able to sign the Metre Convention. In particular, this opportunity is of importance to developing countries for which the cost of participation in activities under the Metre Convention is still a financial burden. Whenever possible, however, their intention should be to join as a Member State as soon as possible. Associates of the CGPM may attend the meeting of the CGPM, but have no voting rights and are not allowed to benefit from the services delivered and organized by the BIPM and CIPM. Their NMIs are, however, in a position to sign the *Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes*, the CIPM MRA.

At the beginning of 2007, there were 22 Associates of the CGPM. Based on the many contacts with developing countries and countries in transition, it is expected that the number of Associates will still increase considerably in the near future.

The CIPM

Under the Metre Convention, the CIPM is the governing board of the BIPM, acting on behalf of the Member States. The CIPM prepares the meetings of the CGPM, prepares the decisions made by the CGPM and takes all the measures necessary to implement the aims of the Metre Convention by coordinating the metrological activities in the world and by establishing cooperation between all parties involved in metrology. The CIPM is made up of 18 independent members each of a different nationality. The Director of the BIPM is an *ex officio* member of the CIPM. In its recent meetings the CIPM has, among others, decided on the following topics:

- To sign an agreement with the International Federation of Clinical Chemistry and laboratory Medicine (IFCC) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) establishing the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) with its structure of members and other stakeholders representing all those involved in *in vitro* diagnostics.
- To further broaden the scope of the BIPM by enlarging the activities of the Chemistry section with a small group on organic chemistry, filling a niche in the field of traceability in laboratory medicine and food analysis. This small addition will also strengthen the position of the BIPM as a credible partner in discussions on metrology in chemistry with other

intergovernmental organizations and international bodies which have responsibilities and activities in the field of chemical analysis. These collaborations will address the need for reliable, more accurate, comparable and traceable measurement results.

- To establish, at the request of a number of NMIs and two international organizations (ANMET and VAMAS), an *Ad hoc* Working Group on Materials Metrology which is investigating the need for improving the traceability of material properties.
- To sign a Memorandum of Understanding with the International Commission on Illumination (CIE).
- To continue its cooperation with other organizations in the JCDCMAS on behalf of developing countries.
- To improve the outreach to NMIs of developing countries, which are not yet a Member State or an Associate of the CGPM, by introducing a category of Corresponding NMI of the BIPM.
- To develop, together with the OIML, a common presentation on metrology, which clarifies the role of the BIPM and the OIML in the establishment of a global system of reliable and traceable measurements, and to investigate possible weak spots in traceability which may exist in some areas of legal metrology.
- To require NMIs, which participate in the CIPM MRA, and which deliver Certified Reference Materials to their customers as the means of disseminating traceability to have a Quality System in compliance with the ISO Guide 34.
- To issue criteria for subcontracting and collaboration with other institutes on calibrations, measurements and Certified Reference Materials delivered under the CIPM MRA, and to issue a number of documents needed for a uniform implementation of the CIPM MRA.
- To create a CIPM MRA logo in addition to an equivalent statement, to be used by the NMIs and other Designated Institutes on calibration and measurement certificates issued under the CIPM MRA.
- To strengthen the relationship with ISO and in particular with ISO CASCO (conformity assessment commission) and ISO REMCO (reference materials commission).
- To publish a new SI Brochure and make future new and additional guides on measurement uncertainty (GUM) and metrological vocabulary (VIM) freely available on the internet (www.bipm.org).

The BIPM

The BIPM is the centre for world metrology and is the executive arm of the Metre Convention. It has laboratories and headquarters at Sèvres. To ensure the quality of its services it has a Quality System in compliance with ISO/IEC standard 17025:2005. Its programme and financing are discussed in section 6 of this report and in the *Convocation* of the 23rd CGPM to be held in November 2007 (5).

Meetings of directors of NMIs

During the period 2004-2006, three meetings of the directors of NMIs and the CIPM/BIPM have been held. The main topic in the 2004 meeting was dedicated to the CIPM MRA. For this reason, the directors of NMIs of Associate States and Economies were also invited. The main topics on the agenda of the 2005 meeting was on the new needs and opportunities for chemical and engineering materials metrology. The 2006 meeting of directors was dedicated to the

consequences of the 2007 report on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, and the programme of work of the BIPM for the period 2009-2012.

The Consultative Committees, CCs

The ten Consultative Committees (CCs) created by the CIPM bring together the world's experts in specified fields as advisers on scientific and technical matters. Among the tasks of the CCs are:

- the detailed consideration of advances in the science that influence metrology;
- the preparation of Recommendations for discussion at the CIPM;
- the instigation of international comparisons of measurement standards and methods;
- the evaluation of the results of the international comparisons; and
- the provision of advice to the CIPM on the scientific work in the laboratories of the BIPM.

The number of CCs; as well as their scope, has, and will be, constantly adapted in order to fulfil the needs of the NMIs and society. There are at present ten CCs which address the fields of:

- Electricity and Magnetism (CEEM);
- Photometry and Radiometry (CCPR);
- Thermometry (CCT);
- Length (CCL);
- Time and Frequency (CCTF);
- Ionizing Radiation (CCRI), consisting of three Sections;
- Units (CCU);
- Mass and Related Quantities (CCM);
- Amount of Substance, Metrology in Chemistry (CCQM);
- Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV).

Activities related to force, pressure, density, viscosity, hardness, fluid flow and gravitational acceleration are included in the work of the CCM, in addition to its activities on mass.

Most of the CCs have one or more working groups, which address specific specialist fields. For example, the CCQM has six large working groups on organic analysis, inorganic analysis, gas analysis, electrochemical analysis, bio-analysis and surface analysis.

