

**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**

Rapport préparé par le CIPM  
pour les Gouvernements  
des États membres  
de la Convention du Mètre

Avril 2003

---

Organisation intergouvernementale  
de la Convention du Mètre

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 85)

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.

Pour contacter le directeur du BIPM / To contact the Director of the BIPM:

Téléphone/Telephone: +33 (0) 1 45 07 70 70

Télécopie/Fax: +33 (0) 1 45 34 20 21

<http://www.bipm.org>

BIPM

Pavillon de Breteuil

F-92312 Sèvres Cedex, France

Avril 2003

## Table des matières

	Page
Avertissement	3
Résumé	4
1 Introduction	8
1.1 Le rapport du CIPM de 1998 et la 21 <sup>e</sup> Conférence générale en 1999	8
1.2 Le nouveau rapport de 2003	10
2 Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie	12
2.1 Besoins actuels et à venir	13
2.2 Nouvelles approches dans le domaine de la métrologie	18
2.3 Besoins des pays en voie de développement dans le domaine de la métrologie	20
2.4 Les obstacles techniques au commerce et les mesures sanitaires et phytosanitaires	22
3 Extension de la coopération internationale et nouveaux réseaux	23
3.1 La coopération internationale en matière de recherche et développement, de possibilités en matière de mesures et de transfert de savoir-faire	23
3.2 Réseaux internationaux, comités communs	24
3.3 L'accréditation et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)	25
3.4 L'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et la normalisation (ISO/CEI)	27
4 Impact économique et social	28
4.1 Objectif des études passées	28
4.2 Conclusions des études passées et récentes	29
4.3 L'étude effectuée par la société KPMG pour le BIPM	36
5 Le BIPM	38
5.1 Le rôle du BIPM	38
5.2 Le BIPM comme institution	40
5.3 Programme de travail et dotation du BIPM	41
6 Conclusions et recommandations du Comité international	44

Annexes

Annexe 1. Infrastructure nationale et internationale de la métrologie	47
Annexe 2. L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM	55
Annexe 3. Réponses aux questionnaires envoyés aux directeurs et conclusions	58
Annexe 4. Résolution 1 de la 21 <sup>e</sup> Conférence générale	65
Annexe 5. Décisions, concernant le programme de travaux futurs du BIPM, prises par le CIPM lors de sa session d'octobre 2002	67
Liste des sigles utilisés dans le présent volume	77
Références	81

## Avertissement

En octobre 1999, la 21<sup>e</sup> 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 demandées aux États membres de la Convention du Mètre dans les prochaines décennies.

À peine quatre ans plus tard, il est devenu évident que les besoins et les changements techniques et structurels dans le domaine de la métrologie ont évolué beaucoup plus rapidement et ont eu des applications bien plus vastes que prévu en 1999, au point qu'une mise à jour du rapport de 1998 s'est avérée nécessaire.

Ce nouveau 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 est maintenant terminé et le Comité international est heureux de le soumettre aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre.

Pendant la préparation de ce rapport, deux questionnaires ont été envoyés aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie afin de leur demander leur avis 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 du BIPM dans les plus brefs délais. Ce rapport est étayé par diverses études sur l'impact économique et social de la métrologie, réalisées par des experts en économie de certains laboratoires nationaux de métrologie ou de services gouvernementaux, ainsi que par des économistes professionnels universitaires ou membres de sociétés de conseil privées.

Le projet de rapport a été discuté avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie pendant la réunion d'avril 2002 qui s'est tenue au BIPM à Sèvres, et les directeurs ont été consultés ultérieurement par correspondance en juillet-août 2002.

Enfin, ce rapport a été approuvé par le Comité international lors de sa réunion le 10 octobre 2002.

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.

J. Kovalevsky	R. Kaarls
Président du CIPM	Secrétaire du CIPM

Avril 2003

## Résumé

Au cours des cinq dernières années, le besoin de mesures exactes et fiables s'est rapidement accru, non seulement dans le secteur des produits manufacturés et pour le commerce national et international, mais aussi dans les domaines de la santé et de la sécurité humaines, de la protection de l'environnement, des communications, et dans tous les domaines scientifiques et de l'ingénierie.

### **Nouveaux réseaux pour la métrologie, nouveaux partenaires**

- Le besoin global de mesures, d'étalons de mesure et d'essais, reconnu au niveau international, assurant la traçabilité et l'équivalence dans tous les domaines de la société, a engendré de nouveaux réseaux de coopération entre les organisations internationales et intergouvernementales. Au cours des deux dernières années, le Comité international a signé des protocoles d'accord ou des arrangements avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Fédération internationale de chimie clinique et de médecine de laboratoire (IFCC) et avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Le CIPM se prépare à signer d'autres arrangements de coopération internationale avec des organismes tels que l'Agence mondiale antidopage (AMA) et la Commission du Codex Alimentarius (créée par l'OMS et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO).
- En 2002, une nouvelle activité dans le domaine de la traçabilité en médecine de laboratoire a été initiée par le BIPM, l'IFCC et l'ILAC, avec des représentants d'organisations d'assurance de qualité, de fabricants de matériaux de référence certifiés et d'associations issues de l'industrie du diagnostic in vitro de l'Union européenne, du Japon et des États-Unis, ainsi que des agences réglementaires de ces pays. Le nom provisoire du groupe chargé de cette nouvelle activité est le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine, JCTLM).
- Il est important que des coopérations similaires soient établies aussi bien au niveau international qu'aux niveaux régional et national.

### **Métrologie dans les pays en voie de développement**

- Il est prioritaire d'établir une infrastructure métrologique reconnue au niveau international dans les pays en voie de développement et les pays en transition. Dans ces pays, l'absence d'une telle structure constitue un frein au développement, car il les rend vulnérables aux obstacles au commerce

de nature non-tarifaire, qui à leur tour retardent leur accès au marché et au développement industriel et économique qui en résulte. 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), composé du BIPM, des organisations régionales de métrologie, de la Commission électrotechnique internationale (CEI), de l'International Accreditation Forum (IAF), de l'ILAC, de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), de l'Organisation internationale pour la métrologie légale (OIML), de l'Union internationale des télécommunications (UIT) et de l'United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), a été établi pour promouvoir l'échange d'informations et de savoir-faire, et sensibiliser les responsables à la nécessité d'établir des structures pour la coordination de l'aide à ces pays dans le domaine de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation.

### **La métrologie en physique et dans l'ingénierie**

- Dans de nombreux domaines, en particulier dans ceux du temps et des fréquences, de la métrologie dimensionnelle, et les applications en mécanique et en électricité, l'exactitude requise augmente d'un facteur trois à dix tous les dix ans. Dans plusieurs cas, l'exactitude actuelle suffit à peine pour les besoins du commerce, de la sécurité et de la législation. Parfois, il n'existe même pas de référence assurant la traçabilité. Certains laboratoires nationaux de métrologie ont entrepris des travaux de recherche majeurs pour répondre à ces besoins.
- La tendance générale à la miniaturisation des produits et aux technologies submicroniques, telles que le « laboratoire sur puce », a conduit à élaborer des principes de mesure totalement nouveaux. La nanométrie (y compris les applications biotechniques) est un domaine aux frontières de la physique dans lequel de nouvelles techniques de mesure se développent ; il est hautement prioritaire pour de nombreux laboratoires nationaux de métrologie. Il reste beaucoup à faire pour mettre au point des étalons primaires et secondaires adaptés à des équipements de très petites dimensions ou à de nouvelles grandeurs.

### **Applications nouvelles pour la métrologie**

- Les besoins dans les domaines de la métrologie en chimie et en biotechnologie sont devenus manifestes bien plus rapidement que prévu il y a cinq ans. Le commerce international des produits chimiques, des matériaux de référence certifiés, des gaz et produits pétroliers, des produits pharmaceutiques, des produits alimentaires et des équipements de mesure pour l'analyse chimique est un secteur en expansion croissante. Des dispositifs légaux en nombre croissant sont approuvés en matière de sécurité et de protection de l'environnement ; ils font tous appel à la traçabilité et à l'équivalence des mesures au niveau international.

- La traçabilité des mesures dans le domaine de la santé est maintenant prioritaire. Celle-ci sera bientôt rendue obligatoire dans la législation de l'Union européenne dans le cadre de la Directive relative aux dispositifs de mesure pour le diagnostic in vitro (IVD) ; des législations similaires ont été ou seront adoptées ailleurs dans le monde, comme par exemple aux États-Unis ou au Japon. Les fondements techniques d'une telle traçabilité sont encore rudimentaires dans certains domaines.
- La fiabilité et l'équivalence des mesures de contrôle dans le domaine de la nutrition sont de plus en plus importantes, non seulement en raison du volume et de la valeur élevés des produits alimentaires exportés dans le cadre du commerce international, mais aussi en raison des questions posées par la société en matière de sécurité alimentaire, notamment en ce qui concerne la teneur des aliments en organismes génétiquement modifiés (OGM). L'équivalence des résultats de mesures et l'incertitude de mesure associée sont inscrits dans la législation de divers pays et communautés économiques, mais il n'existe pas de système officiel pour créer l'infrastructure technique nécessaire.
- Les mesures liées à la qualité de la vie, à la biotechnologie et au contrôle de l'environnement en matière de pollution et de changement climatique demandent des étalons de mesure permettant d'assurer la fiabilité, la stabilité à long terme et l'équivalence des mesures. Ici encore, divers pays et entités économiques ont pris en compte la qualité des mesures dans leur législation.

### **La métrologie, retour élevé sur investissement et haute valeur ajoutée**

- Les études sur l'impact économique de la métrologie effectuées au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni et dans l'Union européenne ont montré que les investissements effectués par les gouvernements pour établir une infrastructure métrologique reconnue au niveau international sont des plus rentables et ont des retombées très positives pour la société.
- L'étude récente effectuée par la société de conseil privée KPMG pour le BIPM a mis en évidence la rentabilité de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du CIPM et du rôle du BIPM comme porte-parole et coordonnateur des laboratoires nationaux de métrologie au niveau international.
- Les États membres de la Convention du Mètre sont invités à maintenir, et si possible accroître leurs investissements concernant les structures métrologiques nationales nécessaires pour répondre à la demande croissante en matière de traçabilité et d'équivalence des mesures dans tous les domaines, et pour mettre en oeuvre au niveau national les décisions prises au niveau international en réponse aux besoins du commerce international et d'autres programmes internationaux, par exemple dans les secteurs de la nutrition, de l'environnement et de la santé.

- Le cas échéant, la désignation de laboratoires autres que le laboratoire national de métrologie, pour agir en son nom pour certaines grandeurs et domaines de mesure définis, doit être envisagée.

### **L'infrastructure métrologique mondiale ; coopération et partenariat**

- Pour toutes les actions mentionnées précédemment, il est nécessaire de disposer d'un système de mesure international fiable, exact et accessible à tous. Ceci ne peut être assuré que par la coopération de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie entre eux et avec le Comité international et le BIPM, dans le cadre de la Convention du Mètre.
- Cette coopération est réalisée dans le cadre 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. L'Arrangement est maintenant signé par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de tous les États industrialisés du monde et de deux organisations internationales, ainsi que par un nombre croissant de pays en voie de développement ou d'entités économiques. L'Arrangement du CIPM rassemble les laboratoires nationaux de métrologie, les organisations régionales de métrologie et le BIPM ; il est considéré, entre autres, comme un élément clé pour supprimer les obstacles techniques au commerce et il est d'une importance directe dans la mise en œuvre des mesures sanitaires ou phytosanitaires (mise en quarantaine d'animaux ou de plantes).
- L'extension récente de la demande d'exactitude des mesures à de nouveaux domaines et la demande d'exactitude accrue dans des domaines traditionnels suppose un élargissement considérable du potentiel des laboratoires nationaux de métrologie et du BIPM. Il est de plus en plus reconnu qu'aucun laboratoire national de métrologie ne peut disposer de l'intégralité des étalons de mesure et des services aujourd'hui nécessaires ; le travail en réseau et une étroite coopération entre les laboratoires nationaux de métrologie dans le monde sont devenus indispensables.
- La traçabilité figure donc avec une haute priorité à l'ordre du jour des questions internationales et requiert que les organisations internationales, nationales et régionales coopèrent dans un nombre accru de secteurs, en rassemblant des représentants officiels des agences gouvernementales responsables du commerce, de la législation et de l'établissement des normes.

### **Le Bureau international des poids et mesures**

- La coordination internationale dans le domaine de la métrologie est l'une des tâches primordiales du BIPM, sous les auspices du CIPM et en collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie. L'aide qu'y apportent les membres du personnel hautement qualifié du BIPM est précieuse pour assurer l'efficacité de l'infrastructure métrologique internationale.

- Le BIPM, pour être efficace, doit continuer à être reconnu comme une organisation compétente et faisant autorité dans le domaine de la métrologie. Elle a pour cela besoin d'un personnel compétent et qualifié, qui ne peut être recruté et conservé que si les laboratoires du BIPM sont actifs dans un certain nombre de domaines de la métrologie, non seulement en physique mais aussi en chimie et en biotechnologie. Ses activités doivent être soigneusement choisies pour compléter celles qui sont effectuées dans les laboratoires nationaux de métrologie.
- Le BIPM doit continuer à être l'organisation internationale responsable de la mise à jour et de la dissémination du Système international d'unités (SI), ainsi que de certaines autres références convenables et approuvées au niveau international qu'il n'a pas encore été possible de relier au SI ; il doit être le gardien du Prototype international du kilogramme, et établir et disséminer le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC).
- Le CIPM, en réponse à la situation financière difficile qui se profile, a établi des priorités pour les activités du BIPM et a entrepris de mettre fin à certaines de ses activités actuelles. Dans le même temps, il a décidé de débiter et d'accorder plus d'importance à d'autres activités au BIPM : dans le domaine de la métrologie en chimie notamment, certaines expériences de métrologie fondamentale, les activités liées à l'Arrangement du CIPM et à la coordination internationale, en particulier dans les domaines de l'analyse biologique et clinique. Toutes ces actions ont pour but de rendre le BIPM mieux à même, avec les laboratoires nationaux de métrologie, de traiter les problèmes métrologiques pressants dans ces domaines.
- Les États membres de la Convention du Mètre sont conviés à prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que le BIPM reçoive l'aide, financière ou autre, lui permettant de faire face à l'évolution de la métrologie dans le monde.

## 1 Introduction

### 1.1 Le rapport du CIPM de 1998 et la 21<sup>e</sup> Conférence générale en 1999

À la fin du 20<sup>e</sup> siècle, l'évolution continue, voire l'accélération des besoins en métrologie pour le commerce, l'industrie et la société, ainsi que la nécessité de mesures fiables et toujours plus exactes assurant la traçabilité au SI, dans tous les domaines, a conduit le CIPM à préparer un rapport pour présenter ces évolutions et donner des recommandations au sujet de l'avenir du BIPM au début du 21<sup>e</sup> siècle.

En 1998, le CIPM a publié le rapport intitulé *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie* (1). Ce rapport passe en revue les besoins globaux de la métrologie tels qu'ils ont été identifiés à l'époque, et décrit les structures nationales et internationales qui assurent les

fondements techniques et légaux pour établir la confiance dans les mesures. Une partie importante du rapport est consacrée à la Convention du Mètre, le traité intergouvernemental signé en 1875, qui constitue aujourd'hui encore les fondements de la métrologie internationale. Sous l'égide de la Convention du Mètre, les États membres ont confié au CIPM la responsabilité du BIPM. Le rapport de 1998 examine donc le fonctionnement et le programme d'activités du BIPM, et le financement demandé aux États membres pour les années à venir.

La 21<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures en 1999 a marqué un tournant dans le domaine de la métrologie internationale. La Conférence a adopté les principales recommandations du rapport du CIPM. Parmi celles-ci figurait l'extension des domaines d'activité sous la responsabilité de la Convention du Mètre à pratiquement tous les domaines de la science et l'extension correspondante des attributions des Comités consultatifs. Après plus d'un siècle d'accroissement, lent mais continu, du champ d'activités de la Convention du Mètre, le rythme s'est considérablement accéléré et le domaine élargi. En 1875, la Convention du Mètre était responsable seulement des mesures de longueur et de masse. En dépit d'un certain nombre de tentatives, datant de 1881, pour inclure les grandeurs électriques ou autres, aucune extension de ses activités n'a eu lieu avant 1921, date à laquelle les mesures électriques ont fait partie de ses attributions. La thermométrie et la photométrie ont été ensuite ajoutées dans les années 1920 et 1930. En 1960, la décision a été prise d'inclure les étalons de rayonnements ionisants et, en 1987, les échelles de temps. En 1993, les premiers pas ont été faits en chimie. En 1999, la Conférence générale a considéré que la métrologie s'étendait à presque tous les domaines de la science et a décidé qu'il était de la responsabilité des États membres d'offrir, sous les auspices de la Convention du Mètre, l'infrastructure nécessaire pour étayer la fiabilité des mesures dans le monde.

En 1999, les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre ont signé l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, le MRA, pour la reconnaissance de leurs étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage (2). Le MRA du CIPM, décrit plus en détail dans l'annexe 2, est maintenant en cours de mise en œuvre et de grands progrès ont déjà été effectués.

La Conférence générale, consacrée principalement aux activités des États membres dans le cadre de la Convention du Mètre, a reconnu la nécessité de créer des structures officielles pour la métrologie internationale destinées aux pays en voie de développement ou en transition. Une nouvelle catégorie d'État ou d'entité économique associés à la Conférence générale a été créée. Ce statut est destiné à permettre aux États qui ne sont pas prêts à devenir membres de la Convention du Mètre de participer au MRA du CIPM à un coût bien inférieur à celui payé par les États membres. Il y a actuellement dix associés, et nous espérons que ce nombre augmentera rapidement au cours des années à venir.

Le compte rendu intégral de la 21<sup>e</sup> Conférence générale a été publié par le BIPM ; il est consultable sur le site Web du BIPM ([www.bipm.org](http://www.bipm.org)). Sur ce

site il est aussi possible de consulter les treize Résolutions adoptées par la 21<sup>e</sup> Conférence générale. Elles concernent la nécessité d'utiliser les unités du SI dans les programmes de recherche internationaux, l'environnement, la santé humaine et la médecine, et sur un certain nombre de questions techniques.