As a result of the implementation of the CIPM MRA, the role and tasks of the Consultative Committees have increased considerably. International comparisons, either in the form of key comparisons or study comparisons, are organized regularly for almost all quantities. The CCs are charged to initiate, define and coordinate these comparisons, validate the methods used and evaluate the results and agree on the final results and conclusions. In addition, the CCs have the responsibility for reviewing the results of regional key comparisons as well as other relevant bilateral comparisons.

Most of the CCs have also created a working group charged with the harmonization of the categories of CMCs as well as the regular review of the CMCs to be published or already published in the Appendix C of the CIPM MRA, the KCDB. This review takes on additional significance in the light of the results of key, supplementary and bilateral comparisons. The CCs are also responsible for proposing new comparisons in areas where existing CMCs are insufficiently underpinned by the results of comparisons.

In an increasing number of cases the composition of the CCs has been broadened with the inclusion of experts from other intergovernmental organizations and international bodies which have responsibilities and activities in more sector specific areas, such as laboratory medicine, food safety, environment, etc.

Such representation brings the necessary expert knowledge of the sector together with the CCs existing expertise in measurement capabilities and competence, and helps set the right priorities for the work to be carried out in the scope of the CC concerned. In addition, a direct link becomes established with the whole specialist field, thereby facilitating the dissemination of metrological traceability to all the field laboratories. Also, the organization of stakeholder meetings such as those organized by the CCQM in the fields of laboratory medicine and food safety is useful. A stakeholders' meeting on environmental topics is being planned by a number of CCs together with the WMO.

It has to be noted here that due to the increased activities of the CCs and CC working groups and other Joint Committees (JCs), there are now many more meetings at the BIPM than in the past. The BIPM staff and, in particular, its Heads of Sections who act as the Executive Secretaries of the CCs and some JCs, together with the support staff have become more burdened without being compensated by additional human resources. The direct professional support of the CCs and JCs made by the BIPM staff has proved to be very valuable, and in many cases of crucial importance.

Stakeholder meetings

As mentioned, some CCs have organized meetings with the stakeholders involved in a specific area of measurements. Examples are the stakeholder meetings in clinical chemistry and laboratory medicine which are now held regular by the JCTLM, the stakeholder meetings with the food sector which have been held twice and the stakeholders meeting in the field of materials metrology. Among those attending we count NMIs, intergovernmental organizations and international bodies (e.g. Codex Alimentarius Commission, IFCC, ILAC, ISO, WHO, etc.), testing laboratories, proficiency testing providers, regulators, industry associations concerned, sector specific professional organizations, ANMET, IDF, IOOC, IOVV, VAMAS, etc. Agreement in the stakeholders meeting means that the metrological activities will be broadly supported and the results implemented.

Joint Committees, JCs

Joint Committees involving other organizations complete the organizational structure under the Metre Convention. The following Joint Committees are currently active:

- The Joint Committee on Guides in Metrology (JCGM), which has two working groups, one on the international vocabulary in metrology (VIM) and the other on guidance in calculating uncertainty in measurements (GUM). In the JCGM, the BIPM cooperates with the IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and the OIML.
- The Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM), which has two working groups, one on reference materials and reference methods and the other on available measurement services from potential reference measurement laboratories and proficiency testing.

- The Joint Committee on coordination of assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS), in which the BIPM cooperates with the IAF, IEC, ILAC, ISO, ITU-T, OIML and UNIDO and observers IMEKO and ITC.
- The CODATA, in which the BIPM joins other scientific organizations in defining and assigning values of the fundamental constants.
- The Working Group on Relativity for Celestial Mechanics, Astrometry and Metrology, in which the BIPM cooperates with the IAU.

It is expected that more Joint Committees will be established in the future.

Appendix 2. The CIPM Mutual Recognition Arrangement (4, 30)

The CIPM MRA was first signed during the CGPM in 1999. In June 2007, it has been signed by the representatives of 67 institutes from 45 Member States, 20 Associate States and Economies of the CGPM and 2 intergovernmental organizations, the IRMM on behalf of the European Commission and the IAEA. They represent in total 75 States and Economies and the two intergovernmental organizations.

The signatories represent some 185 NMIs and other Designated Institutes acting in their country or designated by an intergovernmental organization as a NMI for certain quantities and measurement ranges. The economic entity CARICOM, acting on behalf of 11 mainly island States situated in the Caribbean, is among the Associates which have recently signed the CIPM MRA. It is expected that the number of Associates signing up to the CIPM MRA will grow further.

The NMIs and other Designated Institutes that which have CMCs listed in the KCDB have all these CMCs reviewed by their own RMO as well as by the other RMOs. Moreover, the NMIs and other Designated Institutes must have a Quality System in place in compliance with ISO/IEC standard 17025:2005, and which has been assessed either by accreditation of an ILAC Arrangement signatory and/or by RMO peer review. Since September 2006, the review of the Quality System of laboratories which belong to intergovernmental organizations have been reviewed by a special panel of representatives from the RMOs, and which operates directly under the responsibility of the CIPM.

The CIPM MRA requires that the NMIs and other Designated Institutes participate in inter-laboratory key comparisons, of which the results demonstrate and justify the validity of the claimed CMCs. The names of the participating NMIs and other Designated Institutes, their claimed CMCs as well as the results of their participation in key, supplementary and bilateral comparisons are all published in the KCDB, accessible via de BIPM website (www.kcdb.bipm.org).

The KCDB now contains about 18 000 CMCs, a number that is still expected to grow as more NMIs sign the CIPM MRA. Most of the existing signatories NMI are expanding their calibration and measurement capabilities to fulfil the needs of their clients. NMIs and other Designated Institutes which have CMCs in the area of metrology in chemistry, and which also list Certified Reference Materials in the KCDB, as the means of delivering traceability to their customers, must also have a Quality System in place. This is expected to be in compliance with ISO Guide 34 *General requirements for the competence of reference material producers*.

The CIPM MRA is essential, and fully complementary, to the ILAC Arrangement.

The Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM, JCRB

At present, the JCRB still meets twice a year. Major topics on the agenda of the JCRB deal with facilitating an efficient and transparent implementation of the CIPM MRA, clarifying terminology used in the scope of the CIPM MRA and rules of procedure and making policy suggestions with respect to the CIPM MRA to the CIPM. Rules for regular review of the claimed CMCs and regular review of the Quality Systems of the NMIs and other Designated Institutes are discussed.

The BIPM and the JCRB together with the ILAC are now also organizing a yearly meeting of the RMOs and the Regional Accreditation Bodies in order to harmonize the CIPM MRA and the ILAC Arrangement as much as is possible, clarifying unclear terms and procedures and investigating situations where the chain of traceability is not established, unreliable or debatable. In particular, a clear need is felt by the CIPM/BIPM and the ILAC to define the approved calibration, measurement and testing capabilities of the laboratories participating either in the CIPM MRA or in the ILAC Arrangement in the same way, so that both Arrangements fit seamlessly and no misunderstanding remains about the meaning and content of the approved capabilities.

In order to clarify and promote the CIPM MRA and the ILAC Arrangement to regulators, industry, traders and society the CIPM and the ILAC have published a joint statement on *Improving worldwide traceability and acceptance of measurements carried out within the CIPM MRA and the ILAC Arrangement*.

Likewise, a joint document has been published by the BIPM, ILAC and the OIML, entitled *Common statement and declaration by BIPM, OIML and ILAC on the relevance of various international agreements on metrology to trade, legislation and standardization*. This document explains the role of the three organizations and the importance of the different recognition arrangements and contains the following declaration:

“In accordance with Resolution 6 of the 22nd General Conference of Weights and Measures (CGPM), the International Committee for Weights and Measures (CIPM), the International Organization of Legal Metrology (OIML), and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) invite Governments to endorse, and declare their commitment to use and refer to organizations which are signatories to the CIPM MRA, the OIML MAA and the ILAC Arrangement, wherever measurements are required as evidence of compliance with legislation, regulation or the pursuit of human well-being at a national and international level.

The three bodies further invite standardization organizations, regulatory and trade bodies to note the existence and value of the Arrangements set out in this document, and to collaborate with the three organizations so as to develop ways and means of referring to, promoting, and using the Arrangements in their work.”

Appendix 3. Results and conclusions of questionnaires to directors and other stakeholders

Background

In February 2006, the BIPM distributed a questionnaire, addressing the area of chemical metrology and bio-metrology, to all NMIs and Designated Institutes active in the CCQM and its gas, organic and bio-analysis working groups. The questionnaire was also sent out to directors of NMIs that were not yet active in the CCQM or its working groups, but considering establishing programmes in chemical metrology. The questionnaire was drafted to aid the BIPM in the formulation of its proposed 2009-2012 programme of work, and would enable the BIPM to monitor the consistency of its proposed programme with current and likely future NMI priorities in the fields of gas, organic and bio-analysis. A total of 31 institutes provided replies to the questionnaire. Institutes were requested to illustrate their answers with examples of particular compounds and to consider their complete laboratory programme and not only the areas of work currently being addressed by the CCQM.

The questionnaire included sections covering three out of the six technical working areas of the CCQM, notably gas metrology, organic analysis and bio-analysis. These areas are consistent with the BIPM's 2005-2008 programme which includes projects in gas metrology and organic analysis, whereas a programme in bio-analysis at the BIPM had been discussed with the CCQM prior to the 23rd CGPM. Questions on programmes related to inorganic, electrochemical and surface analysis were not included in the questionnaire, and there are no plans to develop BIPM laboratory activities in these fields during the 2009-2012 programme.

Executive summary of NMI and Designated Institutes' responses to the BIPM chemical metrology and bio-metrology questionnaire (2006)

The responses of 31 NMIs to the BIPM questionnaire on priorities for NMI programmes in metrology in chemistry and bio-analysis expected over the next ten year period are presented. The questionnaire covered the areas of gas metrology, organic and bio-analysis, and the responses were used in the formulation of the BIPM 2009-2012 metrology in chemistry and bio-analysis programme.

The results indicated a strong interest in gas analysis amongst the NMIs, particularly concerning: preparative comparisons, reactive binary mixtures and multi-component mixtures, in support of regulatory and industrial needs and including species important to air quality and greenhouse gases. The results of the questionnaire implied that there was a deficit between the number of comparisons that NMIs planned to coordinate and the number that they indicated would be required, which could be over 40 and is comparable in number to the 37 carried out during the previous ten year period. NMI research themes over the next ten year period would include dynamic methods, optical methods and absorption cross section measurements, which would enable an extension of the species and ranges for which standards could be developed and improve the cost effectiveness of their delivery and maintenance. NMIs indicated that there would be a high level of participation in comparisons coordinated by the BIPM for ozone, nitrogen oxides and preparative comparisons for both stable and reactive species.