La Conférence a approuvé une nouvelle définition du rôle du BIPM proposée par le CIPM dans son rapport et a adopté le programme de travail et le budget du BIPM pour les années 2001 à 2004. La 21<sup>e</sup> Conférence générale avait cependant conscience, et en a pris acte, du fait que le budget approuvé pour la période 2001 à 2004 ne serait pas suffisant pour assurer la poursuite du programme adopté après 2004. (voir annexe 5)

Tout au long de son existence, le BIPM a fait preuve de sa capacité à faire face à de nouveaux programmes et à mettre fin à d'autres, moins prioritaires. Depuis le début des années 1960, cependant, après la création de la section des rayonnements ionisants assortie du doublement de la dotation annuelle pendant deux ans, les extensions des activités du BIPM n'ont pas fait l'objet d'un financement particulier. L'incorporation de la section du temps en 1988 et la création de la section de chimie en 1999, la construction de trois nouveaux bâtiments et la mise à niveau de l'infrastructure des laboratoires depuis 1984, ont tous été financés sur les réserves des années passées. Pendant environ vingt-cinq ans, cela a été possible en raison d'une longue période de faible inflation, pendant laquelle l'augmentation de la dotation annuelle adoptée par la Conférence générale était, en général, supérieure à l'inflation. Depuis la fin des années 1990 ce n'est plus le cas.

## 1.2 Le nouveau rapport de 2003

Depuis le projet de rapport du CIPM de 1997/1998 et la 21<sup>e</sup> Conférence générale en 1999, le rôle de la métrologie dans le monde s'est considérablement accru, pour deux raisons : la première est liée au MRA du CIPM, qui est de plus en plus cité dans les accords commerciaux et autres ; la seconde est la prise de conscience rapide et de plus en plus forte de la nécessité d'introduire la métrologie en chimie et en biologie. Cette seconde raison résulte d'une inquiétude publique concernant, par exemple, les effets des cultures génétiquement modifiées et des réglementations qui en découlent, de plus en plus nombreuses, demandant des mesures fiables et traçables. Une nouvelle Directive de l'Union européenne relative au diagnostic *in vitro* a stimulé l'industrie mondiale des fabricants de dispositifs de mesure pour le diagnostic à demander de l'aide à la communauté métrologique internationale pour répondre aux critères de la Directive avant la fin de 2003, quand celle-ci entrera en application. Bien que certaines de ces évolutions aient été envisagées dans le rapport de 1998, la rapidité avec laquelle ce besoin a vu le jour n'avait pas été prévue.

En réponse à ces évolutions rapides, le CIPM a décidé de préparer ce nouveau rapport 2003, dans lequel les implications pour la métrologie de ces nouveaux besoins sont examinées, et une proposition de réponse appropriée à appliquer au BIPM est donnée. Nous présumons que le lecteur est déjà familiarisé avec la situation générale décrite par le rapport de 1998 dont les points importants

sont brièvement décrits dans ce rapport. Nous présentons ici un bref résumé des initiatives qui ont été prises pour la préparation du présent rapport.

Pour préparer le nouveau rapport de 2003, le CIPM a envoyé deux questionnaires aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Le premier a été envoyé en mai 2001 ; il demandait aux directeurs d'exprimer leurs attentes concernant l'évolution de la métrologie dans leur pays, les principaux domaines d'investissement, les nouveaux domaines de la métrologie, les conséquences de la mise en œuvre des nouvelles technologies, les nouveaux réseaux en métrologie, les services généraux offerts par le BIPM et les priorités à établir. Le second questionnaire a été envoyé en décembre 2001 ; il posait des questions plus spécifiques et détaillées sur la valeur qu'ils accordent aux services actuellement offerts par le BIPM.

Ce nouveau rapport contient quatre sections principales, figurant aux chapitres 2 à 5. Après ce chapitre d'introduction, le chapitre 2 présente les besoins actuels et émergents en métrologie, en particulier ceux relatifs aux pays en voie de développement. Il comprend aussi une section sur les effets prévisibles des nouvelles technologies sur la métrologie et l'utilisation accrue de l'Internet pour certaines activités métrologiques. Il mentionne l'extrême importance pour un système métrologique national d'être reconnu au niveau international afin de combattre les obstacles au commerce de nature non tarifaires (obstacles techniques au commerce et mesures sanitaires et phytosanitaires). Dans le chapitre 3 l'importance de la coopération internationale en métrologie est discutée. Le rôle des réseaux globaux et la formation de comités communs sont présentés. Le chapitre 4 examine l'impact économique et social de la métrologie. C'est un point qui n'avait pas été spécifiquement traité dans le rapport de 1998, même s'il avait été mentionné. Un certain nombre d'études récentes sur les bénéfices économiques résultant des activités des laboratoires nationaux de métrologie sont analysées brièvement, ainsi que les conclusions d'une étude commanditée par le BIPM sur les bénéfices économiques résultant de certains aspects importants de ses activités et sur l'impact économique potentiel de l'Arrangement du CIPM pour les États membres. La dernière section, essentielle, le chapitre 5, est consacrée au BIPM, son rôle, ses missions, le contexte institutionnel et ses perspectives d'avenir, fondés sur les besoins évoqués au chapitre 2. Les implications financières pour les États membres sont présentées. Le chapitre 6 présente les conclusions et recommandations du CIPM qui en découlent. Le rapport se termine par des annexes : brefs résumés des conclusions des réponses aux questionnaires (annexe 3) et décisions du CIPM concernant le programme futur du BIPM (annexe 5).

Dans les annexes de ce rapport, le lecteur trouvera aussi des renseignements supplémentaires sur l'infrastructure de la métrologie au niveau national et international. En particulier, les annexes 1 et 2 peuvent s'avérer très utiles : la première décrit brièvement les structures existantes au niveau national et international pour établir l'infrastructure métrologique fondamentale, ainsi que les adaptations récentes ou en cours ; l'annexe 2 décrit le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et son influence considérable sur la communauté métrologique.

Ce rapport est volontairement plus bref et moins exhaustif que celui préparé par le CIPM en 1998, puisqu'il ne sert à rien de répéter ce qui a déjà été présenté dans le précédent rapport au sujet des fondements de la métrologie. Le rapport de 1998 figure sur le site Web du BIPM.

## 2 Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie

Des mesures sont effectuées depuis que la civilisation existe. Une société organisée a toujours eu besoin de mesures fiables, adaptées aux besoins. Les gens n'acceptent pas des mesures fausses dans le commerce et demandent à être protégés de l'arbitraire. L'État est responsable de la fiabilité des poids et mesures depuis des temps immémoriaux. Dans tous les pays du monde aujourd'hui, les autorités responsables considèrent de leur devoir de définir des unités et étalons de mesure, et de prendre les arrangements appropriés pour leur réalisation pratique et leur dissémination.

La Convention du Mètre a son origine au dix-neuvième siècle, période qui a vu la croissance rapide du commerce international des produits manufacturés. Il était devenu fondamental d'établir un accord international concernant les unités de mesure. À cette époque les fondements des sciences physiques ont été établis par des personnalités éminentes telles que Maxwell, Kelvin, Weber et Helmholtz, qui ont tous participé de près à la définition des étalons. La science de la mesure devint connue sous le nom de métrologie ; elle était déjà bien développée à la fin du dix-neuvième siècle. Les principaux laboratoires nationaux de métrologie ont été établis à peu près à la même époque. Les avancées des sciences et les progrès de l'industrie de haute technologie ont conduit à l'état actuel de la métrologie en physique, maintenant considérée comme une part essentielle de l'infrastructure de la société.

Toutefois, nous avons besoin aujourd'hui de mesures fiables dans un domaine d'activités humaines beaucoup plus vaste que ce ne fut le cas dans un passé proche. Par exemple, l'industrie fait l'objet d'évolutions majeures avec l'apparition de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques, avec l'importance des produits miniaturisés, et la tendance croissante à faire appel à des sous-traitants pour l'assemblage des sous-systèmes. On prévoit clairement des besoins dans les domaines de la métrologie des lasers, la nanotechnologie, les mesures électriques, les techniques optiques femtosecondes, les échelles de temps, les rayonnements ionisants et les sciences des matériaux. Il faudrait aussi accroître l'équivalence internationale pour de nombreuses grandeurs dérivées, comme pour les mesures du débit de fluide, la viscosité, l'acoustique etc. Dans tous ces domaines, des mesures exactes faisant référence à des étalons traçables sont incontournables pour réussir.

Un des effets de la globalisation du commerce est qu'il est maintenant nécessaire de disposer de mesures traçables, équivalentes et mutuellement acceptables dans le monde entier, non seulement pour le commerce des produits manufacturés et des matériaux bruts, mais aussi dans presque tous les aspects du commerce international. Ceci inclut maintenant le commerce des

produits alimentaires, des produits et instruments pour la santé, ainsi qu'une multitude de mesures participant au processus de protection de l'environnement, y compris les échanges de parts contributives à la production mondiale de CO<sub>2</sub>. Les études sur le climat du Globe font appel à de nombreux domaines scientifiques, et pour élaborer un modèle valable il est nécessaire que toutes les données soient comparables. En général, il faut maintenant établir la confiance en la crédibilité des résultats des mesures, parce qu'à bien des égards les décisions fondées sur les résultats des mesures sont considérées comme ayant une influence directe sur l'économie, la santé et la sécurité, et le bien-être. Il faut pour cela s'assurer que les mesures effectuées dans tous les domaines scientifiques sont conformes à un système d'unités bien défini, c'est-à-dire le Système international d'unités (SI), et sont réalisées au sein d'un système mondial de mesures, dont la fiabilité est assurée par les laboratoires nationaux de métrologie en collaboration avec le BIPM.

## 2.1 Besoins actuels et à venir

### La métrologie en physique et dans l'ingénierie

Jusqu'à récemment la métrologie s'était consacrée presque exclusivement à la physique et à l'ingénierie, mais les progrès rapides des nouvelles technologies et le besoin général de meilleures mesures, plus fiables, plus exactes et mieux contrôlées, ainsi que la diversification des matériaux, ont suscité des demandes supplémentaires et nouvelles en « métrologie classique ». En fait, dans de nombreux domaines tels que la métrologie dimensionnelle, les mesures dans les domaines de l'électricité, du temps et des fréquences, de l'optique et des pressions, les besoins d'exactitude ont augmenté d'un facteur dix tous les dix ou vingt ans au cours des cinquante dernières années. Cette tendance se poursuit, et même s'accélère, par exemple dans le domaines des étalons de temps et de fréquence, qui sont le fondement de la navigation spatiale et des systèmes de positionnement. La métrologie dimensionnelle et mécanique fournit un autre exemple de ces besoins pressants : il faut garantir que des sous-systèmes construits dans différentes usines, souvent même dans différents pays, puissent être assemblés.

Dans le commerce des produits pétroliers et des gaz, il y aurait intérêt, par exemple, que les mesures de débits de fluides soient beaucoup plus précises. C'est un défi pour la métrologie d'améliorer la fiabilité et l'exactitude des mesures de débit de gaz de fluides, parce que des milliards et des milliards de mètres cubes sont mesurés dans les oléoducs et gazoducs, avant d'être vendus aux utilisateurs. Des erreurs de quelques millièmes représentent des centaines de millions de dollars. Nous pourrions citer bien d'autres exemples, qui n'ont peut-être pas tous le même impact économique, mais qui représentent quand même d'importantes quantités de produits commerciaux échangés.

Il est maintenant nécessaire de quantifier et de mesurer de nombreuses propriétés physiques pour lesquelles il n'existait, jusqu'à récemment, aucune procédure métrologique traçable. Nous pouvons mentionner les propriétés rhéologiques et thermomécaniques de la matière (force, viscosité, élasticité,

transfert de chaleur), la détermination des caractéristiques des grains et des poudres, des couleurs, des odeurs, etc.

### **Nanométrie**

La tendance générale à la miniaturisation accrue des produits manufacturés a conduit à l'évolution vers les micro et nanotechnologies. Il ne s'agit cependant pas seulement d'un problème d'échelle, mais plutôt de faire face à un nouveau type de physique. Par exemple, la surface d'un objet ne peut plus être considérée comme lisse ; c'est une couche rugueuse et chaotique constituée de molécules et d'atomes, l'effet de la force de Casimir devant être pris en compte pour les études mécaniques. Les techniques relatives à ces nouveaux systèmes sont entièrement nouvelles. Par conséquent, les méthodes de mesure et d'essai doivent considérablement changer ; c'est un des défis majeurs de la métrologie. Mais le besoin réel en métrologie nanométrique est le même que celui de l'industrie classique : il faut démontrer que les produits et procédures de fabrication répondent à des besoins spécifiques. Il faut donc des mesures quantitatives traçables à des étalons communs.

Par exemple, une exactitude nanométrique est nécessaire pour la lithographie aux ultraviolets, qui nécessite de fabriquer des composants mécaniques et optiques de grandes dimensions pour les rayons x et de les mesurer avec des tolérances exprimées en nanomètres, voire même avec une précision sub-nanométrique. Parmi beaucoup d'autres applications, il convient de mentionner la finition des extrémités des fibres optiques pour les télécommunications, l'amélioration de la texture de surface, différents usages des nanotubes et des fullerènes, les couches très minces pour le revêtement du verre etc. Il faut non seulement concevoir de nouveaux dispositifs de mesure sur des distances importantes, ce qui implique d'étendre l'usage des microscopes à balayage jusqu'ici cantonnés dans l'analyse locale, ponctuelle, des propriétés de surface, mais il faut aussi fabriquer des étalons secondaires de longueur à grille au niveau moléculaire.

La nanométrie n'est pas limitée aux mesures dimensionnelles. Dans plusieurs autres domaines, il faut aussi mesurer des grandeurs très petites. C'est le cas de l'effet tunnel électronique, de rayonnements ionisants très peu pénétrants, de forces ou de couples très faibles en micromécanique, de faibles pressions dans les techniques du vide, ainsi que dans de nombreuses applications en biologie, l'analyse de traces chimiques, la pharmacologie etc. Le document de l'Union européenne mentionné dans la référence (3) présente d'intéressantes perspectives pour la nanométrie.

### **La métrologie en chimie**

Depuis la préparation du rapport de 1998, les besoins en métrologie ont rapidement évolué dans des domaines qui autrefois n'étaient connectés que de très loin au système mondial de mesure. Le principal de ces domaines est celui de la chimie dans tous ses aspects. Bien que le CIPM à la fin des années 1980 ait commencé à discuter de la possibilité d'entreprendre des actions pour faire

progresser la métrologie en chimie, et malgré la création du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) en 1993, la communauté des chimistes au sens large n'a que récemment commencé à être sensibilisée à cette évolution. Il y a cinq ans, la nécessité de se préoccuper de métrologie était un sujet dont ils discutaient à peine. Ce n'est plus le cas aujourd'hui.

Par exemple, la National Conference of Standards Laboratories (NCSL-I) aux États-Unis a établi récemment un comité pour la métrologie en chimie, et en 2002 la conférence annuelle de l'International Association of Official Analytical Chemists (AOAC-I) a organisé pour la première fois un symposium sur les aspects internationaux et liés au commerce, de la métrologie. L'intérêt toujours accru de l'industrie chimique et pétrolière pour la traçabilité et l'équivalence internationale est significatif. La communauté des chimistes met de plus en plus l'accent sur la métrologie et les activités connexes concernant les obstacles techniques au commerce. La conférence PITTCON, une conférence dans le domaine de la chimie associée à une exposition annuelle, parmi les plus importantes au niveau international et qui a lieu aux États-Unis, en témoigne clairement, ainsi que de nombreuses autres conférences en Europe, au Japon et dans plusieurs autres pays.

### **La métrologie et la santé**

D'importants progrès ont été faits dans le domaine de la santé au cours de la dernière décennie. Les progrès des techniques de mesure ont permis d'améliorer considérablement le diagnostic des maladies, ce qui contribue à l'accroissement des chances de succès des traitements.

Il subsiste malheureusement encore de nombreux problèmes d'équivalence entre les mesures hospitalières, non seulement au niveau international, mais aussi entre hôpitaux et même à l'intérieur des hôpitaux. La résolution de ces problèmes conduit à des améliorations immédiates dans le domaine de la santé et à des économies considérables. La nécessité d'améliorer la situation a été reconnue par la Commission européenne et a eu pour résultat la Directive sur le diagnostic *in vitro* qui entrera en vigueur à la fin de 2003 (4). Cette Directive demande d'établir la traçabilité à des étalons de rang hiérarchique supérieur (sans préciser de quels étalons il s'agit).

Dans d'autres régions du monde, comme aux États-Unis, le programme de traçabilité des mesures en médecine de laboratoire se poursuit. Le NIST, en étroite collaboration avec la communauté médicale des États-Unis, ne cesse de mettre au point un grand nombre de matériaux de référence certifiés, offrant ainsi des outils de mesure plus exacts et traçables en médecine de laboratoire.

Les organisations professionnelles dans ce domaine, comme la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC), et les organisations analogues aux États-Unis et au Japon, de même que les fabricants de matériel pour le diagnostic *in vitro*, les agences de réglementation, les fabricants de matériaux de référence certifiés, les organismes d'assurance de qualité, les agences d'accréditation rattachées à l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM ont débuté une nouvelle activité dans la

domaine de la traçabilité en médecine de laboratoire. Le groupe chargé de cette activité est connu provisoirement sous le sigle JCTLM. Le but de cette activité est de soutenir l'établissement de la comparabilité, de l'équivalence et de la fiabilité des résultats de mesure en médecine de laboratoire dans le monde, ceci afin d'améliorer la santé et de favoriser, si nécessaire, la création d'un réseau international de laboratoires de référence. Cette action est perçue comme essentielle pour répondre aux critères de la Directive sur le diagnostic in vitro, mais aussi à d'autres préoccupations d'intérêt plus vaste en médecine de laboratoire (5).

Notons que bien des mesures nécessaires dans ce domaine ne peuvent actuellement être exprimées dans des unités directement traçables au SI. C'est par exemple le cas des mesures de teneur en matières grasses et de l'activité biologique de nombreuses préparations pharmaceutiques, grandeurs qui ne sont pas faciles à mesurer en termes physico-chimiques. Dans ces cas, les normes sont fondées sur des soi-disant unités internationales définies d'après l'activité biologique d'échantillons de référence. Nous présumons que le BIPM et l'OMS prendront la direction des activités futures destinées à assurer la reconnaissance officielle d'un système de traçabilité.

Une base de données sur les matériaux de référence certifiés en chimie clinique et en médecine de laboratoire est en cours de mise au point. Cela apparaît comme un exemple unique d'activité commune entre les communautés de la métrologie et de la médecine, les agences de réglementation, d'accréditation, et l'industrie.