In the area of organic analysis, NMIs provided information on their future programme priorities in the areas of clinical chemistry, food analysis, environmental analysis and forensic and doping

control, and notably requirements for matrix, calibration solution, and pure material comparisons and studies. The majority of responses indicated that NMIs would be increasing their work programmes in these areas over the next ten year period, with a strong driver from regulatory requirements. Seventy five per cent of respondents projected an increase in their work on food analysis and, particularly, on residues and contaminants in food, which would also require programmes related to pure substances and calibrants. Responses related to the area of environmental analysis indicated that new persistent organic pollutants would continue to be of interest. In the area of clinical chemistry, nine NMIs had reported established activities and others had expressed interest in starting them. Hormone and therapeutic drug analysis was an area of common future interest, and provided strong overlap with the forensic and doping control field. NMIs indicated that continued activities in pure material and calibration solution comparisons for key measurands relevant to the food, forensic and the clinical sectors would be necessary in support of their calibration and measurement capabilities.

Fourteen NMIs provided responses on future activities in the area of bio-analysis, with many of these NMIs planning to increase their work in the area. NMIs provided information on areas of greatest interest for future Certified Reference Material production and comparisons related to genetically modified organism analysis, pathogen quantification, genetic testing, gene expression and protein analysis. NMIs perceived the benefits of future BIPM liaison activities with other international organizations active in this field to be: information exchange to facilitate the mapping of future research and development activities; the collaborative development of methods; the establishment of news groups, technique forums and international cooperation; assistance in identifying priorities; and the harmonization of standards.

Opinion of the CCQM Advisory Group on the BIPM Metrology in Chemistry Programme project proposals 2009-2012

Background

The Advisory Group members were invited to comment on Draft 6 of the BIPM proposals, dated 15 March 2006. Their comments were discussed at a meeting held at BIPM on 2 April 2006, following presentations by BIPM of the CIPM criteria used to prioritize programmes and of the responses to a questionnaire sent to NMIs and Designated Institutes. The BIPM also gave an overview of progress with delivery of the 2005-2008 chemistry programme.

The Advisory Group regarded the following points as key in applying the CIPM criteria to the proposals for the 2009-2012 programme of work:

- The BIPM needs to be a scientific institute in order to deliver its mission.
- The BIPM science programme should focus on specific needs of international metrology and demonstrate clear added value to its customers (being the worldwide measurement community).
- Activities of the BIPM should occupy a niche which addresses high level metrology issues and reflects BIPM's global status.

The 2005-2008 chemistry programme comprises scientific activities on gas analysis and purity of organic compounds, together with support for the JCTLM and its database. The BIPM has proposed to continue and strengthen these activities in the 2009-2012 programme and, in addition, to introduce a bio-analysis programme. The current level of resource is 5.5 scientists, 2 technicians and 0.75 man-years from NMI scientists on secondment. If accepted in full, the

2009-2012 proposals would require staff numbers to be increased by the addition of 2 scientists, 4 technicians, 1 post-doctoral research assistant, and 4 man-years from NMI scientists on secondment. Of these, the laboratory-based bio-analysis programme would require 2 scientists, 2 technicians, and 1 man-year from NMI scientists on secondment.

Gas analysis programme

The overall programme was broadly supported and felt to be a worthwhile extension of the current activities, which are well-regarded and closely linked to the programme of the CCQM Gas Analysis Working Group (GAWG). All projects should clearly demonstrate that they underpin measurement needs for key global issues and be dedicated to climate change and air quality. The Advisory Group noted that specific tasks identified for 2009-2012 may be overtaken by events and that the proposals should, as such, be regarded as indicative. The BIPM should carry out specific tasks with the consultation and cooperation of the GAWG at the appropriate time. Activities at BIPM should focus in particular on fundamental metrology.

Organic purity programme

It was suggested that BIPM programme should be focused in a single project entitled 'Primary references for organic analysis'. The overall programme was supported, noting that it placed the main emphasis on comparisons. The Advisory Group accepted that the BIPM cannot be too specific at this stage of programme development but requested that more novel science related to method development should be included. It also recommended a focus on primary references to support food, healthcare and forensic applications as indicated by the response to the questionnaire. The Group would welcome development and coordination of a best practice guide on purity determination of organic compounds. This should build on the expertise developed under the BIPM chemistry programme.

Bio-analysis programme

It was felt that proposals for a bio-analysis laboratory project are premature and need wider debate. Activities at the BIPM should focus on fundamental metrology and it was not clear that this is proposed or is feasible. The Advisory Group noted that this is a rapidly developing field where most key players are also able to devote substantial resources, far beyond those available to the BIPM. It was accepted that staff working on liaison activities benefit from an involvement in relevant science. However, the Advisory Group recommended that the BIPM should not develop its own research programme at this time. The BIPM should consider novel alternatives to setting up its own bio-analysis research programme.

International coordination and liaison programme

The support for international liaisons was accepted as an important task, but the BIPM was requested to clarify the proposals. In particular, the Advisory Group saw a need to distinguish between the global role of the BIPM in this respect and the individual representation of Member States. The proposed project on bio-analysis liaison with national and international organizations was welcomed but the BIPM should provide more information on the impact expected from this activity. In addition, consideration should be given to broadening the liaison beyond genetically modified organisms.

Recommendation

The BIPM is requested to review the proposals with regard to the specific comments of the Advisory Group and provide a revised programme for the CIPM emphasizing the key top level themes. Notably, the gas work should fall within the area of air quality and climate change, and the organic chemistry programme should address primary references for organic analysis in support of food, healthcare and forensic applications. The BIPM should develop liaison activities but not a bio-analysis laboratory programme at this time. The Advisory Group welcomes the BIPM's proposals for its 2009-2012 chemistry programme and supports them subject to the implementation of its recommended amendments.

Appendix 4. Reaching out to developing States and Economies; Associates of the CGPM

The 21st CGPM in 1999 decided to create a category of Associate States and Economies of the CGPM, to be as inclusive as possible with regard to the CIPM MRA, in particular, for the benefit of developing countries. By allowing developing countries to join the CIPM MRA at a lower cost than Member States, no State or Economy should be excluded from participation in the CIPM MRA. In the meantime, the CGPM has 22 Associates representing 32 States and Economies (June 2007). A number of other countries have indicated that they like to join as an Associate in the near future, while some of the present-day Associates have indicated to sign up soon as a Member State.

It has to be noted here that Associateship has always been considered as a first step in becoming a Member State. In order to inform the NMIs of States and Economies, which are not yet Member States or Associates of the CGPM about the developments and the advantages of participating in activities carried out under the aegis of the Metre Convention and its CIPM MRA, the CIPM proposes to create a new category of “Corresponding National Metrology Institute of the BIPM”. These institutes will receive, from time to time, general and promotional information, keeping them up-to-date about developments and progress made.

The status of Corresponding NMI of the BIPM has to be considered as a first and informative step towards their State becoming an Associate of the CGPM and/or a Member State. Corresponding NMIs would have no rights to participate in CCs, nor in BIPM or CC key comparisons, nor in any other activity of the BIPM.

Appendix 5. Resolution 5 of the 22nd CGPM

■ 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.

Appendix 6. Considerations and decisions by the CIPM on the future programme of work of the BIPM made at its meeting in October 2006

Note: this Appendix is a summary of the process which led to the formulation of the programme of work for the period 2009-2012 and the discussions and decisions which took place in the CIPM.

In preparation of the formulation of the draft programme of work and budget of the BIPM for the years 2009 through 2012, the directors of the NMIs of the Member States and the relevant Consultative Committees have been consulted. In particular, a questionnaire has been sent out to the NMIs and some other organizations. The questionnaire invited responses on the expected developments and needs in the field of metrology in chemistry and the expectations the NMIs have with respect to the future programme of work of the BIPM in this field of metrology. On the basis of all available information an extensive discussion took place during the meetings of the CIPM.

The CIPM considered the outcome of the discussions and questionnaires as well as the fact that the BIPM has been underfunded over, at least, the last eight years. As a result, the CIPM has decided that the programme of work of the BIPM has to be limited and further focused on the areas of work decided by the 22nd CGPM in 2003.

The following is a summary of the discussion and the conclusions.

In accordance with 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, was sent to the Member States by the end of January 2007, nine months before the opening of the 23rd Conference on 12 November 2007.

Introduction

In 2003, the 22nd CGPM approved changes to the programme of work of the BIPM which had been decided by the CIPM with the aim of preparing the BIPM for its major tasks in the immediate future, as well as in the long-term. These tasks would cover, in various ways, metrology in all fields of application. As a result, the Length and Photometry and radiometry sections were closed in favour of starting a watt balance experiment and expanding the Chemistry section, while work by the Time, Ionizing radiation and Electricity sections and, of course, work related to the CIPM MRA and the liaison function of the BIPM will continue. The programme of work of the BIPM for the period 2005-2008 was approved by the 22nd CGPM.

Unfortunately, the 22nd CGPM did not, at the same time, provide the full financial support necessary to address all its request for the increased work and voted a real terms increase of only 1.6 % plus an additional discretionary contribution of 1.4 %. The CGPM's Budget Committee also discussed the level of financial reserves, and accepted that a level of about 40 % of the annual budget was "prudent".

On the basis of these conditions, the BIPM has been able to largely realize the proposed and approved programme of work, in spite of the fact that some 85 % of the discretionary

contribution has been received in 2005 and 2006. However, it is now clear that on the basis of the decisions, taken by the 22nd CGPM, the BIPM cannot continue to function adequately.

One significant consequence was that maintenance of the buildings has had to be carried out urgently, and at a higher cost than would have been so if there had been regular maintenance.

Finally, and as noted by the Budget Committee and recorded in the minutes of the 22nd CGPM, running an organization on the basis of discretionary contributions was “basically unsatisfactory”, brings a high level of risk, makes planning extremely difficult and is not sustainable.

The 21st as well as the 22nd CGPM were warned that their decisions could lead to systematic financial deficits or uncertainties about the recruitment or retention of staff.

Based on the decisions by the 22nd CGPM with respect to the work programme of work and taking into account the advice received from the directors of the NMIs and the Consultative Committees, the CIPM has decided on a minimum programme of work. The CIPM also concluded that the 23rd CGPM has to make a firm decision which would lead to a considerable increase of the budget and therefore decided to recommend a budget that would bring sustainability to the BIPM and would add value for the NMIs.

In consequence, the CIPM has decided that an initial step increase of 11 % would be needed in 2009 together with an increase of 4 % for inflation in this and the subsequent three years of the quadrennium 2009-2012. In deciding on these figures, the CIPM pointed out that the inflation costs in scientific laboratories are higher than the average inflation for consumers.

Strategic considerations

This report has reviewed the issues related to strongly increased levels of globalization of industrial and agricultural production, trade and travel. The report has also made the argument that highly accurate, innovative products and services and the development of new fields such as nano-scale applications all require internationally recognized, precise and comparable, measurement and test results in all fields of measurement and testing. Fair trade, protection of life and the environment and the need to realize cost savings lead regulators to formulate requirements which address traceability and measurement uncertainty. The decisions made by the CIPM in 2002 and approved by the CGPM in 2003 are in compliance with the developments in the world.

In deciding how to proceed, the 95th meeting of the CIPM in 2006 took a number of considerations into account:

- The needs expressed by the directors of NMIs.
- The results of questionnaires.
- The opinions of the Consultative Committees.
- The needs expressed by a number of intergovernmental organizations such as the WMO and international bodies such as the IFCC and the ILAC, as well as views expressed by the health care sector, including Pharmacopoeia, the food sector, the environmental sector and forensic sciences associations.
- The consequences of many new regulations which have come coming into force in many States and Economies and which require comparable, traceable measurement results with stated measurement uncertainties. In particular the health care, food safety, climate change and environmental control areas all require more reliable and accurate measurement results.