### **La métrologie, la sécurité et les essais dans le domaine de la nutrition**

La sécurité et les essais dans le domaine de la nutrition sont maintenant considérés comme importants par le public. De récents exemples de désastres dans ce domaine (encéphalopathie bovine spongiforme, salmonelle, dioxine etc.) ont démontré qu'un échantillonnage et des mesures fiables sont une composante essentielle d'un processus de prise de décision éclairé. Le fait que les systèmes nationaux d'essais existants dans la Communauté européenne ne sont pas du tout optimisés l'a conduit à mettre au point un réseau de laboratoires nationaux de référence ainsi que de laboratoires officiels de contrôle accrédités, qui doivent répondre aux critères de la norme ISO/CEI 17025, y compris en matière de traçabilité, et à des critères supplémentaires pour les méthodes d'analyse de performance (6). Dans de nombreux pays la législation traite maintenant de la vérification de toute la chaîne des produits alimentaires depuis les animaux vivants jusqu'à la nourriture pour les hommes et les animaux. Un grand nombre de groupes de travail de la Commission du Codex Alimentarius mettent au point des procédures de mesure de meilleure qualité et validées. En ce qui concerne les organismes génétiquement modifiés dans l'alimentation, des mesures améliorées et traçables sont mises au point. Mis à part le fait que les essais relatifs aux produits alimentaires sont étroitement associés à la santé humaine, il ne faut pas oublier qu'ils sont aussi un des principaux produits

commercialisés au niveau international ; ils peuvent donc faire l'objet d'obstacles au commerce de nature non tarifaire. Le domaine des essais des produits alimentaires est un de ceux pour lesquels beaucoup d'étalons de référence ne sont pas, et ne peuvent pas être, facilement liés aux unités SI.

### **La métrologie et l'application de la loi, la fraude, les aspects légaux, la lutte contre le dopage, et la sécurité**

Il y a encore bien d'autres domaines pour lesquels il est important de disposer de mesures comparables, fiables, approuvées et reconnues au niveau international : le contrôle de l'application de la loi (vitesse, alcootest etc.), les douanes (alcool), la fraude, les aspects légaux (ADN etc.), la lutte contre le dopage, la sécurité etc. Les mesures effectuées dans ces domaines font appel à des mesures physiques et physico-chimiques.

L'agence mondiale antidopage prépare, en collaboration avec le Comité olympique international, une norme d'assurance de qualité spécifique à ce domaine qui traite aussi de traçabilité et d'incertitude de mesure.

### **Métrologie et qualité de la vie**

De nombreux types de mesures sont plus ou moins étroitement liés à ce que le public qualifie de « qualité de la vie ». Cela comprend des mesures de bruit (par exemple bruit du voisinage, trafic automobile et aéroportuaire), de poussière (à l'extérieur et à l'intérieur), de vibration et même de grandeurs subjectives telles que le goût, l'odeur et l'apparence (par exemple la brillance d'une peinture est un paramètre bien connu et critique pour la fabrication du papier et des voitures). Le consommateur s'attend à ce qu'il y ait des mesures et des spécifications fiables et comparables.

### **Métrologie et contrôle de la pollution dans l'environnement**

La dégradation de l'environnement par les effets nuisibles des activités humaines et industrielles, que ce soit dans les sols, dans l'eau ou dans l'air, doit être mesurée avec exactitude. Il ne s'agit pas seulement de fournir des valeurs fiables pour vérifier la conformité par rapport à des normes et pour la prise de décision en matière de mesures de protection, mais aussi pour des applications nouvelles, par exemple quand des arrangements officiels au sujet de droits d'émission de gaz polluants entreront en vigueur. Les coûts de la mise en œuvre d'un environnement propre ou ceux liés à la procédure de nettoyage sont considérables. Des mesures incorrectes conduisent à de mauvaises décisions et peuvent coûter au producteur ou à la société des sommes d'argent considérables. Des réseaux de mesure de la pollution nationale ont été établis dans de nombreux pays et sont en cours d'installation dans d'autres. Des règlements (Directives) (7) nationaux (par exemple aux États-Unis) ou régionaux (dans l'Union européenne) relatifs aux gaz d'échappement des automobiles ou à plusieurs autres polluants ont été approuvés. Les implications internationales de la formulation et la mise en

pratique de ces règlements sont importantes car les problèmes d'environnement ne sont pas confinés aux frontières nationales.

### **Métrologie et contrôle des changements climatiques**

Pour contrôler les changements climatiques et fournir des résultats fiables pour modéliser le climat, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a mis en place le « Programme de la veille de l'atmosphère globale » (Global Atmospheric Watch programme, GAW). Des points de mesure sont implantés dans le monde entier pour contrôler différents paramètres tels que hauteur des vagues, température, gaz à effet de serre, ozone etc. pendant de très longues périodes. Ces mesures ne peuvent être utiles que si elles sont ancrées sur des étalons de mesure stables à très long terme, internationalement approuvés et reconnus, c'est-à-dire des étalons liés aux constantes universelles de la physique. Ces étalons doivent être régulièrement étalonnés et faire l'objet de comparaisons internationales, non seulement dans le domaine des mesures physiques mais aussi chimiques, et des liens étroits doivent être établis avec les laboratoires nationaux de métrologie pour qu'ils fournissent des étalons conformes au SI.

### **Métrologie en biotechnologie et en biologie**

Il existe des besoins nouveaux et urgents de mesures normalisées des produits alimentaires génétiquement modifiés. D'importants marchés à l'exportation dépendent de l'acceptation par le public des résultats de mesures de présence ou d'absence de produits génétiquement modifiés dans l'alimentation. Les méthodes de mesure actuelles manquent de rigueur et ne sont pas bien adaptées ou comprises. La technologie de l'ADN et de l'ARN est un autre domaine de la biotechnologie moderne pour lequel il convient de mettre en place une infrastructure métrologique. Dans tous ces domaines, il est essentiel que l'équivalence internationale et la fiabilité des mesures soient vite réalisées pour répondre aux attentes croissantes du public.

## **2.2 Nouvelles approches dans le domaine de la métrologie**

Les propriétés qu'il n'est pas encore possible d'exprimer en unités SI, par exemple le goût, l'odeur, l'activité biologique, les propriétés dans le domaine de la protéomique, ainsi que les grandeurs telles que la dureté, le pH etc. doivent être prises en compte. Il est vraisemblable que dans plusieurs autres domaines, en particulier celui de la nutrition, il sera nécessaire de se mettre d'accord au niveau international sur des unités empiriques. Le CIPM, lors de sa session d'octobre 2001, a accepté le principe d'examiner ces questions avec ses Comités consultatifs, si le commerce, l'industrie, les agences de réglementation et la société en éprouvent le besoin, bien que ces grandeurs ne soient pas à présent directement liées au SI. Avec les progrès de la connaissance, il deviendra possible d'étendre les mesures objectives liées au SI à ces domaines, mais dans bien des cas, ce n'est pas encore imminent.

Les nombreuses, et toujours accrues, applications dans le domaine de l'informatique ont un grand impact dans le domaine de la métrologie et sur la manière dont les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM travailleront à l'avenir (8). Les progrès de l'informatique influenceront certainement les relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires de mesure et d'étalonnage, qui sont leurs clients. Les applications informatiques permettront d'accélérer la formation dans les laboratoires nationaux de métrologie nouveaux ou en développement, et faciliteront le transfert de connaissance entre les laboratoires nationaux de métrologie proprement dits, et entre ces laboratoires nationaux et leurs clients.

Les applications informatiques permettront aussi de faciliter le contrôle à distance des comparaisons et des étalonnages sur place. Lorsque c'est possible, cela permet de réduire les frais de transport et le temps consacré aux comparaisons et aux étalonnages, les délais d'attente, et d'éviter la duplication des investissements et de la logistique.

Pour vérifier la fiabilité des logiciels utilisés en métrologie, des procédures de vérification toujours plus efficaces devront être mises au point.

Les nouveaux lasers à impulsions femtosecondes réduisent considérablement les chaînes de mesure complexes qui relient les étalons optiques et micro-ondes (longueur et temps), ce qui économise l'espace dans les laboratoires, le coût et la durée des mesures, tout en offrant une exactitude plus élevée pour les mesures de fréquence optique.

Les nouveaux matériaux et techniques de production permettent de miniaturiser les équipements de mesure, appelés « laboratoires sur puce », ou les micro-systèmes d'analyse totale, rendant possible de mesurer très rapidement de petites quantités avec une incertitude plus faible, ouvrant la voie à l'utilisation de mesures innovantes et à la découverte de nouveaux phénomènes.

Les nanotechnologies se développeront encore plus grâce aux applications en microbiologie et en biotechnologie.

À présent, de nombreux laboratoires de mesure et d'étalonnage possèdent des points fixes pour l'échelle de température et des étalons primaires quantiques, comme les horloges atomiques, les lasers asservis, des étalons de tension ou des étalons de résistance électrique quantiques, ainsi que des méthodes primaires de mesure en chimie. Il est fondamental que ces équipements et techniques soient vérifiés pour s'assurer que les équipements, la technologie et la méthode employée sont correctement appliqués. Il est pour cela nécessaire d'effectuer des comparaisons entre laboratoires, et ces comparaisons doivent être organisées par les laboratoires nationaux de métrologie.

Certaines de ces mises en œuvre ont un coût assez élevé et font appel à la science et aux techniques de pointe, et il serait avisé d'organiser des partenariats avec d'autres organismes et les utilisateurs. Ces partenariats peuvent non seulement être organisés entre des laboratoires nationaux de métrologie, ou entre les laboratoires nationaux et le BIPM, mais aussi avec des universités et l'industrie.

### 2.3 Besoins des pays en voie de développement dans le domaine de la métrologie

Nous savons que certains pays en voie de développement n'ont pas d'infrastructure métrologique légale, mais un grand nombre d'entre eux possèdent une organisation nationale pour la métrologie, qui effectue principalement un travail de vérification légale pour le commerce domestique de détail. La plupart de ces organisations manquent d'équipements appropriés (nationaux) pour l'étalonnage et la vérification des étalons de mesure. Ils ont aussi un besoin pressant de formation en métrologie et d'expérience pratique.

La traçabilité des étalons nationaux de mesure bien établie et reconnue au niveau international fait souvent défaut, de même que la participation régulière aux comparaisons internationales, ce qui entraîne de sérieux handicaps pour le commerce.

Pour illustrer les conséquences d'une infrastructure déficiente dans les domaines de la métrologie, des essais et du contrôle de qualité, en 1999 des pays comme la Tanzanie, l'Ouganda et le Kenya au bord du lac Victoria se sont vus interdire par l'Union européenne l'exportation de poisson en raison d'une suspicion de niveaux élevés de contamination du lac (9, 10). Cette interdiction a affecté 150 000 travailleurs qui ont perdu leur emploi, parce que la plupart des usines de traitement du poisson étaient fermées ou travaillaient bien en-dessous de leur capacité. Vers la même époque, les revenus à l'exportation de la perche du Nil, qui excédaient 200 millions de dollars U.S. par an, ont chuté de 50 %. En raison d'une action rapide de formation et d'établissement de laboratoires d'essai crédibles et traçables, l'interdiction des exportations a été levée et l'exportation de la perche du Nil a repris vers la fin de l'an 2000 vers l'Union européenne, puis vers d'autres pays en dehors de l'Union européenne, comme les États-Unis. Néanmoins, le résultat aura été une perte considérable de revenus.

Pour élargir et renforcer les possibilités à l'exportation de produits en provenance des pays en voie de développement et leur permettre de mesurer et de vérifier les produits qu'ils importent, il est crucial d'établir la confiance dans les mesures et les résultats des essais effectués dans ces pays. Indépendamment du niveau d'exactitude atteint par les laboratoires nationaux de métrologie des pays en voie de développement, il est fondamental que les possibilités existantes en matière de mesures et d'étalonnages deviennent visibles dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et soient reconnues au niveau international.

Nous encourageons pour cela les pays en voie de développement à acquérir au moins le statut d'États ou d'entités économiques associés à la Conférence générale, avant de devenir peut-être plus tard États membres de la Convention du Mètre. C'est le seul moyen d'accéder à la reconnaissance de leurs mesures et essais des produits et services, et donc au commerce international.

Il faut remarquer qu'il n'est pas nécessaire que chaque pays ait son propre laboratoire national de métrologie entièrement équipé ; la coopération internationale avec les pays voisins pourrait bien les aider à partager les coûts

des équipements pour les étalons de mesure, et éviter ainsi les duplications inutiles.

Les organisations régionales de métrologie ont un rôle important à jouer pour étayer et coordonner les activités métrologiques des pays et entités économiques en voie de développement et les encourager à devenir associés de la Conférence générale. Les États ou entités économiques associés sont autorisés à participer aux comparaisons clés des organisations régionales de métrologie dont les résultats sont publiés dans l'annexe B de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. De plus, les possibilités d'un laboratoire national de métrologie d'un État ou d'une entité économique associé peuvent être publiées dans l'annexe C. Ainsi la fiabilité et la reconnaissance internationale du système de mesure des États ou entités économiques associés deviennent visibles pour tous. De plus, un associé aura accès à toutes les informations concernant la métrologie, le savoir-faire, le transfert de technologie etc.

De nombreux laboratoires nationaux de métrologie des pays industrialisés aident les pays en voie de développement et ceux en transition à établir une infrastructure métrologique nationale reconnue au niveau international.

Pour aider à coordonner les activités dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation destinées aux pays en voie de développement, le CIPM collabore avec l'ILAC, l'OIML, l'ISO DEVCO (le comité de l'ISO pour les questions relatives aux pays en voie de développement) et l'ISO CASCO (le comité de l'ISO pour l'évaluation de la conformité), la CEI, l'International Accreditation Forum (IAF), l'UIT et l'UNIDO. Une approche commune des organisations internationales mentionnées ci-dessus sera utile aux pays et entités économiques en voie de développement pour les conseiller sur des programmes efficaces, cohérents et adaptés, afin d'étayer l'établissement d'une infrastructure nationale appropriée pour la métrologie, l'accréditation et la normalisation. Une première réunion a eu lieu en avril 2002, à laquelle ont aussi participé des représentants des organisations régionales de métrologie. Lors d'une autre réunion en septembre 2002, les organisations mentionnées ci-dessus ont approuvé la création 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), dont le but est de constituer un forum en soutien à l'aide aux pays et entités économiques en voie de développement et à ceux en transition dans la mise en place de leurs infrastructures métrologiques.

Après l'étape de ratification de la coopération et d'approbation des missions du JCDCMAS, il est prévu d'organiser des réunions avec des organismes bailleurs de fonds tels que la Banque mondiale, les banques de développement régional, les communautés économiques et l'Organisation mondiale du commerce, pour aider ces institutions à mettre en œuvre les bons projets pour les pays en voie de développement. Le JCDCMAS n'interférera pas avec les programmes d'aide directe aux pays en voie de développement et ceux en transition élaborés par les gouvernements des États membres de la Convention du Mètre.

Le BIPM, avec l'IMEKO et l'OIML, et avec le soutien financier de l'UNIDO, organisera des séminaires destinés aux pays en voie de développement. De plus, le BIPM organisera des écoles d'été pour les jeunes métrologistes des laboratoires nationaux de métrologie.

Hormis la coordination des activités au niveau mondial, les organisations régionales de métrologie ont la tâche spécifique d'apporter de l'aide aux laboratoires nationaux de métrologie des pays en voie de développement dans leur propre région.

#### **2.4 Les obstacles techniques au commerce et les mesures sanitaires et phytosanitaires**

Parmi les obstacles techniques au commerce mentionnés ci-dessus figure le manque de reconnaissance mutuelle des mesures et résultats d'essais. Cela entraîne une duplication des mesures et des essais dans les pays à l'exportation et à l'importation, et donc une augmentation correspondante des coûts et une perte de temps, alliées au risque de conflit sur les résultats.

Les marchés intérieurs régionaux comme l'APEC, l'Union européenne, MERCOSUR, NAFTA et SADC ne peuvent travailler efficacement que lorsque les obstacles techniques au commerce sont levés. La reconnaissance mutuelle des mesures et des résultats d'essais n'est pas, cependant, une chose qui peut être mise en place par décret. Il faut au préalable établir une infrastructure fiable qui assure la confiance mutuelle dans les mesures et qui soit vérifiable. Cela prend du temps. C'est la raison pour laquelle l'Union européenne consacre beaucoup d'attention et investit d'importantes sommes d'argent pour le développement de l'infrastructure métrologique nationale des nouveaux pays candidats à l'entrée dans l'Union européenne.

La mise en place d'accords commerciaux sous l'égide de l'Organisation mondiale du commerce demande l'existence d'un système reconnu au niveau international pour l'équivalence et la traçabilité des mesures (11). Les accords internationaux d'accréditation sont des outils pour établir la confiance dans la compétence des laboratoires de mesures et d'essais. Ils sont fondés sur la reconnaissance de la fiabilité, de la traçabilité et de l'équivalence des résultats de mesures et d'essais. Cela repose sur l'existence d'un réseau international de laboratoires nationaux de métrologie, reconnu par les organismes de réglementation et législatifs, dans lesquels les partenaires commerciaux puissent avoir confiance, et auxquels tous les laboratoires de mesure industriels et autres, d'étalonnage et d'essais puissent faire référence.

L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM a été établi dans ce but (2). La nécessité d'un système de mesure approuvé au niveau international et fiable est maintenant comprise par les gouvernements, par les autorités dans le domaine du commerce et par les organismes de réglementation. L'Arrangement est maintenant reconnu et cité comme fournissant l'infrastructure métrologique pour les accords commerciaux, par exemple ceux signés entre l'Union européenne et les États-Unis. Cela se reflète aussi indirectement dans les accords sur l'accréditation mentionnés dans les accords

commerciaux signés, par exemple, entre l'Australie, la Nouvelle-Zélande, la Suisse et l'Union européenne. La nécessité pour les pays et les entités économiques des pays en voie de développement de faire partie de ce système est évidente.

Les mesures sanitaires et phytosanitaires font aussi partie des obstacles techniques au commerce de nature non tarifaires. Elles concernent différents aspects de la qualité de la vie, comme la protection des plantes, l'alimentation (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO), la sécurité biologique (organismes génétiquement modifiés) et des aspects liés à la santé (OMS). Une bonne mise en pratique de mesures sanitaires et phytosanitaires fait appel à des mesures fiables, comparables et dont la traçabilité est reconnue au niveau international.