- The need for the BIPM to liaise regularly with all stakeholders in metrology and to be seen as a credible intergovernmental organization which has a deep understanding all fields of measurement.

To be able to respond adequately to international metrological issues the BIPM, as a small but lean organization, must have and maintain a coherent group of scientists. The scientists of the BIPM must have up-to-date knowledge and an understanding of metrology which requires daily access to scientific metrological work. Therefore the BIPM has to maintain a small number of scientific laboratories which are coherent and deliver high quality state-of-the-art scientific results and services having added value for the NMIs of the Member States.

In addition to the small number of permanent staff at the BIPM it is highly desirable to have regularly a number of experts from NMIs on secondment at the BIPM. This would guarantee optimum cooperation with the NMIs, regular exchange of knowledge and having the timely availability, at the BIPM, of the right expertise to contribute to the programme of work at the BIPM and to liaise with the stakeholders of the BIPM.

Priorities in the programme of work

The role of the BIPM, as described in the 2003 report on *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, has been discussed and approved by the 22nd CGPM.

The BIPM's principal tasks include:

- the International System of Units (SI),
- basic scientific and technical tasks,
- specific technical services in support of NMIs,
- global coordination of metrology,
- relations with other organizations, and
- information and publicity.

The BIPM will carry out these tasks in the most cost-effective and efficient way possible so as to achieve its goals. It will continue to be ready to adapt and to change its tasks as the need arises and as decided by the CIPM acting under the authority of the Member States.

The BIPM's laboratory work should:

- be of a kind that can be undertaken more efficiently and effectively at the international level, but avoiding unnecessarily duplication,
- provide the means to compare national realizations of the SI units and quantities through shared-cost reference facilities, traveling standards or comparisons organized through the Consultative Committees of the CIPM,
- provide a limited number of calibrations for Member States based primarily on facilities created for reference systems or comparisons,
- provide an international resource which can be dedicated to the continued provision of key services and facilities on time scales to which Member States might find it difficult to make long-term commitment, and
- deliver mandated or unique services such as maintenance of the international mass prototype and the international time scale.

The BIPM's liaison and coordination role should be directed towards the creation of unique partnerships and collaborations with intergovernmental organizations, international and other key bodies so that the scientifically important concepts of traceability and uncertainty of measurement can become established in new areas in support of industry, trade and society. A very important part of this task is the implementation and maintenance of the CIPM MRA. Further, support to developing countries and contributing so as to creating awareness of the importance of an internationally recognized national metrology infrastructure on behalf of trade and society should be given.

The seven main features of the programme of work of the BIPM are:

- Maintenance and dissemination of the kilogram and the calculation and dissemination of the International Atomic Time scale (TAI) and the Coordinated Universal Time scale (UTC). Steps to prepare for changes to the current definitions of a number of base units of the SI which are expected to be made within the next few years.
- Maintenance and extension of reference facilities and traveling standards that are more cost effectively kept at the BIPM than at one or more NMIs.
- Maintenance and dissemination of a focused programme in electricity, gravimetry and ionizing radiation.
- Further development of a programme in chemistry, focused on gases related to climate change and air quality, and organic compounds and measurement methods related to health care, food safety and forensic sciences.
- Continuing promotion of the application of the SI in new sectors of measurement in which it can bring benefits.
- Administrative and technical support for the CIPM MRA.
- Promotion of the benefits of internationally recognized comparable and traceable measurement results to States and Economies which are not yet Member States or Associates of the CGPM.

Programme decisions

The CIPM established priorities for the programme of work of the BIPM as follows:

- Activities in support of a possible redefinition of the kilogram will have the highest priority as the BIPM is responsible for the maintenance and dissemination of the base unit of mass. Also after a possible redefinition of the kilogram in terms of fundamental constants, the need for the dissemination of the unit and the establishment of global comparability will remain a major responsibility and task for the BIPM. Work to be carried out by the BIPM includes the realization of the watt balance.
- Maintenance of the electrical standards for voltage, based on the Josephson effect, and electrical resistance, based on the quantized Hall effect, is required for the work on the watt balance. Part of the maintenance of the electrical standards is the completion of the calculable capacitor, as a primary method to define the unit of electrical resistance and linking capacitance and other electric quantities to the base units, as was decided by the 22nd CGPM.
- The calculation and dissemination of the time scales TAI and UTC is also one of the unique activities to be carried out by the BIPM. The task is an ongoing activity that has to be carried out continuously without any delay and interruption. This requires a level of staffing which enables work to continue during periods of holidays or illness. Work to be done will

include the technical steps needed to prepare for the inclusion of highly accurate “optical clocks” in the world time scale. In due course, these may replace the current definition of the second. Comparisons of gravimeters would continue as part of the work of the section concerned with Time, Frequency and Gravimetry.

- Taking into account the high priority given to metrology in chemistry, the BIPM has to maintain a Chemistry section that provides the basis for the necessary knowledge to speak and coordinate, on behalf of the global community of NMIs, to the many other stakeholders in this field. The BIPM laboratory activities should have a focus on greenhouse gases of importance to climate change and air quality and provide a limited programme in organic analysis in support of health care, food safety and forensics. An investigation should be carried out with respect to the future needs on metrology in bio-technology and microbiology with a focus on DNA and GMO related issues.
- The unique services delivered by the Ionizing Radiation section of the BIPM, which delivers the basis for traceability for NMIs as well as of all the Secondary Standard Dosimetry Laboratories maintained by the International Atomic Energy Agency, have to continue. The rapidly increasing application of high energy electron linear accelerators in medical therapy requires, in due course, a further extension of the capabilities of the BIPM based on a linear accelerator. As the costs of such an accelerator are high (about 2.3 million euros), it is proposed that the 23rd General Conference endorses the further development of this project, with the aim of making a final decision during the 24th CGPM in 2011. The implementation of the linac project will then start in 2013.