### **3 Extension de la coopération internationale et nouveaux réseaux**

#### **3.1 La coopération internationale en matière de recherche et développement, de possibilités en matière de mesures et de transfert de savoir-faire**

Il appartient aux laboratoires nationaux de métrologie d'assurer les services d'étalonnage et de comparaison nécessaires dans leur pays. De plus, pour étayer ces services, les laboratoires nationaux de métrologie doivent mettre au point et conserver des étalons nationaux de mesure et des équipements de mesure au niveau d'exactitude requis pour l'économie et la société du pays concerné.

Pour des raisons financières, il est presque impossible et certainement pas nécessaire que chaque pays réalise et conserve des étalons primaires de mesure pour chaque grandeur. Il est certain que pour les petits pays ou pour les pays et entités économiques en voie de développement, la nécessité d'une coopération internationale et du partage des équipements ainsi que la division du travail sont à considérer sérieusement. La coopération internationale réduira la duplication inutile et coûteuse des activités et rendra possible la réalisation d'activités supplémentaires, permettant de rendre des services plus étendus aux utilisateurs. D'un autre côté, pour éviter de fausses solutions et des erreurs, c'est un principe de bonne pratique métrologique et scientifique que la mise au point de nouveaux étalons de mesure et des moyens techniques connexes soient effectués dans au moins trois laboratoires dans le monde, de préférence en appliquant différents principes de mesure.

La coopération internationale dans le domaine de la recherche et du développement aura pour conséquence la mise au point efficace et au moment opportun de nouveaux étalons de mesure et de possibilités d'étalonnages et de comparaisons améliorés. Un transfert systématique et organisé de savoir-faire doit garantir que les connaissances acquises pendant le processus de développement sont partagées par les pays qui y participent. Cela fait appel à

une structure ouverte pour laquelle, en général, une approche purement commerciale ne convient pas.

Pour garantir la continuité nécessaire et la propriété commune réelle des améliorations et des équipements, il faut absolument que ces projets communs soient bien formulés et qu'ils soient fondés sur une relation contractuelle, avec l'assurance de jouer un rôle dans le domaine économique, qu'ils soient accessibles aux clients, qu'ils respectent les délais, que les questions du financement, du personnel, de la propriété et des droits relatifs aux brevets soient pris en compte.

Des problèmes éventuels relatifs à la langue, au transport, aux formalités douanières, à la taxe à la valeur ajoutée (TVA) et aux autres obligations légales doivent aussi être pris en compte.

Le BIPM est de plus amené à jouer un rôle de coordination à la demande des laboratoires nationaux de métrologie.

### **3.2 Réseaux internationaux, comités communs**

La métrologie étant un outil de base pour presque toutes les formes de commerce, d'industrie et de besoins de la société, il est nécessaire de maintenir une bonne coopération avec les partenaires actifs qui ont des responsabilités dans ces différents domaines.

Les réseaux internationaux, auxquels le BIPM participe, comprennent un grand nombre d'organisations internationales, comme la CEI, la CIE, l'ICRU, l'IFCC, l'IMEKO, l'ISO, l'OIML, l'UAI, l'UIT, l'UGGI, l'UICPA et l'UIPPA, et une coopération plus ou moins intense existe avec plusieurs autres organisations scientifiques. Dans la plupart des cas, la coopération entre ces organisations est fondée sur une relation pragmatique avec les Comités consultatifs du CIPM et avec d'autres groupes de travail bilatéraux ou multilatéraux, comme le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM).

La coopération entre le BIPM et l'ISO a récemment été classée en catégorie A pour le comité ISO CASCO, et les liens avec l'ISO REMCO ont été intensifiés.

Le fait de mettre de plus en plus l'accent sur la suppression des obstacles au commerce de nature non tarifaire implique un accord international très transparent sur la reconnaissance de la traçabilité et de l'équivalence, ainsi que la reconnaissance et l'acceptation des certificats d'étalonnage et des rapports de mesures publiés par les laboratoires nationaux de métrologie ; c'est une autre justification de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Dans ce contexte, l'Arrangement du CIPM aura atteint son but s'il répond aux besoins des autres parties impliquées dans le commerce international, comme les partenaires commerciaux, l'industrie, les organismes de réglementation, l'OMC et les organismes d'accréditation dépendant de l'ILAC. C'est pourquoi le CIPM a demandé le statut d'observateur officiel aux réunions du Comité sur les obstacles techniques au commerce de nature non tarifaire de l'OMC.

En 2001, le CIPM a signé un protocole d'accord avec l'ILAC.

La coopération avec l'ILAC inclut l'harmonisation mutuelle des arrangements de l'ILAC et du CIPM. Ces deux arrangements sont tout à fait complémentaires, parce que l'Arrangement du CIPM établit l'équivalence internationale et la reconnaissance des étalons nationaux de mesure des États et entités économiques, et étayent toutes les mesures et essais effectués dans le pays ou l'entité économique en question, alors que l'Arrangement de l'ILAC établit la reconnaissance internationale pour l'accréditation des laboratoires d'étalonnages et d'essais et des organismes d'inspection. De plus, le protocole d'accord stimule une consultation sur la politique et les documents de directives en matière de traçabilité, de matériaux de référence certifiés et d'autres questions relatives aux mesures, à l'échange de listes d'experts ou de membres des laboratoires nationaux de métrologie impliqués dans l'accréditation des laboratoires nationaux de métrologie et la coopération de l'aide au développement.

Les rapides progrès de la métrologie en chimie et le besoin urgent de mettre en œuvre avec fiabilité l'équivalence et la traçabilité dans les mesures liées à l'environnement, les mesures cliniques ou de médecine de laboratoire en général, les essais dans le domaine de la nutrition (humaine et animale), les aspects légaux et les contrôles antidopage, ont conduit à la création d'une série de réseaux parmi lesquels figurent l'IFCC, l'OMM et l'OMS, des contacts étant établis avec la Commission du Codex Alimentarius et l'Agence mondiale antidopage. Dans ce contexte, nous avons déjà mentionné au chapitre 2.1 la création du JCTLM.

Un protocole d'accord a été signé avec l'OMS, au sujet de la coopération sur les aspects métrologiques en chimie clinique et en médecine de laboratoire.

Une coopération officielle de type analogue est encouragée dans les secteurs mentionnés ci-dessus.

Entretemps, un protocole d'accord a aussi été signé entre le CIPM et l'OMM, au sujet de l'établissement de la traçabilité et de l'équivalence, dans le cadre du programme de la surveillance de l'atmosphère globale.

Il est fondamental que les relations établies avec succès au niveau international le soient aussi par les laboratoires nationaux de métrologie au niveau national et, au niveau régional, par l'intermédiaire des organisations régionales de métrologie.

### **3.3 L'accréditation et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)**

Les laboratoires nationaux de métrologie forment avec les autres laboratoires de métrologie légale, les laboratoires d'étalonnage accrédités de l'industrie, des universités et autres laboratoires, l'infrastructure métrologique nationale chargée de répondre aux besoins d'un pays en instruments étalonnés fiables et, en principe, reconnus au niveau international. La norme ISO/CEI 17025 (12) est l'outil adéquat pour donner confiance dans les possibilités et les compétences des laboratoires accrédités.

Cette norme de compétence technique demande une traçabilité reconnue au niveau international en matière de mesures et d'essais et de déclarations d'incertitudes de mesure. Pour les étalons de certains domaines de compétence spécifiques, qui dans la plupart des cas sont régis par la norme ISO/CEI 17025, il est maintenant indispensable d'effectuer des déclarations d'incertitude de mesure et d'établir la traçabilité. La norme ISO 15189 pour les laboratoires médicaux en fournit un exemple (5).

Pour apporter la preuve de la traçabilité internationale, un système métrologique transparent et reconnu internationalement est nécessaire, et l'Arrangement du CIPM remplit ce rôle.

Il faut noter ici que la norme ISO/CEI 9001 : 2000 (13) demande aussi, le cas échéant, la traçabilité des mesures et des résultats d'essai.

Comme indiqué précédemment, pour plusieurs raisons, la métrologie et l'accréditation sont étroitement liées et il est clair qu'une étroite collaboration avec l'ILAC est nécessaire.

En novembre 2001, le CIPM et l'ILAC ont signé un protocole d'accord décrivant ce besoin fondamental de coopération. D'après ce protocole d'accord un plan d'action plus détaillé a été approuvé, comprenant :

- la promotion mutuelle des arrangements de reconnaissance mutuelle du BIPM et de l'ILAC ;
- la référence mutuelle au CIPM et à l'ILAC dans leurs arrangements de reconnaissance mutuelle ;
- l'échange d'informations et la coopération en temps utile pour formuler les demandes concernant la traçabilité reconnue au niveau international, les incertitudes de mesure, les étalons de mesure et les matériaux de référence certifiés, les méthodes de validation, les comparaisons et l'accréditation des laboratoires d'étalonnage ;
- une coopération jointe pour aider les pays et les entités économiques en voie de développement ;
- des activités éducatives communes destinées aux laboratoires et autres (comme par exemple des ateliers sur la traçabilité) ;
- l'assistance mutuelle pour l'évaluation des laboratoires nationaux de métrologie et la mise au point en commun de techniques efficaces pour cette évaluation ;
- l'attribution réciproque du statut d'observateur dans les Comités consultatifs et les groupes de travail ;
- l'assistance réciproque aux assemblées générales de l'autre organisation.

Il y a donc besoin au niveau national d'une coopération étroite entre l'organisme national d'accréditation et le laboratoire national de métrologie. Un moyen de réaliser cette coopération est, par exemple, que des représentants des organisations siègent au conseil ou au bureau de l'autre organisation.

Au niveau régional, une coopération étroite entre les organisations régionales de métrologie et les organisations régionales d'accréditation doit être encouragée.

### 3.4 L'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et la normalisation (ISO/CEI)

#### L'OIML et la métrologie légale

La métrologie légale, au sens large et général, embrasse toute la législation relative aux fondements des mesures (unités et étalons nationaux de mesure), la formulation des limites maximales d'erreurs autorisées et les autres propriétés requises des équipements de mesure relevant de l'acte régissant les vérifications légales, les vérifications périodiques et les contrôles, ainsi que les méthodes d'essai des équipements.

La réalisation et la conservation des étalons de mesure nationaux nécessite des métrologistes experts et des laboratoires spécialisés qui ont une orientation plus scientifique que les organismes de vérification et de surveillance en métrologie légale. Dans de nombreux pays, ces services font partie d'une organisation plus large, et sont localisés dans des départements de métrologie séparés pour les étalons de mesure, ou relèvent d'un ou plusieurs laboratoires distincts, faisant office de laboratoire national de métrologie. Dans d'autres pays, le laboratoire national de métrologie fait partie de l'organisation de métrologie légale, responsable des vérifications légales.

Dans les pays en voie de développement, il n'y a souvent pas encore de distinction nette entre les étalons nationaux de mesure et les essais en métrologie légale. Il est fondamental que les responsabilités et activités d'un laboratoire national de métrologie et de l'organisation de métrologie légale soient bien coordonnées.

Le BIPM et l'OIML coordonnent ces activités qui sont importantes pour les deux organisations. Cela comprend la mise au point d'un modèle de loi pour la métrologie, de séminaires pour les pays en voie de développement et les questions de traçabilité. Le renforcement de la coopération entre les deux organisations doit être encouragé chaque fois que c'est nécessaire.

#### Normalisation (ISO/CEI)

La qualité étant étroitement liée à des mesures justes, adaptées et fiables, une collaboration étroite entre le BIPM, l'ISO, la CEI et l'UIT est nécessaire.

Comme mentionné au chapitre 3.2, le BIPM est un organisme de liaison de type A de l'ISO CASCO. Le BIPM peut ainsi être directement impliqué dans la rédaction des normes de l'ISO sur l'assurance de qualité.

Une collaboration plus étroite a récemment été établie avec l'ISO REMCO au sujet des matériaux de référence certifiés.

La coopération actuelle pour le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (le VIM) et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (le GUM) existe depuis longtemps et est durable ; le BIPM participe aussi maintenant à l'ISO TAG 4 (le comité technique de l'ISO sur la métrologie).

Nous prévoyons et faisons tout pour que la coopération augmente et ne soit pas limitée aux domaines mentionnés précédemment, mais qu'elle soit

étendue à toutes les normes mentionnant la traçabilité et les étalons de mesure, y compris les matériaux de référence certifiés, et en particulier les mesures en médecine de laboratoire et les essais dans les domaines de la nutrition et de l'environnement.

Il est hautement souhaitable que le type de collaboration existant entre le BIPM et l'ISO/CEI soit aussi établi, si nécessaire, au niveau régional entre les organisations régionales de métrologie et les organisations régionales de normalisation et bien sûr, *mutatis mutandis*, aussi au niveau national entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux de normalisation.

Il faut noter ici que la normalisation n'est pas limitée aux organisations mentionnées ci-dessus, mais peut aussi inclure des organisations chargées de la rédaction de normes telles que la Commission du Codex Alimentarius, l'OMS et AOAC International et parfois, dans des cas spécifiques, d'autres organisations nationales ou régionales de normalisation, dans le secteur de la santé par exemple.

## 4 Impact économique et social

Les gouvernements étant responsables de la définition des unités légales (le Système international d'unités), ainsi que de la définition, de la réalisation et de la dissémination des étalons nationaux de mesure, la question de l'impact économique et social de ces activités se pose à juste titre. Malheureusement, il n'est pas facile d'exprimer l'impact économique et social de la métrologie de façon claire et avec des chiffres universellement applicables et directement utilisables par les autorités afin de justifier les investissements nécessaires dans le domaine de la métrologie.

Le système national de mesure est considéré comme relevant de l'infrastructure nationale, au service de nombreux aspects cruciaux de la société. Ainsi, il est très difficile par définition de déterminer et de quantifier les bénéfices économiques et sociaux des programmes métrologiques. Un certain nombre d'études ont cependant été effectuées pour essayer de quantifier ces bénéfices.

### 4.1 Objectifs des études passées

Les programmes nationaux pour la métrologie étant généralement financés sur des fonds publics, il est compréhensible qu'il faille apporter la preuve de la valeur ajoutée de ces programmes (financés par les gouvernements) pour l'économie et le bien public. De plus, il faut que les autorités aient en retour des éléments leur permettant d'évaluer leur efficacité, afin de justifier de la poursuite de leurs activités ou d'assigner de nouvelles priorités à des projets nouveaux ou modifiés. Malheureusement, peu d'études ont été réalisées qui permettent d'effectuer une analyse quantitative. À notre connaissance, les quatre études les plus importantes sont celles commandées par la

Communauté européenne (Union européenne), la DTI (Royaume-Uni), le NIST (États-Unis) et le NRC (Canada). Ces études sont fondées sur différentes approches économiques.

Le NIST (États-Unis) a effectué plusieurs études sur l'impact économique de ses activités dans plusieurs domaines spécifiques et continue à le faire. La plupart de ces études sont rétrospectives et elles sont fondées sur la comparaison des coûts de fabrication d'un étalon de mesure ou matériau de référence certifié particulier et sur les économies estimées pour un groupe d'utilisateurs prédéfini. D'après ce modèle il est, en principe, possible d'estimer les économies réalisées à l'échelle nationale, même si le NIST n'a pas toujours effectué une telle extrapolation. Il a toutefois établi quelques repères. Les études effectuées par le NIST permettent aussi de calculer au cas par cas des effets de levier.

La DTI (Royaume-Uni) a une approche fondée sur des considérations macroéconomiques pour obtenir des chiffres globaux. De plus, des études tests ont été menées pour comparer les possibilités de mesure et d'étalonnage du NPL (Royaume-Uni) avec celles des autres laboratoires nationaux de métrologie.

L'étude effectuée au Canada pour le NRC est fondée sur une combinaison de plusieurs études de cas, d'entretiens et d'analyses statistiques. Les résultats des études de cas ont été extrapolés pour donner une indication à l'échelle nationale.

L'étude de l'Union européenne est fondée sur les résultats de six études de cas et sur les informations collectées auprès des Communautés européennes, des laboratoires nationaux de métrologie et de l'industrie des États membres de l'Union européenne, ainsi que sur des estimations économétriques.

Ces quatre études avaient pour but de fournir des arguments quantitatifs pour continuer à obtenir des fonds des gouvernements et établir des arguments clairs pour convaincre les décideurs de la valeur de la métrologie, non seulement sur le plan économique mais aussi du point de vue éthique (équité, sécurité etc.). Les études ont été menées par ou avec l'aide d'économistes des milieux universitaires ou de sociétés de conseil privées.

## 4.2 Conclusions des études passées et récentes

La mesure et les activités liées à la mesure sont estimées représenter entre 3 % et 6 % du produit intérieur brut (PIB) des pays industrialisés. D'autres études montrent que dans les pays développés environ 15 % du PIB sont consacrés à des activités liées à la mesure. Les analyses effectuées ces dernières années montrent que les investissements par les gouvernements des pays développés industrialisés varient entre  $20 \times 10^{-6}$  et  $70 \times 10^{-6}$  du PIB d'un pays (14).

En général, on peut observer que les pays qui investissent au moins  $60 \times 10^{-6}$  du PIB pour la métrologie progressent plus que ceux qui n'investissent que  $15 \times 10^{-6}$  de leur PIB. En particulier, ceci est démontré par l'existence et la mise au point de mesures fiables et exactes pour étayer des projets dans les domaines des produits manufacturés de haute technologie, de la production

alimentaire et de la sécurité, des produits pharmaceutiques et des mesures cliniques. Les États-Unis, Singapour et la République de Corée en fournissent des exemples. Dans certains pays et entités économiques de la région Asie-Pacifique qui se développent rapidement les dépenses peuvent atteindre  $100 \times 10^{-6}$  du PIB. Cela signifie qu'en moyenne il existe des effets de levier d'environ 1000 à 2000 entre les investissements gouvernementaux et la production industrielle d'un pays liée aux mesures. Bien qu'il ne soit pas facilement et directement quantifiable, l'impact social de la métrologie dans des domaines tels que le changement climatique et la qualité de la vie ne doit pas être négligé.

Les études effectuées par le NIST calculent le retour sur investissement et la rentabilité pour la nation, dénommée rentabilité pour la société (15, 16, 17, 18, 19, 20). Le retour sur investissement donne des indications sur les investissements que l'industrie devrait faire si le NIST ne faisait pas ce qu'il fait. La rentabilité pour la société est calculée sur une certaine durée en prenant en compte les investissements effectués par le NIST et les bénéfices qu'en retirent un certain nombre d'entreprises. Les économies réalisées par l'industrie comprennent des coûts de transactions moindres, des coûts inférieurs de mise en conformité avec les règlements, une économie d'énergie, une meilleure efficacité des activités de recherche et développement, une meilleure qualité des produits et la capacité de toucher de nouveaux marchés.

Voici quelques chiffres représentatifs :

Industrie	Projet	Rentabilité pour la société	Retour sur investissement
semiconducteurs	résistivité	181 %	37
	conductivité thermique	63 %	5
communications photonique	interférence électromagnétique	266 %	
	fibres optiques	423 %	
	éclairage énergétique spectral	145 %	13
	étalonnage pour la détection optique	72 %	3
	étalonnage de puissance de laser	43 %	3
	et de fibre optique	à 136 %	à 11
énergie	étalonnage de compteur électrique	117 %	12
électronique	étalon de tension à effet Josephson	87 %	5
matériaux	étalonnage de thermocouple	32 %	3
produits pharmaceutiques	cholestérol	154 %	4,5
produits chimiques	soufre dans des combustibles fossiles	1056 %	113

Récemment le NIST a cité (21) les études effectuées par Mayo Clinic aux États-Unis sur les effets des mesures biaisées dans la prise de décision en médecine. En utilisant les résultats des mesures de cholestérol effectuées sur 20 000 patients, un modèle statistique a été mis au point qui montre qu'une erreur positive de 3 % produit un taux de 5 % de diagnostics positifs erronés, ayant pour conséquence de nouveaux examens ou une intervention médicale inutiles. Inversement, une erreur négative de 3 % produit un taux de presque

5 % de diagnostics négatifs erronés, ayant pour conséquence de retarder le traitement ou de ne pas le prescrire du tout. Ainsi des erreurs apparemment minimes produisent soit des dépenses inutiles et en pure perte, une souffrance qui pourrait être évitée, voire des conséquences plus tragiques. Le coût des erreurs de diagnostic pour les nombreux patients qui ont besoin d'un traitement mais qui, sur la base de résultats d'examen erronés, ne sont pas traités, est difficile à quantifier. Il pourrait cependant être supérieur aux coûts induits par des traitements inutiles résultant d'erreurs de mesures. D'autres études effectuées par le NIST montrent que le test de troponine-I cardiaque est un marqueur de diagnostic très spécifique de la crise cardiaque. Cependant, en raison d'un manque de traçabilité et d'équivalence des méthodes cliniques en médecine, un pourcentage encore trop élevé de patients sont victimes d'une erreur de diagnostic.

Lors d'un témoignage récent devant un comité du Sénat américain (22), une étude de 1999 de l'Institut de médecine de l'Académie des sciences avait été citée. Selon celle-ci, bien que les erreurs médicales ne soient pas dues pour la plupart à des mesures inexactes, une amélioration de l'exactitude des mesures permettrait de sauver des vies, d'économiser beaucoup de temps et d'argent, et d'améliorer la qualité de la vie.

En 2001 on estimait que les dépenses de santé aux États-Unis devraient excéder 1300 milliards de dollars par an, soit environ 14 % du PIB américain. On estime que 10 % à 15 % de ces dépenses sont liées aux mesures. Le Washington Post et le Medical Laboratory Observer ont rapporté que 25 % à 30 % des mesures liées à la santé sont effectuées pour des raisons autres que le diagnostic (répétition d'examen, prévention et détection des erreurs). Cela signifie que 10 à 30 milliards de dollars américains pourraient être économisés chaque année.

Le Comité sur la qualité de la santé aux États-Unis a publié en 1999 un rapport selon lequel « Les dollars dépensés pour répéter des examens en vue du diagnostic... sont des dollars dont nous ne disposons pas pour d'autres objectifs ».

Les études effectuées au Royaume-Uni (23, 24) ont été réalisées en se servant de mesures directes fondées sur un modèle économique pré-existant « Mapping Measurement Impact ». D'autres études de cas ont été faites, assorties à des analyses économiques, comme par exemple l'analyse économétrique d'entrée/sortie, les échanges commerciaux et le facteur de productivité globale.

Ces études montrent que la métrologie en général au Royaume-Uni a un impact significatif sur l'économie équivalant à 0,8 % du PIB, soit  $5 \times 10^9$  livres sterling par an en termes de facteur de productivité globale. Il semble que l'effet de levier de cet impact économique sur le budget annuel du NPL, qui est de 38 millions de livres sterling, est exceptionnellement élevé (facteur d'amplification de 130). Le Gouvernement britannique considère les investissements consacrés à l'infrastructure métrologique nationale comme un des meilleurs exemples de rentabilité des investissements gouvernementaux.

L'étude canadienne sur l'impact économique (25) effectuée au nom de l'Institut des étalons nationaux de mesure (IENM) du NRC a examiné certaines fonctions fondamentales de l'IENM comme la conservation des étalons primaires, la recherche et le développement et les services de mesure et d'étalonnage. Par ailleurs, une étude a été faite sur l'impact économique potentiel associé aux quatre domaines stratégiques que sont la nanotechnologie, la biotechnologie, les produits nutraceutiques et les nutriments, et l'énergie.

De plus des études théoriques ont été faites à partir de données sur la certification et l'accréditation. Globalement, l'étude estime que les investissements annuels actuels de 12 millions de dollars canadiens du gouvernement canadien pour l'IENM produisent un retour sur investissement d'environ 13 pour 1.

La direction générale de la recherche de la Commission européenne a commandé une « étude sur le rôle économique des mesures et des essais dans la société moderne » (26). Ce rapport présente quelques conclusions globales et examine six études de cas dans les secteurs suivants : nanotechnologie, industrie automobile, industrie pharmaceutique, secteur des gaz naturels en Europe, industrie des matériels pour le diagnostic in vitro, et contrôle des émissions et de la pollution dans l'environnement. Les études sont fondées sur des données économiques et des entretiens avec des responsables des secteurs industriels concernés.

L'étude montre entre autres que :

- La Commission européenne dépense 83 milliards d'euros par an, soit presque 1 % du PIB de l'Union européenne, pour des activités de mesure (sommes investies dans les laboratoires nationaux de métrologie, dans les laboratoires d'étalonnage accrédités, coût de la certification dans l'industrie, coût des instruments, et dépenses de l'industrie consacrées aux mesures). Si l'on ajoute les dépenses sociales de santé, de la réglementation sur l'environnement, des essais liés à la sécurité, des projets anti-fraude et les activités de mesure au jour le jour, ce chiffre augmente considérablement.
- Par exemple, 13 milliards d'euros par an sont dépensés pour des mesures et des essais dans les services de santé européens et 5 milliards d'euros par an pour la sécurité et les inspections d'émissions de gaz automobiles dans l'Union européenne.
- Les estimations économétriques sur l'impact économique des activités de mesure montrent que ces dépenses génèrent presque 230 milliards d'euros de bénéfices directs estimés, d'après l'impact estimé sur la croissance technologique. C'est équivalent à 2,7 % du PIB de l'Union européenne. En d'autres termes, chaque euro consacré aux activités de mesure fait gagner presque trois euros ; il y a donc un retour sur investissement de trois contre un (sans prendre en compte les bénéfices très importants pour la société en termes de santé, de sécurité et d'environnement).
- La mesure est typique d'un bien public, et n'existerait pas sans les fonds publics.

- La construction d'une infrastructure de mesure européenne est essentielle pour le développement à venir d'un marché unique et pour la poursuite des efforts consacrés à la santé, à la sécurité, à la protection de l'environnement et à la lutte anti-fraude.
- Les programmes de recherche et développement montrent un retour sur investissement compris entre 5 et 111 avec une moyenne de 16, ce qui est comparable aux projets équivalents aux États-Unis.
- Les nanotechnologies sont perçues dans différents pays comme un secteur stratégique pour le commerce. Dans la production des circuits miniatures environ 35 % des coûts sont directement attribuables aux activités de mesure, soit environ 1,5 milliard d'euros par an. Il faut de toute évidence améliorer les mesures ; ceci aura une grande influence sur les innovations et les améliorations dans l'industrie des semiconducteurs et donc sur l'économie et le commerce. Une intense coopération entre les laboratoires nationaux de métrologie, les unités de recherche, les universités et l'industrie est hautement souhaitable. Des investissements publics sont donc nécessaires.
- La métrologie joue un rôle essentiel et intégré dans l'industrie automobile. Le chiffre d'affaires de l'industrie automobile européenne est de 321 milliards d'euros. Des mesures exactes, comparables et traçables pour presque toutes les grandeurs physiques et plusieurs grandeurs chimiques (par exemple les gaz d'échappement) sont nécessaires pour construire des voitures innovantes, sûres, à économies d'énergie, à faible coût d'entretien et non polluantes, ce qui améliore aussi la position des fabricants dans un marché soumis à la compétition globale et internationale.
- Les produits pharmaceutiques représentent environ 12 % des dépenses de santé dans les pays développés. Les dépenses de santé représentent environ 8 % du PIB européen et 14 % du PIB des États-Unis. Les ventes mondiales de produits pharmaceutiques représentaient environ 270 milliards de dollars américains en 1997, soit environ 70 % des ventes globales de produits médicaux. Les mesures et essais de ce secteur sont extrêmement réglementés selon le code de « Good Manufacturing Practices ». L'industrie est favorable à un système différent pour les produits pharmaceutiques. Les formulaires paramétrés font partie intégrante du processus de fabrication aux points critiques de ce processus. L'industrie est intéressée par les études sur les bénéfices d'une coopération plus étroite avec les laboratoires nationaux de métrologie pour améliorer les activités dans les secteurs de l'analyse spectroscopique, des mesures chimiques, des capteurs et des matériaux de référence certifiés commutables etc.
- La consommation de gaz en Europe de l'Ouest en 2000 se situait juste en dessous de 390 milliards de mètres cubes, soit environ un cinquième de la demande énergétique totale. Il est aisé de voir qu'une erreur de mesure de 1 % équivaut à 4 milliards de mètres cubes ayant une valeur commerciale de 800 millions d'euros par an, revendus aux consommateurs au prix de 0,20 euro par mètre cube. Les erreurs de mesure de volume, ainsi que de

température et de pression, peuvent facilement atteindre 4 % à 6 %. L'équivalence internationale des équipements d'étalonnage pour les mesures de hautes pressions, fondée sur la traçabilité réalisée dans les différents pays concernés, montre que les différences peuvent facilement être supérieures à la reproductibilité des appareils de mesure utilisés. La recherche fondamentale effectuée par les laboratoires nationaux de métrologie pour améliorer les techniques et méthodes de mesure est vraiment nécessaire, y compris sur les paramètres tels que le pouvoir calorifique et la teneur énergétique.

- En 1998, le marché mondial des produits pour le diagnostic in vitro était d'environ 20 milliards d'euros. La Directive de l'Union européenne sur le diagnostic in vitro (4) demande d'établir la traçabilité aux étalons de rang hiérarchique supérieur. L'impact économique de la traçabilité présente différents aspects selon que l'on se place du point de vue de l'impact économique sur l'industrie, le commerce ou la société. Bien que les coûts d'établissement de la traçabilité puissent être considérables, on espère que la Directive de l'Union européenne permettra d'obtenir des dispositifs plus fiables, des résultats de mesure meilleurs et comparables, et donc d'élargir le marché pour l'industrie. L'impact économique est considérable pour la société. Des résultats de mesure traçables et comparables servent directement les objectifs primaires en médecine de laboratoire, ils fournissent des informations utiles et fiables pour la prise de décision en médecine. La fiabilité des mesures réduit la nécessité de les répéter. Rien qu'en Allemagne, le coût de la répétition des mesures est d'environ 1,5 milliard d'euros par an.
- En Europe une politique cohérente de contrôle de la pollution industrielle a débouché sur l'introduction de la Directive de prévention et réduction intégrées de la pollution (Integrated Prevention of Pollution Control Directive, IPPC), du Registre européen des émissions de polluants (European Pollutant Emission Register, EPER) et d'autres Directives. Il y a un besoin évident d'améliorer l'équivalence et l'exactitude des mesures. Des techniques et méthodes améliorées sont aussi nécessaires pour mesurer de faibles niveaux de pollution.

Bien que ces études soient très différentes, il semble y avoir un consensus sur les conclusions finales quantitatives et qualitatives.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- Les investissements publics dans les systèmes nationaux de mesure mis en œuvre et conservés par les laboratoires nationaux de métrologie des pays et entités économiques sont clairement justifiés.
- Les laboratoires nationaux de métrologie apportent en retour des bénéfices considérables en termes de compétitivité internationale et d'innovation commerciale, ainsi qu'une aide au secteur de l'industrie des mesures et aux petites et moyennes entreprises.
- Les laboratoires nationaux de métrologie génèrent d'importants bénéfices de nature non-économique, sous forme d'améliorations à de nombreux

aspects liés à la qualité de la vie, comme la santé et la sécurité, l'environnement et la protection du consommateur.

- Les laboratoires nationaux de métrologie ont un impact sur l'économie en maintenant l'infrastructure nationale de mesure, en apportant des aides à l'innovation, en permettant une représentation du pays et une compétition équitable et sûre.
- Il faudra accorder plus d'attention et donc de fonds aux technologies émergentes, comme la métrologie appliquée à la nanotechnologie, aux mesures quantiques, à l'industrie du logiciel, à la chimie et à la biotechnologie ; des financements supplémentaires devraient être accordés pour les étalonnages et comparaisons faites par l'Internet.

Notons que les conclusions de toutes ces études sont bien sûr spécifiques au pays en question et ne sont pas directement transférables ou nécessairement applicables à d'autres pays ou entités économiques. L'approche et les conclusions générales restent néanmoins valables, en les adaptant au niveau de développement et aux activités métrologiques de chaque pays.

Il est clair que tous les pays et entités économiques ne sont pas en position de développer et de conserver des étalons primaires de mesure, et ce n'est peut-être pas nécessaire. Cela signifie que les pays qui ne possèdent pas leurs propres étalons primaires ont besoin que leurs étalons nationaux de référence soient étalonnés par un laboratoire national de métrologie qui possède des étalons primaires et qui soit reconnu au niveau international en participant aux comparaisons clés et à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Il a été mentionné que, lorsque c'est possible, ces pays préfèrent utiliser les services du BIPM, qui sont indépendants des intérêts nationaux éventuels et des priorités établies, et de plus sont gratuits.

Considérant le désir général de ces pays et entités économiques, pour la plupart petits, d'avoir la garantie de la mise au point et de la conservation d'étalons de mesure (inter)nationaux indépendants et impartiaux et un accès illimité de leurs laboratoires nationaux de métrologie à ces étalons, il serait souhaitable et économique que le BIPM développe ou au moins conserve des étalons primaires ou de référence et de transfert ainsi que les laboratoires d'étalonnage connexes. Cela comprend des dispositifs tels que les étalons voyageurs à effet Josephson et à effet Hall quantique, un condensateur calculable et une balance du watt. Il faut remarquer qu'au niveau international le coût principal de la conservation du système de mesure est celui du financement du BIPM, qui représente  $9 \times 10^6$  euros en 2002. La contribution de chaque État membre représente une faible part (généralement moins de 1 %) de ce qu'ils dépensent pour leur propre laboratoire national.

En dehors des investissements en cours pour la mise au point et l'amélioration des étalons de mesure « classiques », il est clair que dans un avenir très proche les principaux investissements nécessaires concerneront des domaines relativement nouveaux de la métrologie tels que la chimie, la biotechnologie et la microbiologie.

D'après les conclusions des études mentionnées ci-dessus, nous pouvons conclure que les investissements gouvernementaux sont très rentables et donc bien justifiés.

### 4.3 L'étude effectuée par la société KPMG pour le BIPM

La société KPMG Consulting a été chargée par le BIPM de mener une étude sur l'impact économique potentiel de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (27). Cette étude est centrée sur deux impacts principaux : les conséquences économiques potentielles pour les laboratoires nationaux de métrologie après la signature de l'Arrangement du CIPM qui coordonne de manière centralisée les activités multilatérales, et les effets potentiels de l'Arrangement sur la réduction des obstacles techniques au commerce de nature non tarifaires.

L'impact économique potentiel de l'Arrangement du CIPM est considéré à la fois du point de vue théorique et empirique. Dans cette étude les aspects de l'Arrangement sont étudiés du point de vue de la théorie de l'économie, comme son rôle dans les bénéfices qui résultent de la reconnaissance mutuelle, des programmes de coopération entre les laboratoires nationaux de métrologie, et les effets secondaires positifs du point de vue de la prospérité pour la nation résultant de la réduction des obstacles techniques au commerce. De plus, un catalogue des approches types pour mesurer empiriquement les bénéfices de la réduction des obstacles techniques au commerce est présenté. L'enquête a été conçue et réalisée afin de mesurer les effets de l'Arrangement sur ses signataires (c'est-à-dire les laboratoires nationaux de métrologie) et sur les activités du secteur public et privé, y compris le commerce et les questions réglementaires. Le but de cette étude empirique est de mesurer – ou d'estimer de façon raisonnable – l'impact de l'Arrangement sur l'activité économique actuelle et son impact prévisible pour l'avenir.

Par extension, la mesure de l'impact de l'Arrangement offre aussi une opportunité d'évaluer le rôle économique joué par le BIPM dans la communauté métrologique internationale. Les méthodes empiriques utilisées dans cette étude (par exemple l'enquête effectuée auprès des laboratoires nationaux de métrologie et les entretiens avec les principales organisations) sont destinées à aider à identifier spécifiquement les bénéfices associés au rôle unique du BIPM dans la métrologie internationale. Cette interprétation étaye donc les raisons et les arguments concernant les implications de l'Arrangement pour le BIPM.

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- D'après les informations recueillies au cours de l'étude effectuée auprès des laboratoires nationaux de métrologie, il est raisonnable de déduire que l'Arrangement du CIPM permet à chaque laboratoire national de métrologie de réaliser des économies théoriques d'environ 75 000 euros pour l'établissement et le suivi de la reconnaissance mutuelle avec un autre laboratoire, par rapport à ce qui était le cas avant la signature de l'Arrangement. En d'autres termes, il aurait été extrêmement coûteux

d'obtenir la même reconnaissance internationale au moyen d'arrangements bilatéraux.