The Draft Resolution on the dotation to be submitted to the 23rd CGPM

The starting point for the calculation of 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 full dotation voted by the 22nd CGPM for 2008, namely 10 312 000 euros.

The CIPM proposes that this be increased by 15 % (which includes a real increase of 11 % plus an increase of 4 % to cover inflation in a scientific organization) on 1 January 2009 to 11 859 000 and that on 1 January of each of the three succeeding years of the *quadrennium* it be increased by a further 4 % to cover the costs of inflation for a scientific organization.

The dotation requested for each of the years 2009 through 2012, given below in Draft Resolution C, will allow a 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 2009-2012.

Details of the programme and individual budgets for the years of the *quadrennium* are sent to the Member States about six months before the Conference. For the 23rd General Conference, these are given in the document entitled *Programme of work and budget of the BIPM for the years 2009 to 2012* (6).

■ Dotation of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the years 2009 to 2012

Draft Resolution C

The 23rd General Conference,

considering

- the increased importance of the work of the BIPM to international trade, industrial innovation, climate change, human health and medicine, and the protection of the food chain in all Member States,
- the record of the BIPM as a scientifically expert body which reacts to the needs of Member States,
- the broadened responsibilities contained in the programme of work for 2005-2008 and which would be further broadened in the proposed 2009-2012 programme of work,
- the way in which the BIPM continues to adopt best management practice and improve the efficiency and effectiveness of its staff,
- the inability of the BIPM, for financial reasons, to recruit an adequate number of staff to meet programme commitments agreed by Member States,
- the initiatives taken by the BIPM to attract a greater number of its staff through secondments and fixed-term contracts or other short-term arrangements,
- that the BIPM's financial reserves need to be at a level which ensures that the BIPM can operate with adequate financial security in a changing world,
- the overall impact of previous financial and other decisions by the CGPM on the BIPM's budget,

thanks those National Metrology Institutes which have responded to the staffing needs of the BIPM through secondments,

urges National Metrology Institutes to increase the numbers of staff seconded or provided to the BIPM to fill short term positions,

notes that the dotation for 2013-2016 will require an investment of some 2.3 millions of euros to install a linear accelerator at 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 in Article 6, 1921) of the Rules annexed to the Metre Convention (1875) shall, for those States that are parties to the Metre Convention at the time of the 23rd General Conference be:

11 859 000 euros in 2009
 12 333 000 euros in 2010
 12 826 000 euros in 2011
 13 339 000 euros in 2012.

List of acronyms used in the present volume

1 Acronyms for laboratories, committees and conferences*

AFRIMETS	Inter-Africa Metrology System
ANDIMET	Northern South American Metrology Cooperation (Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela)
ANMET	APEC Network for Materials Evaluation Technology
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme
BIPM	International Bureau of Weights and Measures/Bureau International des Poids et Mesures
CAMET	Central American Metrology Cooperation (Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua and Panama)
CARICOM	Caribbean Community
CARIMET	Caribbean Islands Metrology Cooperation (Antigua and Barbuda, Barbados, Dominica, Dominican Republic, Grenada, Guyana, Haiti, Jamaica, St Kitts and Nevis, St Lucia, St Vincent and the Grenadines, Suriname, The Bahamas, Trinidad and Tobago)
CC	Consultative Committee of the CIPM
CCAUV	Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration/Comité Consultatif de l'Acoustique, des Ultrasons et des Vibrations
CCEM	Consultative Committee for Electricity and Magnetism/Comité Consultatif d'Électricité et Magnétisme
CCL	Consultative Committee for Length/Comité Consultatif des Longueurs
CCM	Consultative Committee for Mass and Related Quantities/Comité Consultatif pour la Masse et les Grandeurs Apparentées
CCPR	Consultative Committee for Photometry and Radiometry/Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie
CCQM	Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry/Comité Consultatif pour la Quantité de Matière : Métrologie en Chimie
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants/ Consultative Committee for Ionizing Radiation
CCT	Comité consultatif de thermométrie/Consultative Committee for Thermometry
CCTF	Consultative Committee for Time and Frequency/Comité Consultatif du Temps et des Fréquences
CCU	Consultative Committee for Units/Comité Consultatif des Unités
CGPM	General Conference on Weights and Measures/Conférence Générale des Poids et Mesures
CIE	International Commission on Illumination/Commission Internationale de l'Éclairage
CIPM	International Committee for Weights and Measures/Comité International des Poids et Mesures
CODATA	Committee on Data for Science and Technology

* Organizations marked with an asterisk either no longer exist or operate under a different acronym.