- Les conclusions montrent aussi que les économies théoriques pour l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie sont de l'ordre de  $8,5 \times 10^7$  euros par an compte tenu des coûts et de l'ampleur des activités de comparaisons actuelles. En corolaire, le coût de l'établissement de la reconnaissance mutuelle à l'échelle actuelle serait bien trop élevé s'il n'y avait pas d'Arrangement de reconnaissance mutuelle coordonné par un organisme central.
- Une estimation modérée, en ordre de grandeur, du rôle potentiel de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle pour réduire les obstacles techniques au commerce au niveau international est présentée. Elle montre que l'Arrangement peut conférer d'importants bénéfices aux États signataires. Il est de plus suggéré que les stratégies mises en œuvre pour réaliser ce potentiel soient poursuivies par le BIPM au niveau international et par les laboratoires nationaux de métrologie au niveau national.
- La réalisation à long terme des bénéfices potentiels de l'Arrangement est susceptible de demander au BIPM et aux laboratoires nationaux de métrologie de jouer un rôle actif pour promouvoir l'Arrangement, en particulier envers des organisations ayant la responsabilité de réguler le commerce international (c'est-à-dire les organismes de commerce international et des représentants du commerce intérieur). Ce rôle actif est nécessaire pour promouvoir un équilibre positif entre les coûts et les bénéfices de la participation à l'Arrangement à l'avenir.
- Citons directement le rapport de KPMG : « Il est largement reconnu que le rôle 'promotionnel' joué par le BIPM au niveau international et pour aider les laboratoires nationaux de métrologie dans leur pays, ne peut être fondé que si sa voix est crédible, neutre et internationale. Il est aussi bien reconnu que la crédibilité du BIPM dépend de sa capacité à s'exprimer en qualité d'expert scientifique et qu'il doit maintenir sa crédibilité scientifique à l'avenir pour établir et promouvoir l'Arrangement du CIPM en particulier et les questions métrologiques plus généralement au niveau international. »
- Les chiffres du commerce à l'exportation, dérivés des statistiques du commerce international de produits courants de l'OCDE, pour les vingt-huit États signataires de l'Arrangement membres de l'OCDE, comprenant les principaux pays industrialisés et commerciaux du monde, indiquent que sur un chiffre total de  $4,7 \times 10^{12}$  euros à l'exportation pour l'année 2000, environ  $4,2 \times 10^{12}$  euros sont réalisés entre ces vingt-huit pays. Il est vraisemblable qu'une réduction des obstacles techniques au commerce de nature non-tarifaire pourrait entraîner un bénéfice net de 10 % du montant du commerce à l'exportation. Même si les effets de l'Arrangement du CIPM ne génèrent que 0,1 % de bénéfice net, ce chiffre représente encore un bénéfice de  $4,2 \times 10^9$  euros par an !

## 5 Le BIPM

### 5.1 Le rôle du BIPM

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

#### **Le Système international d'unités (SI)**

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

#### **Activités scientifiques et techniques fondamentales**

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

#### **Services techniques spécifiques offerts aux laboratoires nationaux de métrologie**

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

- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, en relation avec l'examen de leurs activités par leurs pairs.

### **Coordination globale de la métrologie**

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

### **Relations avec les autres organisations**

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

### **Information et publicité**

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

- maintenir sur le site web du BIPM toute information sur les questions relatives à la Convention du Mètre, au Comité international, à ses Comités consultatifs, aux comités communs, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA), y compris la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, et sur les questions relatives à la métrologie au niveau international ;
- éditer et faire publier *Metrologia*, le journal scientifique international sur la métrologie ;
- tenir à jour et diffuser le plus largement possible, en collaboration avec les autres organisations concernées, les documents fondamentaux nécessaires

à l'établissement de l'uniformité des mesures, comme le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM) et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM) ;

- organiser des ateliers et des écoles d'été au bénéfice du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

### **Efficacité en termes de coût et évolution du rôle du BIPM**

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

## **5.2 Le BIPM comme institution**

Le BIPM est une institution de petite taille mais son influence et l'aide qu'elle apporte aux laboratoires nationaux de métrologie est néanmoins considérable. La haute estime en laquelle les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie placent le BIPM se reflète dans les réponses au questionnaire envoyé aux directeurs en décembre 2001 (*voir* annexe 3). La réputation dont jouit le BIPM auprès des organisations autres que les laboratoires nationaux de métrologie apparaît aussi dans l'étude de la société KPMG sur les bénéfices économiques de l'Arrangement du CIPM, qui est citée au chapitre 4.3 de ce rapport.

Le BIPM a besoin d'un personnel scientifique hautement qualifié pour être capable de fournir les services dont ont besoin les laboratoires nationaux de métrologie, c'est-à-dire les comparaisons, les étalonnages, le transfert de technologie, l'aide aux Comités consultatifs, le site Web du BIPM, la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB), l'accueil de chercheurs associés etc., et il doit être visible et capable de jouer le rôle de l'organisation internationale intergouvernementale unique dans le domaine de la métrologie. Il en est capable, bien sûr, uniquement parce qu'il mène un programme d'activités scientifiques dans ses propres laboratoires, ce qui est une nécessité préalable pour disposer d'un personnel scientifique de haut niveau. Il est aussi nécessaire d'avoir ce programme d'activités pour attirer et conserver un personnel scientifique très qualifié et être un laboratoire capable d'attirer des visiteurs des laboratoires nationaux de métrologie pour des séjours de courte durée. Le choix de ce programme est important parce qu'il fournit les compétences de base essentielles à un laboratoire de métrologie et qu'il stimule les synergies tout aussi essentielles dans ce laboratoire.

Dans chaque domaine d'activité du BIPM il y a rarement plus de trois scientifiques, mais ce nombre est suffisant pourvu *a)* qu'ils soient de très haut niveau et *b)* qu'ils maintiennent des contacts étroits avec leurs collègues des laboratoires nationaux de métrologie. Ces membres du personnel sont capables de maintenir une crédibilité scientifique suffisante pour être traités en pairs par leurs collègues des laboratoires nationaux de métrologie et des autres

organisations ; ainsi ils sont compétents pour fournir tous les services mentionnés ci-dessus.

Si l'on considère le BIPM du point de vue de sa contribution à la science au niveau mondial, les activités scientifiques du BIPM peuvent occasionnellement avoir un impact important. Ce n'est toutefois pas son objectif primordial. Son objectif principal est de maintenir la compétence scientifique de son personnel par l'amélioration des étalons de mesure (en particulier les étalons voyageurs et de transfert) et il y parvient très bien.

Dans le passé, le personnel scientifique du BIPM était pour la plupart composé de membres permanents qui effectuaient une grande partie ou toute leur carrière au BIPM. C'était le cas aussi dans la plupart des laboratoires nationaux. Avec la création du statut de chercheurs associés dans les années 1980, le BIPM a pu attirer du personnel de haut niveau pour de courtes durées de deux à trois ans. Les six chercheurs associés actuellement au BIPM représentent environ 20 % de l'ensemble du personnel scientifique qualifié.

À l'avenir, nous pouvons prévoir un nombre de plus en plus élevé d'engagements à court terme financés par les laboratoires nationaux de métrologie, pour des activités répondant aux programmes nationaux correspondants. De fait, pour la mise en œuvre des nouveaux programmes d'activités en chimie et en bioanalyse proposés dans ce document, il pourrait être envisagé de faire appel à des chercheurs associés financés par quelques laboratoires nationaux de métrologie. Un arrangement similaire pourrait être conclu pour débiter les activités sur la balance du watt et le condensateur calculable.

Pourvu qu'il y ait un personnel permanent suffisant, l'initiation de nouveaux programmes et l'extension de programmes existants au moyen d'engagements à court terme présente des avantages, car cela évite d'effectuer au départ des engagements à long terme et il est possible d'obtenir des experts de haut niveau pour de courtes périodes, alors que ces personnes ne souhaiteraient peut-être pas rester de manière permanente au BIPM.

### **5.3 Programme de travail et dotation du BIPM**

Comme prévu dans le rapport de 1998 du CIPM sur les besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie et lors de la 21<sup>e</sup> Conférence générale en 1999, la charge de travail du BIPM a augmenté considérablement depuis 1999. De nombreuses activités nouvelles ont débuté en réponse à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, comme les nouvelles activités de laboratoire en chimie, et la visibilité du BIPM dans le domaine de la métrologie au niveau international s'est considérablement accrue, notamment à travers les accords et les nouveaux contacts avec d'autres organisations internationales.

Il avait déjà été envisagé à l'époque de la 21<sup>e</sup> Conférence générale que maintenir la dotation au niveau adopté pour la période comprise entre 2001 et 2004, en valeur réelle égale à la dotation adoptée pour la période comprise entre 1997 et 2000, ne suffirait pas pour poursuivre ces activités au-delà de

2004. Il avait été dit à l'époque que la 22<sup>e</sup> Conférence générale en 2003 devrait choisir entre augmenter considérablement la dotation du BIPM ou accepter de réduire de beaucoup les activités du BIPM.

Lors de la préparation des propositions figurant dans le programme de travail et budget de la 22<sup>e</sup> Conférence générale, le Comité international a pris acte des éléments suivants :

- le programme d'activités de laboratoire adopté par la 21<sup>e</sup> Conférence générale ;
- les nombreux services offerts par le BIPM au titre de son expertise scientifique ;
- les autres activités découlant de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, c'est-à-dire la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, le JCRB, les services informatiques, et le système qualité du BIPM ;
- les nouvelles activités en liaison avec les autres organisations internationales, telles que l'OMM, l'OMS, le JCTLM, et la coordination de l'aide aux pays en voie de développement ;
- les besoins toujours accrus d'aide pour les actions internationales en métrologie, dans des domaines nouveaux comme par exemple la chimie, la bioanalyse et la médecine ;
- le rôle de plus en plus important de représentation et de promotion de la métrologie mondiale joué par le BIPM ;
- les réponses des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie aux deux questionnaires au sujet des services offerts par le BIPM et les discussions lors de la réunion des directeurs d'avril 2002 ;
- les conclusions du rapport sur l'impact économique potentiel de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM établi par la société privée KPMG ;
- les efforts considérables déjà déployés par le BIPM pour gérer son budget de manière aussi économique que possible et d'utiliser la dotation de la manière la plus efficace possible ;
- l'impossibilité de maintenir toutes ces activités au-delà de 2004 avec la dotation actuelle.

Le CIPM, se fondant sur les considérations publiées dans le rapport sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM, a recommandé un programme de travail et budget du BIPM pour les quatre années 2005 à 2008. Celui-ci est présenté aux gouvernements des États membres de la Convention du Mètre dans deux documents : tout d'abord dans la Convocation de la 22<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures (Paris, 13-17 octobre 2003 (27)) qui a été envoyée aux gouvernements des États membres en décembre 2002, et ensuite dans le document intitulé « Programme de travail et budget du BIPM pour les quatre années 2005 à 2008 » envoyé aux gouvernements des États membres en avril 2003.

Les principaux éléments du programme de travail proposé sont les suivants :

- Masse : la conservation et la dissémination de l'unité de masse, y compris les travaux sur les balances, sur les pesées dans l'air et dans le vide, sur la masse volumique de l'air, sur les propriétés des étalons de masse et la participation au projet international sur la constante d'Avogadro et au projet sur la balance du watt au BIPM.
- Temps : le calcul, la dissémination et l'amélioration des échelles de temps TAI et UTC, ainsi que les études sur les techniques de comparaison de temps, les systèmes de référence spatio-temporels et l'étalonnage des récepteurs pour les comparaisons horaires.
- Longueurs : la mesure de la fréquence d'étalons laser dans le domaine du visible au moyen de peignes à impulsions femtosecondes par comparaison aux étalons de fréquence atomique micro-onde du BIPM ; les études des performances des peignes femtosecondes (jusqu'en 2006), les règles et les interféromètres optiques pour la nanométrie et d'autres projets (balance du watt et condensateur calculable).
- Électricité : la conservation et l'amélioration d'étalons électriques primaires pour le volt, l'ohm et le farad fondés sur les étalons de référence du BIPM à effet Josephson, à effet Hall quantique et la fabrication d'un condensateur calculable de référence ; les comparaisons internationales et les étalonnages ; la participation au projet sur la balance du watt.
- Rayonnements ionisants : la conservation des étalons de référence internationaux pour la plupart des comparaisons nationales en dosimétrie et en particulier pour les laboratoires de dosimétrie secondaire (Secondary Standards Dosimetry Laboratories, SSDL) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ; la conservation et la mise à niveau du Système international de référence pour les radionucléides, et les étalonnages en dosimétrie.
- Chimie : la mise en œuvre d'un programme sur les étalons de gaz, la conservation et la mise au point d'étalons mesureurs d'ozone servant de référence internationale pour la plupart des étalons nationaux mesureurs d'ozone utilisés pour étayer le réseau de contrôle de l'ozone sur terre au niveau national, régional et mondial ; un programme restreint d'analyse organique, en particulier un programme international sur des matériaux de référence de substances organiques pures en appliquant des méthodes directes d'essai du BIPM.
- Gravimétrie : les comparaisons périodiques de gravimètres absolus et la conservation du réseau gravimétrique du BIPM en coopération avec l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI).

Ce programme de travail permettra au BIPM de faire face aux responsabilités définies ci-dessus. Il permettra de coordonner les différentes activités et d'établir une assise scientifique solide pour que les laboratoires nationaux de métrologie assurent efficacement leurs missions. Le « Programme de travail et budget du BIPM pour les quatre années 2005 à 2008 » envoyé aux gouvernements des États membres en avril 2003 fournit plus de détails à ce sujet. Ce programme a été modifié par rapport au programme en cours en

raison des décisions prises par le Comité international en 2002. Ces changements sont décrits à l'annexe 5.

## 6 Conclusions et recommandations du Comité international

En se fondant sur les informations figurant aux chapitres 2 à 5, et d'après les réponses aux questionnaires et les discussions avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, le Comité international a approuvé lors de sa session d'octobre 2002 les conclusions et recommandations suivantes :

### Conclusions et recommandations générales

- La suppression des obstacles techniques au commerce de nature non-tarifaire est prioritaire pour les pays et requiert une traçabilité reconnue au niveau international et l'équivalence des étalonnages, des mesures et des résultats d'essais.
- L'industrie de haute technologie a besoin de mesures très exactes, qui font parfois appel à des étalons de mesure et à des équipements d'étalonnage reposant sur des concepts totalement nouveaux comme la nanométrie, les étalons femtosecondes et ceux fondés sur les effets quantiques et sur une large utilisation de l'informatique.
- La reconnaissance internationale de la traçabilité et de l'équivalence est un besoin urgent pour le commerce, l'industrie et la société, et les nouveaux domaines de mesure tels que l'environnement, les sciences de la nutrition, la santé, les mesures antidopage et les applications légales.
- Pour répondre aux besoins du commerce, de l'industrie et de la société, pour bien établir les priorités et pour transmettre à tous ces secteurs son expertise, de nouveaux réseaux et des comités communs doivent être et ont déjà été établis avec les organisations concernées comme l'OMC, l'OMM, l'OMS, la Commission du Codex Alimentarius, l'IFCC, l'ILAC, l'Agence mondiale antidopage etc., tout en intensifiant la coopération ancienne avec la CEI, l'ISO et l'OIML notamment.
- Pour mettre en œuvre en temps utile et de manière coordonnée des mesures fiables et acceptées au niveau international dans les différents secteurs du commerce, de l'industrie et de la société, une coopération bien plus étroite est nécessaire entre les diverses organisations au niveau mondial, régional et national.
- Quand un laboratoire national de métrologie n'est pas capable de répondre aux besoins de son pays dans tous les domaines de mesure, il faut envisager de désigner avec soin d'autres laboratoires du pays, coordonnés par le laboratoire national de métrologie, qui assureront la responsabilité d'un ou plusieurs domaines de mesure et grandeurs spécifiques.
- Si possible, il convient de coordonner en temps voulu l'aide à la mise en place d'infrastructures métrologiques appropriées dans les pays en voie de

développement ou en transition. Un Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (le JCDCMAS), qui rassemble le BIPM, la CEI, l'IAF, l'ILAC, l'ISO, l'UIT, l'OIML et l'UNIDO, a été créé pour aider au développement et à l'harmonisation des différents programmes d'aide à ces pays.

- Les études sur l'impact économique et social d'étalons nationaux de mesure appropriés et de matériaux de référence primaires certifiés, effectuées dans un certain nombre de pays, démontrent que les investissements gouvernementaux dans ce secteur sont parmi les meilleurs et ont une rentabilité économique et sociale élevée.
- L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, qui a pour but la reconnaissance internationale des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre et des États et entités économiques associés à la Conférence générale, est un facteur clé de la procédure de réduction des obstacles techniques au commerce de nature non-tarifaire, et il opère de manière très efficace.
- La coordination internationale sous les auspices de la Convention du Mètre est indispensable pour mettre en œuvre avec succès un système de mesure efficace et stable à long terme et qui réponde à tous les besoins du commerce, de l'industrie et de la société en matière de traçabilité et d'équivalence des mesures et essais.

### **Le BIPM**

- Le BIPM est l'organe exécutif de la Convention du Mètre ; son statut et ses moyens doivent lui permettre d'accomplir ses missions de point focal de la métrologie scientifique et industrielle dans le monde.
- Le BIPM doit continuer à être responsable de la mise à niveau et de la dissémination du Système international d'unités et, lorsque ce n'est pas possible, offrir de nouvelles références appropriées et reconnues au niveau international. Il doit rester le gardien du Prototype international du kilogramme et établir et disséminer le Temps atomique international et le Temps universel coordonné. Le BIPM est appelé à entretenir un certain nombre de laboratoires offrant une valeur ajoutée aux laboratoires nationaux de métrologie, ce qui implique de conserver parmi son personnel une expertise suffisante pour pouvoir parler, agir et coordonner les activités en métrologie au nom de la communauté métrologique internationale.
- Le BIPM continuera à organiser des comparaisons, à offrir des services appropriés et un transfert de savoir-faire, gratuitement, aux laboratoires nationaux de métrologie des États membres de la Convention du Mètre dans les domaines dans lesquels il a une activité de laboratoire.
- Étant parvenu à la conclusion que ses ressources financières à venir ne seront pas suffisantes pour mener à bien toutes ses activités en cours et en

débuter de nouvelles qui sont fondamentales, le Comité international a redéfini le domaine d'activité du BIPM et réévalué ses priorités. Il a ainsi mis fin aux activités en photométrie et radiométrie et, quand le moment sera venu, il mettra un terme aux mesures de lasers, et débutera quelques nouvelles activités urgentes, comme certains programmes de coordination internationale, l'apport de moyens supplémentaires à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés et au travail de laboratoire dans le domaine de la chimie organique et de certaines expériences de métrologie fondamentale (voir Annexe 5).

### **Recommandations aux États membres**

- Le Comité international recommande aux gouvernements des États membres d'accorder et de maintenir une aide financière suffisante à leurs infrastructures nationales de métrologie, y compris dans le domaine important de la métrologie en chimie, ayant des applications dans de nombreux secteurs du commerce, de l'industrie et de la société, et d'accorder au BIPM les ressources financières nécessaires demandées dans le projet de résolution J présenté à la 22<sup>e</sup> Conférence générale, afin d'établir et de maintenir une assise globale solide permettant d'assurer avec efficacité la traçabilité et l'équivalence internationale, immédiate et à long terme.
- Le Comité international recommande aux gouvernements des États membres d'approuver les activités du BIPM et le budget correspondant présenté à la 22<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures en octobre 2003.

## **Annexe 1.**

### **Infrastructure nationale et internationale de la métrologie**

Note : ce texte constitue une mise à jour du Rapport du CIPM paru en 1998 sur les besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie et inclut les adaptations récentes et souhaitables.

#### **1.1 Les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie**

##### **Les laboratoires nationaux de métrologie**

Dans presque tous les pays, il existe une loi demandant au gouvernement d'établir des étalons de mesure appropriés dans le cadre d'un laboratoire national de métrologie.

Le laboratoire national de métrologie est en charge d'établir, de conserver et de disséminer les étalons nationaux de mesure du pays. Selon son niveau de développement industriel, les besoins de la société, la situation économique et la taille du pays, il possède des étalons nationaux de mesure primaires ou secondaires. Le but principal d'un laboratoire national de métrologie est d'assurer la traçabilité et l'équivalence internationale à ses clients qui peuvent être, par exemple, des laboratoires de mesure et d'étalonnage de l'industrie, des institutions publiques ou du gouvernement. Le laboratoire national de métrologie peut remplir cette mission soit en étalonnant les étalons et équipements de mesure de ses clients, soit en organisant des comparaisons entre des laboratoires lorsque ses clients possèdent des étalons primaires intrinsèques. De plus en plus, les services des laboratoires nationaux de métrologie délivrent des matériaux de référence certifiés dont les caractéristiques sont déterminées et les valeurs assignées par le laboratoire national de métrologie.

Si nous tenons compte des récents progrès de la métrologie, qui aujourd'hui s'étend aux domaines de la chimie et de la biotechnologie, avec des applications dans les secteurs de l'environnement, de la santé, des essais en nutrition, des applications légales, des stupéfiants et produits antidopage, et de la nécessité d'établir des liaisons avec les organisations ayant des responsabilités dans ces domaines, il est important que les laboratoires nationaux de métrologie coopèrent avec toutes les parties concernées.

Il est fréquent que le laboratoire national de métrologie ne soit pas capable d'établir lui-même les activités métrologiques dans tous ces nouveaux domaines de la métrologie. Dans ce cas, il est hautement recommandé que celui-ci, ou son gouvernement, désigne d'autres laboratoires pour maintenir les étalons nationaux de mesure et les équipements d'étalonnage connexes pour un ou plusieurs de ces domaines de mesure ou grandeurs. Ces

laboratoires « désignés » devront participer aux activités des organisations internationales concernées, que ce soient des organisations régionales de métrologie, le BIPM ou les Comités consultatifs du CIPM. Bien sûr, ces laboratoires désignés doivent aussi répondre aux critères auquel est soumis le laboratoire national de métrologie, et avoir un système qualité fondé sur la norme ISO/CEI 17025, être accrédités ou agréés par leurs pairs et participer pleinement aux études internationales et aux comparaisons clés et supplémentaires.

Il est avantageux d'avoir un laboratoire national de métrologie centralisé de plusieurs points de vue : cela offre une efficacité, une synergie et une transparence maximales, ainsi que la visibilité et la reconnaissance internationale. Dans de nombreux pays, toutefois, ce n'est pas le cas, pour des raisons historiques. En particulier, dans de nombreux petits pays le laboratoire national de métrologie est décentralisé, et il coopère avec un ou plusieurs laboratoires d'étalonnage situés dans des universités, d'autres laboratoires nationaux ou organisations gouvernementales, et parfois même avec des sociétés privées.

Un tel système décentralisé peut être efficace, mais il faut s'assurer que la continuité est suffisamment garantie et que l'équité économique est assurée pour les sociétés commerciales jouant le rôle de laboratoire national de métrologie dans un domaine défini de la métrologie.

La conformité du système qualité est assurée par la norme ISO/CEI 17025 (12), et aussi le cas échéant par les guides 34 (29) et 35 (30) de l'ISO dans le cas des laboratoires qui délivrent des matériaux de référence certifiés. Dans la plupart des cas l'accréditation des laboratoires désignés devra être délivrée par un organisme approprié signataire de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle de l'ILAC.

Un nombre considérable de laboratoires nationaux de métrologie (environ 50 %) sont ou envisagent d'être accrédités. Dans de nombreux pays ou entités économiques les gouvernements demandent aussi à leur laboratoire national de métrologie de démontrer sa compétence en faisant accréditer ses laboratoires.

Au cours des décennies passées, les laboratoires nationaux de métrologie ont travaillé en liaison étroite avec leurs organismes nationaux d'accréditation en accréditant les laboratoires d'étalonnage de l'industrie, des institutions publiques et du gouvernement. Le laboratoire national de métrologie, avec les laboratoires d'étalonnage accrédités, constitue l'infrastructure métrologique nationale, qui est un facteur d'influence majeur pour disséminer la traçabilité. Pour répondre aux besoins de la société de son pays, le laboratoire national de métrologie peut aussi envisager de coopérer avec d'autres laboratoires nationaux de métrologie voisins, pour partager leurs équipements et se répartir le travail.

En ce qui concerne l'aide aux laboratoires nationaux de métrologie des pays en voie de développement, il est souhaitable que les laboratoires nationaux de métrologie des pays dont l'économie est plus développée collaboreront avec le BIPM, sous les auspices de la Convention du Mètre, avec les organismes de

financement et avec les organismes d'aide au développement, tels que l'UNIDO.

Pour assurer une pleine reconnaissance internationale de la compétence et de la fiabilité des laboratoires désignés, et pour assurer la traçabilité et l'équivalence des étalons nationaux de mesure qu'ils conservent, il est fondamental que ces laboratoires soient visibles et reconnus au niveau international en participant à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, par l'intermédiaire du laboratoire national de métrologie signataire. Il est donc essentiel que le pays auquel le laboratoire national de métrologie appartient soit signataire de la Convention du Mètre ou, si ce n'est pas possible, qu'il soit au moins associé à la Conférence générale.

Il faut par dessus tout remarquer que partout dans le monde ces cinq dernières années les gouvernements ont investi et continuent à investir lourdement pour améliorer leur infrastructure nationale de métrologie. Il faut en particulier noter qu'au cours des dix dernières années environ un milliard d'euros ont été investis globalement pour construire de nouveaux bâtiments bien équipés pour la métrologie.

### **Les organisations régionales de métrologie**

Le rôle et les missions d'une organisation régionale de métrologie moderne ont été considérablement accrus ces dernières années. En plus de la coordination régionale, le transfert de savoir-faire, le travail courant de recherche et développement, le partage d'équipements, l'assurance de la traçabilité pour les laboratoires nationaux qui ne possèdent pas d'étalons ou de méthodes primaires etc., la réalisation et la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle ont considérablement accru la quantité de travail. Une charge énorme résulte de l'examen des déclarations des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages, et de l'établissement de systèmes qualité de tous les laboratoires nationaux de la région et de ceux d'autres régions, et de la demande d'organiser des comparaisons clés, supplémentaires et bilatérales au niveau régional. Pour faciliter ces activités, les représentants des organisations régionales de métrologie participent ensemble au JCRB pour discuter des déclarations de possibilités en matière de mesures et d'étalonnages et de la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Les organisations régionales de métrologie sont aussi en liaison avec les laboratoires nationaux de métrologie qui possèdent des étalons nationaux de mesure de faible exactitude en assurant la traçabilité et en organisant des comparaisons à ce niveau. De plus, ils coordonnent et délivrent une aide, telle que le transfert de savoir-faire et la formation, aux laboratoires nationaux de métrologie des pays et entités économiques en voie de développement et à ceux en transition. En janvier 2003, les organisations régionales de métrologie suivantes étaient opérationnelles : l'APMP, COOMET, EUROMET, SADC MET et le SIM et leurs sous-groupes régionaux ANDIMET, CAMET, CARIMET, NORAMET et SURAMET.

## 1.2 La Convention du Mètre

La Convention du Mètre est un traité intergouvernemental sous l'égide duquel des accords officiels sont approuvés concernant les unités de mesure et la plupart des activités relatives au système de mesure dans le monde. La Convention a été signée en 1875 ; elle établit la structure officielle selon laquelle les gouvernements coopèrent actuellement dans ce domaine. Dans le cadre de la Convention du Mètre, le Système international d'unités (SI) a été établi, conservé et mis à niveau pour répondre aux progrès scientifiques les plus récents et aux besoins du commerce, de l'industrie et de la société. La France est dépositaire de ce traité intergouvernemental. La Convention du Mètre compte à ce jour cinquante et un États signataires. Ceux-ci comprennent tous les États industrialisés et les principaux États du monde, représentant environ 90 % du produit industriel brut. Nous prévoyons que le nombre des associés à la Conférence générale, en particulier en provenance des plus petits pays et de ceux en voie de développement, augmentera considérablement dans un proche avenir.

Tous les quatre ans, les États membres de la Convention envoient des délégués à la Conférence générale des poids et mesures (CGPM). Un comité directeur, le Comité international des poids et mesures (CIPM), agit en leur nom et assume l'entière responsabilité de superviser et guider les activités du BIPM.

Le CIPM est assisté de dix Comités consultatifs, qui traitent de questions scientifiques relevant de leur domaine spécifique de mesure.

Le but de la Convention du Mètre est de définir et de superviser le système mondial de mesure, les unités SI, la réalisation et la dissémination de ces unités pour répondre aux besoins d'aujourd'hui et de demain. Le monde moderne a un besoin de plus en plus crucial de mesures fiables, traçables et comparables, pour lesquelles il peut être nécessaire de définir de nouvelles grandeurs, unités et étalons de mesure connexes, qui n'existent pas encore dans le SI.

Lors de sa session d'octobre 2001 le Comité international a décidé d'étudier cette question et de rechercher des solutions utiles en étroite collaboration avec les organisations impliquées dans les domaines de mesure concernés, comme la médecine de laboratoire et les essais en nutrition.

**Organigramme de la Convention du Mètre** (voir figure 1, page 57)*La Conférence générale des poids et mesures*

Les États membres de la Convention du Mètre se réunissent tous les quatre ans en Conférence générale des poids et mesures. La Conférence générale décide des principales questions et statue sur le programme de travail et budget du BIPM. Lors de sa réunion d'octobre 1999, la Conférence générale a décidé de créer un nouveau statut, celui d'État ou d'entité économique associé à la Conférence générale, pour les pays et entités économiques qui ne peuvent pas être signataires de la Convention du Mètre. En particulier, cette possibilité est importante pour les pays en voie de développement pour lesquels la charge financière relative à la signature de la Convention du Mètre est trop élevée. Les associés à la Conférence générale peuvent y assister, mais à titre d'observateurs sans droit de vote. Ils peuvent toutefois 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, le MRA du CIPM.

Il y a actuellement dix associés à la Conférence générale. Ce nombre devrait augmenter considérablement dans un proche avenir.

*Le Comité international des poids et mesures*

Sous l'égide de la Convention du Mètre, le Comité international des poids et mesures est l'organisme de direction du BIPM ; il agit au nom des États membres de la Convention du Mètre. Il prépare les réunions de la Conférence générale, qui ont lieu au moins une fois tous les six ans. Au cours des dernières décennies, la Conférence générale s'est réunie tous les quatre ans. Le Comité international applique les décisions de la Conférence générale et prend toutes les mesures qui s'imposent pour assurer les missions de la Convention du Mètre en coordonnant les activités métrologiques dans le monde et en établissant une coopération entre les parties et les décideurs intervenant dans le domaine de la métrologie. Le Comité international est composé de dix-huit membres de nationalité différente. Le directeur du BIPM en est membre de droit.

Lors de ses récentes sessions, le Comité international a, entre autres, pris les décisions suivantes :

- d'initier une étude, incluant des questionnaires envoyés aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, afin de préparer ce rapport pour la 22<sup>e</sup> Conférence générale ;
- d'examiner la position du BIPM en tant que centre mondial et porte-parole de la métrologie, et de le préparer à répondre aux besoins actuels et à venir de la société qui évoluent rapidement ;
- d'élargir les missions du BIPM en établissant une nouvelle section de chimie ; celle-ci met en oeuvre des étalons mesureurs d'ozone, en collaboration étroite et avec l'aide du NIST, qui serviront aux mesures

d'ozone dans le cadre du programme de la veille de l'atmosphère globale de l'OMM ;

- de signer un protocole d'accord avec l'OMM ;
- de signer un protocole d'accord avec l'ILAC ;
- de signer un protocole d'accord avec l'OMS ;
- d'établir une nouvelle activité dans le domaine de la traçabilité en médecine de laboratoire, au sein d'un groupe connu provisoirement sous le sigle JCTLM ;
- de coopérer avec d'autres organisations internationales afin d'établir le JCDCMAS.

#### *Le Bureau international des poids et mesures, BIPM*

Le BIPM est le centre de la métrologie mondiale et l'organe exécutif de la Convention du Mètre. Il possède des laboratoires et des bureaux à Sèvres. Son programme de travail et son financement sont présentés au chapitre 5 de ce rapport et dans la Convocation à la 22<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures qui se tiendra en octobre 2003.

#### *Réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie*

Afin d'améliorer la communication entre le BIPM/CIPM et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, des réunions annuelles sont organisées avec les directeurs, les membres du Comité international et les responsables du BIPM. Les progrès scientifiques et technologiques, la mondialisation du commerce et de l'industrie, et l'importance accrue et élargie de la fiabilité et de l'équivalence des mesures pour tous les secteurs de la société font appel à des processus de prise de décision politique rapides, de grande portée et choisis avec soin. Une coopération intensive entre les laboratoires nationaux de métrologie proprement dits, et entre les laboratoires nationaux de métrologie et de nombreuses autres organisations concernées par les mesures ne peut se faire que par des consultations régulières. De plus, les contacts fréquents entre les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM faciliteront l'harmonisation des services fournis par le BIPM et fondés sur les besoins des laboratoires nationaux de métrologie. Ces contacts conduiront aussi à un transfert d'expertise meilleur et plus régulier, à une amélioration de la qualité des services et à la résolution rapide des problèmes qui pourraient se poser.

#### *Les Comités consultatifs*

Depuis 1927 le Comité international a créé un certain nombre de Comités consultatifs qui rassemblent les experts mondiaux dans des domaines spécifiques, en tant que conseillers sur des questions scientifiques et techniques. Parmi les missions des Comités consultatifs figurent l'examen détaillé des progrès de la science ayant une influence dans le domaine de la métrologie, la préparation des recommandations soumises pour discussion au Comité international, l'organisation de comparaisons internationales d'étalons

de mesure, et des conseils au Comité international sur les activités scientifiques des laboratoires du BIPM. Le nombre des Comités consultatifs et leurs missions sont constamment revus pour répondre aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie et de la société. Il existe à présent dix Comités consultatifs dans les domaines suivants :

- Électricité et magnétisme (CCEM) ;
- 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).

Sont rattachés au CCM, en plus de la masse, les activités liées à la force, aux pressions, à la masse volumique, à la dureté, aux mesures de débit de fluides et à l'accélération due à la pesanteur. De plus, un Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité a récemment été établi.

La plupart des Comités consultatifs possèdent un ou plusieurs groupes de travail traitant de domaines spécifiques. Par exemple, le CCQM a créé sept groupes de travail sur l'analyse organique, l'analyse inorganique, l'analyse des gaz, l'analyse électrochimique, la bioanalyse, l'analyse de surface et les comparaisons clés.

Suite à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, le rôle et les missions des Comités consultatifs ont été considérablement accrus. Des comparaisons internationales, dénommées comparaisons clés, sont maintenant régulièrement organisées pour presque toutes les grandeurs. Les Comités consultatifs sont chargés d'organiser ces comparaisons clés, d'en valider les méthodes, d'évaluer leurs résultats et de se mettre d'accord sur les résultats finaux et les conclusions. De plus, les Comités consultatifs ont la responsabilité d'examiner les résultats des comparaisons clés régionales et des autres comparaisons bilatérales connexes. Les experts des Comités consultatifs sont aussi souvent impliqués dans l'harmonisation des catégories de possibilités en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) des laboratoires nationaux de métrologie. Ils doivent de plus examiner les déclarations de CMC des laboratoires nationaux de métrologie avant leur publication dans l'annexe C de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.

Comparé au niveau d'activité il y a cinq ans, la charge de travail des Comités consultatifs a été sérieusement accrue. Leurs nouvelles missions impliquent une coopération étroite avec les organisations régionales de métrologie.

Pour assurer une bonne coopération entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie, la composition des

Comités consultatifs est régulièrement réexaminée. En particulier, en augmentant le nombre des observateurs des Comités consultatifs, il est possible d'impliquer toutes les organisations régionales de métrologie. Une politique d'admission flexible dans les groupes de travail des Comités consultatifs permet aux laboratoires nationaux de métrologie des pays et entités économiques en voie de développement associés à la Conférence générale de participer aux activités des Comités consultatifs et de savoir au moins ce qui s'y passe.

En raison de l'augmentation des activités des Comités consultatifs (augmentation du nombre des comparaisons clés et études, des groupes de travail et des réunions), le BIPM, ses chefs de section, secrétaires exécutifs des Comités consultatifs, et le personnel qui les aide, ont une charge de travail accrue. Depuis dix ans, le nombre moyen des réunions des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail a doublé, voire triplé.

### *Comités communs*

Les comités communs avec d'autres organisations complètent la structure de la Convention du Mètre. Nous mentionnerons ici le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) et ses deux groupes de travail, l'un sur le VIM et l'autre sur le GUM. Dans le cadre du JCGM, le BIPM coopère avec la CEI, l'IFCC, l'ISO, l'OIML, l'UICPA et l'UIPPA.