Codex Alimentarius Commission	Commission created by the FAO and the WHO to develop food standards, guidelines and codes of practice
COOMET	Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations
GAW	Global Atmospheric Watch programme of the WMO, see WMO
IAC	Coordination internationale Avogadro/International Avogadro Coordination
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAF	International Accreditation Forum
IAFS	International Association of Forensic Sciences
IAPSO	International Association for the Physical Sciences of the Ocean
IAU	International Astronomical Union
ICAG	International Comparison of Absolute Gravimeters
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IEC	International Electrotechnical Commission
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
ISO	International Organization for Standardization
ISO CASCO	ISO Committee on Conformity Assessment
ISO REMCO	International Organization for Standardization, Committee on Reference Materials
ITU	International Telecommunication Union
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics
JCDCMAS	Joint Committee on coordination of assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCTLM	Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine
KPMG	KPMG Consulting, Ottawa (Canada)
MRA	CIPM Mutual Recognition Arrangement
NAB	National Accreditation Body
NIBSC	National Institute of Biological Standards and Control, WHO laboratory, see WHO
NMI	National Metrology Institute
NORAMET	North American Metrology Cooperation (Canada, Mexico and the United States of America)
OIML	International Organization of Legal Metrology
Pharmacopeia	The United States Pharmacopeia is the official public standards-setting authority for all prescription and over-the-counter medicines
RMO	Regional Metrology Organization
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SCC	Standards Council of Canada
SIM	Inter-american System for Metrology/Sistema Interamericano de Metrologia
SSDL	Secondary Standards Dosimetry Laboratories under the IAEA
SURAMET	South American Metrology Cooperation (Argentina, Brazil, Chile, Paraguay and Uruguay)

TBT	Technical Barriers to Trade Committee of the WTO, see WTO
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
WADA	World Anti-Doping Agency
WHO	World Health Organization
WMO GAW	WMO Global Atmospheric Watch programme, see WMO
WMO	World Meteorological Organization
WTO	World Trade Organization
WTO/TBT	World Trade Organization, Technical Barriers to Trade Committee

2 Acronyms for scientific terms

CMC	Calibration and Measurement Capabilities
CRM	Certified Reference Material
DNA	Deoxyribonucleic Acid
EUV	Extreme ultraviolet
Galileo	Future European Navigation Satellite System
GDP	Gross Domestic Product
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMO	Genetically Modified Organism
GPS	Global Positioning System
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IPTS-68	International Practical Temperature Scale of 1968
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
ITS-90	International Temperature Scale of 1990
IVD	<i>In Vitro</i> Diagnostic
KCDB	BIPM Key Comparison Database
LED	Light Emitting Diodes
RNA	Ribonucleic Acid
SI	International System of Units
SIR	International Reference System
SPS	Sanitary and Phyto-Sanitary
TAI	International Atomic Time
UTC	Coordinated Universal Time
VAMAS	Versailles Project on Advanced Materials and Standards
VIM	International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology

Bibliography

1. *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, BIPM, April 2003.
2. *National and international needs relating to metrology*, BIPM, March 1998.
3. *General Conference on Weights and Measures*, Proceedings of the 22nd meeting (2003), BIPM.
4. *Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes*, BIPM, October 1999.
5. *American Competitiveness Initiative, Leading the world in Innovation*, Domestic Policy Council, Office of Science and Technology Policy, February 2006.
6. WTO website (www.WTO.org).
7. *The Role of Standards in Today's Society and in the Future*, Raymond G. Kammer (Director NIST), before the Subcommittee on technology, Committee on Science, House of representatives, 13 September 2000.
8. *Promoting exports through quality and product safety*, Ivar Foss, Swedish International Development Cooperation Agency, 2004.
9. *Establishment of National Capability*, Trade Capacity Building, Working Paper Series 04/05, UNIDO, 2005.
10. *Innovations in Export Strategy, A strategic approach to quality assurance challenge*, International Trade Centre, Executive Forum, UNCTAD CNUCED, WTO OMC, 2005.
11. *Analysis of Non-Tariff Barriers of Concern to Developing Countries*, OECD Trade Directorate, Trade Committee, TD/TC/WP(2004)47, December 2004.
12. *Influencing and Meeting International Standards, Challenges for Developing Countries*, UNCTAD/WTO, Commonwealth secretariat, 2004.
13. *Implementing the Metrology European Research Area – iMERA* (www.euromet.org/projects/imer/).
14. Mohr P.J., Taylor B.N., 2005 CODATA recommended values of the fundamental physical constants, *Rev. Mod. Phys.*, 2002, **77**, 1-105.
15. The fundamental constants of physics, precision measurements and the base units of the SI, *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2005, **363**, 2097-2327.
16. *National Nanotechnology Initiative*, US National Science Foundation (www.nano.gov).
17. *Formulation of the 2007-2010 Measurements for Biotechnology Programme*, LGC under contract of the UK Department of Trade and Industry, MfB Programme, 2006.
18. EU JRC Institute for Reference Materials and Measurements, Annual report 2006.
19. Technology Development for an “e-trace” System 2005, NEDO/AIST, Japan, 2005.
20. *US National Measurements Needs Assessment*, 2006 (www.ncslnet.org/usmna/).
21. *Measurement Priorities for a More Secure Environment*, Report by the NPL and the University of Cambridge on behalf of UK DTI and NMS, 2006.
22. *Arbeitsprogramm 2005 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt*, informal information.
23. JCTLM database: *Laboratory medicine and in vitro diagnostics* (www.bipm.org/jctlm/).
24. JCDCMAS (www.bipm.org/en/committees/jc/jcdcmas).

25. CIPM-ILAC *joint statement* (www.bipm.org/utis/common/pdf/cipm-ilac_joint_statement.pdf).
26. BIPM-OIML-ILAC *joint declaration* (www.bipm.org/utis/common/pdf/bipm-oiml-ilac_joint_declaration.pdf).
27. MacDonald M., *Potential economic impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement*, KPMG Consulting, April 2002.
28. *Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the years 2009-2012*, BIPM, April 2007.
29. *Convocation of the 23rd General Conference on Weights and Measures*, BIPM, January 2007.
30. BIPM website (www.bipm.org).