Récemment une activité nouvelle liée à la traçabilité en médecine de laboratoire a été initiée en collaboration avec l'IFCC, l'ILAC et d'autres décideurs, au sein d'un groupe connu provisoirement sous le sigle JCTLM.

Un nouveau 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) a aussi été établi.

Dans le cadre de CODATA, le BIPM se joint à d'autres organisations pour définir et assigner les valeurs des constantes fondamentales.

Le BIPM coopère avec l'Union astronomique internationale (UAI) dans le cadre de son Groupe de travail sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et dans le domaine de la métrologie (RCMAM).

D'autres comités communs devraient être établis à l'avenir.

## Annexe 2. L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM

L'accréditation des laboratoires et les accords commerciaux internationaux établis au milieu des années 1990 ont rendu urgente la mise en place d'un système fiable et transparent pour établir la fiabilité et l'équivalence des étalons nationaux de mesure, qui assurent la traçabilité de tous les étalonnages et mesurages. Si l'on ne peut pas établir la confiance dans les étalons fondamentaux de mesure et d'essais au niveau national, il est peu probable que l'on puisse établir la confiance au niveau international dans les résultats de mesure et d'essais effectués dans les domaines de l'industrie, du commerce et par les autres laboratoires.

Ces considérations ont abouti à l'établissement d'un accord international pour régler ces problèmes dans le cadre de la Convention du Mètre.

Lors de la Conférence générale en 1999, les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de trente-huit États membres de la Convention du Mètre et deux organisations internationales (l'AIEA et l'IRMM) ont signé 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 (l'Arrangement du CIPM, MRA).

Fin 2002, l'Arrangement du CIPM comptait cinquante-quatre signataires, appartenant à cinquante-deux États membres de la Convention du Mètre et États et entités économiques associés à la Conférence générale, et à deux organisations internationales.

Le laboratoire national de métrologie signataire est le cas échéant suivi d'une liste de laboratoires désignés, responsables d'un certain nombre d'étalons nationaux et domaines de mesure définis, et d'étalonnages et équipements de mesure connexes.

Les objectifs de l'Arrangement du CIPM sont les suivants :

- établir les degrés d'équivalence des étalons nationaux de mesure conservés par les laboratoires nationaux de métrologie ;
- assurer la reconnaissance mutuelle des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie ;
- assurer ainsi aux gouvernements et aux autres parties concernées des fondements techniques sûrs pour établir d'autres accords liés au commerce international, au commerce de détail et aux questions d'ordre réglementaire.

Ces objectifs sont atteints de la manière suivante :

- par des comparaisons de mesures internationales, dénommées comparaisons clés ;
- par des comparaisons de mesures internationales supplémentaires ;

- au moyen de systèmes qualité et par la démonstration des compétences des laboratoires nationaux de métrologie.

L'Arrangement se traduit par la déclaration des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages de chaque laboratoire national de métrologie et de ou des laboratoires désignés, dans une base de données mise à jour par le BIPM et accessible à tous sur son site Web (31).

La base de données est composée principalement de l'annexe B, contenant les résultats des comparaisons clés et supplémentaires, et de l'annexe C, contenant la liste des possibilités en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) des laboratoires nationaux de métrologie participant à l'Arrangement du CIPM.

L'infrastructure responsable de l'établissement et de la mise à jour de l'Arrangement du CIPM est fondée sur :

- la coordination globale par le BIPM, sous l'autorité du CIPM, lui-même sous l'autorité des États membres de la Convention du Mètre ;
- les Comités consultatifs du CIPM, les organisations régionales de métrologie et le BIPM, responsables de l'organisation et du suivi des comparaisons clés et supplémentaires ;
- le JCRB, responsable de l'analyse et de la transmission des données à publier dans la base de données sur les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages (les CMC) des laboratoires nationaux de métrologie (annexe C).

La base de données, qui ne cesse de s'étoffer, contient déjà quelques dizaines de milliers de CMC, dans presque tous les domaines de mesure.

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

Le JCRB est chargé de :

- coordonner les activités des organisations régionales de métrologie pour établir la confiance dans la reconnaissance des certificats d'étalonnage et de mesurage, selon les termes de l'Arrangement ;
- de faire des propositions sur la politique à suivre par les organisations régionales de métrologie et le Comité international dans la mise en œuvre de l'Arrangement ;
- d'analyser la manière dont il est appliqué par chaque organisation régionale de métrologie, selon les termes de l'Arrangement ;
- d'analyser, en vue de la publication dans l'annexe C, les propositions de chaque organisation régionale de métrologie concernant les possibilités en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie membres de leur organisation et d'en faire part au CIPM ;
- de faciliter les comparaisons supplémentaires inter-régionales appropriées ;
- de rédiger un rapport annuel sur les activités du JCRB pour le CIPM et les signataires de l'Arrangement.

Le JCRB se réunit actuellement deux fois par an ; il a démontré qu'il était capable de progresser et d'établir la confiance entre les organisations régionales de métrologie et les laboratoires nationaux de métrologie participants.

Les points principaux à l'ordre du jour du JCRB concernent l'organisation efficace et correcte des activités découlant de l'Arrangement, la planification et l'harmonisation des activités connexes des organisations régionales de métrologie, l'examen et l'harmonisation des systèmes qualité des laboratoires nationaux de métrologie par les organisations régionales de métrologie respectives, et l'établissement de la confiance mutuelle.

Les systèmes qualité doivent de préférence être fondés sur les critères de la norme ISO/CEI 17025. Quand un laboratoire national de métrologie n'est pas accrédité, un groupe international de pairs visite le laboratoire national de métrologie pour vérifier comment la qualité et la compétence sont assurées et maintenues.

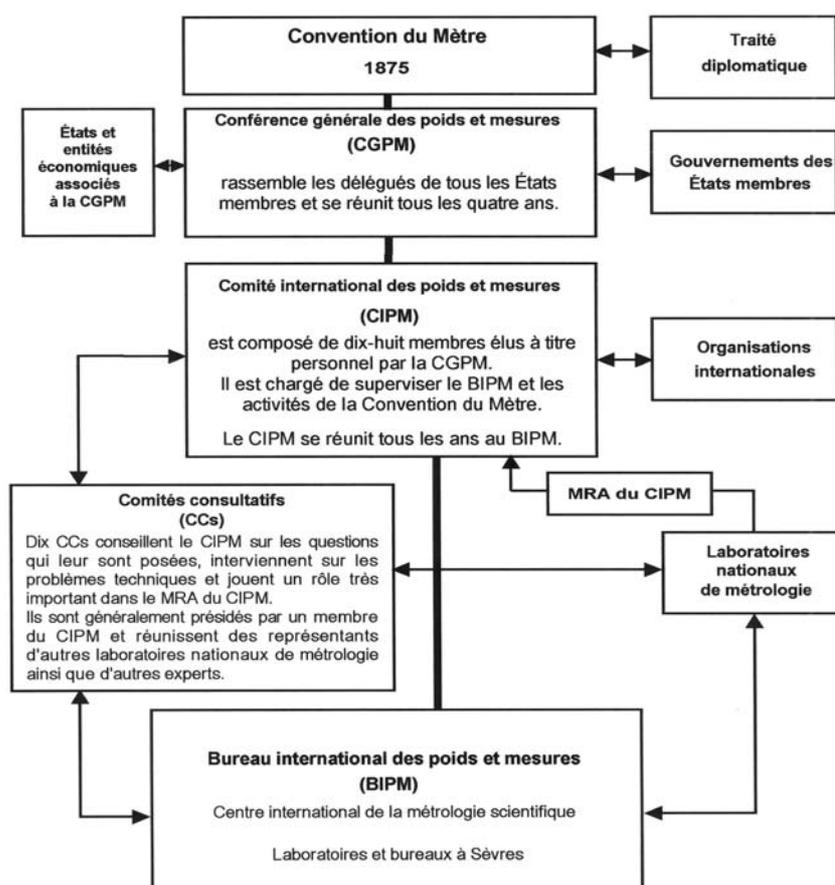


Fig. 1. – Organigramme de la Convention du Mètre

## **Annexe 3.**

### **Réponses aux questionnaires envoyés aux directeurs et conclusions**

#### **Introduction**

Les réponses aux deux questionnaires envoyés aux directeurs donnent une bonne idée sur les attentes pour l'avenir des laboratoires nationaux de métrologie concernant l'évolution de la métrologie et offrent une base de discussion solide concernant le rôle du BIPM et le programme de travail et budget en préparation pour la 22<sup>e</sup> Conférence générale. Ces réponses ont été discutées à la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie les 22 et 23 avril 2002. Ce document en résume les réponses.

#### **1 Le premier questionnaire**

Le premier questionnaire a été envoyé aux directeurs en mai 2001. Il était destiné à obtenir l'avis des directeurs afin de mettre à jour le rapport de 1998 sur les *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie*. Nous avons reçu au total vingt et une réponses des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, plus une réponse d'une organisation régionale de métrologie. Robert Kaarls, secrétaire du CIPM, en résume comme suit les réponses dans une note au CIPM d'octobre 2001 :

Vingt et une réponses ont été reçues de dix-neuf États membres, plus une d'une organisation régionale de métrologie.

Réponses aux questions :

1. Le chapitre 4 du rapport du CIPM de 1998 sur les *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie* est considéré comme le plus important.
2. Dans le nouveau rapport, des chapitres séparés devront être consacrés à l'impact économique, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, aux organisations régionales de métrologie et aux applications et domaines nouveaux de la métrologie.
3. Il est généralement prévu que l'importance des organisations régionales de métrologie aura tendance à croître, ainsi que leurs activités. Les vues sont partagées en ce qui concerne l'accroissement des tâches du JCRB ; ce comité n'est pas considéré comme représentatif du point de vue de tous les laboratoires nationaux de métrologie. La réunion des directeurs devrait jouer un rôle plus important. Le JCRB devrait se conformer au rôle qui lui est assigné dans l'Arrangement du CIPM.
4. Il est prévu que les progrès des sciences et des techniques auront un impact important. Sont mentionnés les phénomènes quantiques, les

étalons dans les domaines du temps, des fréquences et des longueurs, la micro et l'optoélectronique, la chimie biomoléculaire, les étalons intrinsèques et les applications de toutes les possibilités de l'informatique.

5. Les nouvelles techniques informatiques modifieront considérablement le mode de fonctionnement des laboratoires nationaux de métrologie, comme le contrôle à distance des étalonnages sur place et des comparaisons, la formation et le transfert de savoir-faire, l'automatisation, l'imagerie, l'analyse de forme etc.
6. Des changements et évolutions importants sont attendus dans les domaines tels que la chimie, la biotechnologie, la santé, l'environnement, la lutte anti-fraude, l'électronique moléculaire, les mesures en hautes fréquences et dans le domaine des communications, les programmes informatiques pour les essais et la métrologie et les mesures dynamiques.
7. Il est prévu que les principaux investissements seront consacrés à la chimie, à la biotechnologie, aux matériaux de référence certifiés et à la nanométrie. Dans les plus petits pays et ceux en voie de développement, on prévoit aussi des investissements importants pour compléter les étalons nationaux de mesure, les équipements d'étalonnage et la formation.
8. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas pu répondre aux questions concernant l'impact économique et social. Un laboratoire national de métrologie a indiqué que le retour sur les investissements publics est en moyenne de 14 % par an.
9. Les priorités à établir sont évidentes d'après les réponses aux questions 6 et 7.
10. Seuls le NIST (États-Unis) et le NPL/DTI (Royaume-Uni) ont déjà publié leurs rapports sur l'impact économique et social, et le Canada devrait en faire autant sous peu. Le Danemark a publié certains rapports (études de cas) en danois.
11. Pour ce qui concerne le rôle du BIPM, de nombreux avis ont été exprimés, avec parfois des points de vue contradictoires. Certaines réponses semblent indiquer que le BIPM devrait se limiter à organiser, coordonner et promouvoir la métrologie, sans posséder ses propres laboratoires scientifiques et techniques. En général, toutefois, il est bien compris que le BIPM doit avoir et maintenir un excellent niveau de compétences scientifique et technique pour bénéficier d'une autorité sans conteste et globale dans le domaine de la métrologie. Les sections scientifiques et les laboratoires doivent être maintenus. Un certain nombre de services d'étalonnage doivent être assurés pour les laboratoires nationaux de métrologie des petits pays ou des pays en voie de développement. Il ne devrait cependant pas y avoir de duplication des services normalement assurés par les plus grands laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM devrait donc centrer ses activités sur les étalons de mesure qui sont plus ou moins uniques au monde, sur les étalons de transfert uniques et les matériaux de référence primaires, sur les échelles de temps, les rayonnements ionisants, les comparaisons clés, et les bases de données maintenues par le BIPM. On attend du BIPM plus de travail de

coordination internationale et de promotion, les actions de formation et de transfert de savoir-faire sont aussi souvent mentionnées.

12. La plupart des réponses indiquent la volonté tout au moins de maintenir les services offerts jusqu'à maintenant par le BIPM ; les réponses n'ont pas mis en évidence de préférence pour certains services. Certains laboratoires nationaux de métrologie pensent que les étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie des petits pays ou de ceux en voie de développement peuvent être effectués par de plus grands laboratoires de leur région. De nombreuses autres activités sont prévues, comme indiqué au point 10, ce qui peut entraîner certains changements indispensables.
13. Tous les laboratoires nationaux de métrologie indiquent que le BIPM devrait augmenter considérablement ses efforts pour coordonner les activités métrologiques des organisations internationales.
14. Cette question concernant tout autre sujet nouveau à considérer n'a pas suscité de réponse particulière.

Note : Il n'a pas été possible d'inclure dans le résumé ci-dessus toutes les suggestions et commentaires présentés dans les réponses des laboratoires nationaux de métrologie. Nous pensons toutefois que le résumé comprend les remarques les plus fréquentes. La plupart des suggestions ont cependant été traitées dans ce rapport.

## 2 Le second questionnaire

Les réponses au premier questionnaire ont clairement indiqué que les questions sur les services fournis par le BIPM n'étaient pas suffisamment détaillées pour obtenir les informations nécessaires pour guider les décisions sur son programme à venir. Le Comité international a donc décidé lors de sa session d'octobre 2001 de préparer un second questionnaire plus détaillé. Celui-ci a été envoyé en décembre 2001. Trente-trois réponses au total ont été reçues et on a pu avoir ainsi une vision plus exhaustive des opinions des directeurs.

Le second questionnaire demandait aux directeurs d'évaluer les services offerts par le BIPM sous les rubriques suivantes :

- A les deux services spécifiques aux masses et au temps ;
- B les étalonnages relatifs aux autres grandeurs ;
- C les comparaisons clés en cours, ou autres, relatives aux étalons de référence du BIPM ;
- D le transfert de technologie et d'expertise ;
- E les travaux de recherche et de développement concernant des étalons, des matériaux de référence uniques et des étalons de transfert ;
- F l'aide aux Comités consultatifs et aux groupes de travail ;
- G le site Web du BIPM ;
- H la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
- I les publications ;

- J la représentation auprès d'autres organisations internationales au nom des laboratoires nationaux de métrologie ;
- K l'établissement de liaisons officielles avec d'autres organisations ;
- L les autres services et activités.

Les directeurs devaient indiquer l'importance qu'ils attachaient à ces services selon l'échelle suivante :

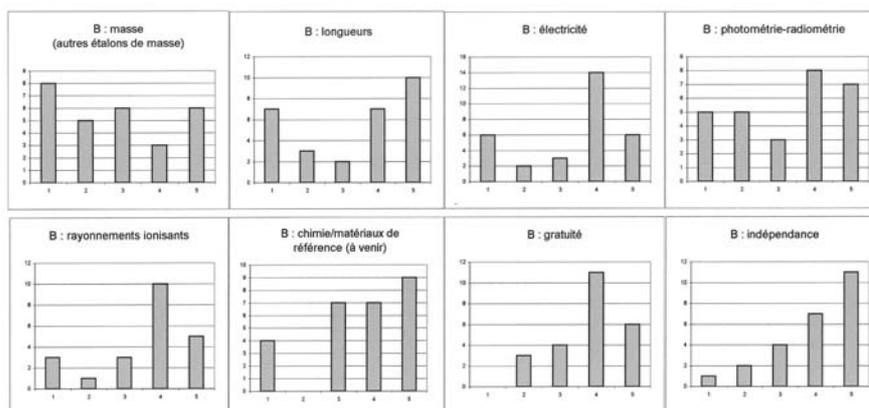
- 1 = inutile/sans valeur ;
- 2 = d'une utilité limitée/d'une valeur limitée ;
- 3 = souhaitable/nécessaire/valable ;
- 4 = hautement nécessaire/très valable ;
- 5 = doit être fait/extrêmement valable/unique.

Les résultats détaillés au second questionnaire sont présentés :

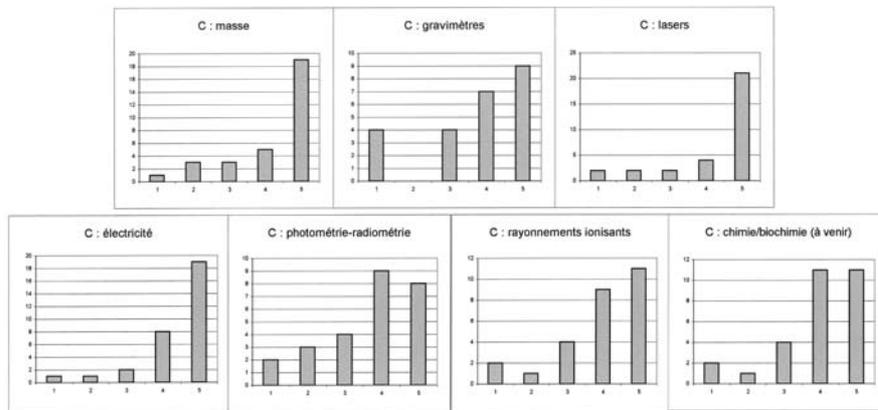
- a) sous forme d'une série d'histogrammes montrant les réponses individuelles à chacune des questions ; avec toutes les réponses aux questions B (sur les étalonnages), C (sur les comparaisons), D (sur le transfert de technologie), et E (recherche et développement) etc.
- b) une figure montre les notes moyennes données par chaque laboratoire à l'ensemble des questions B, C, D et E.

Dans les histogrammes, l'ordonnée présente le nombre de réponses correspondant à chaque niveau d'évaluation noté de 1 à 5 en abscisse.

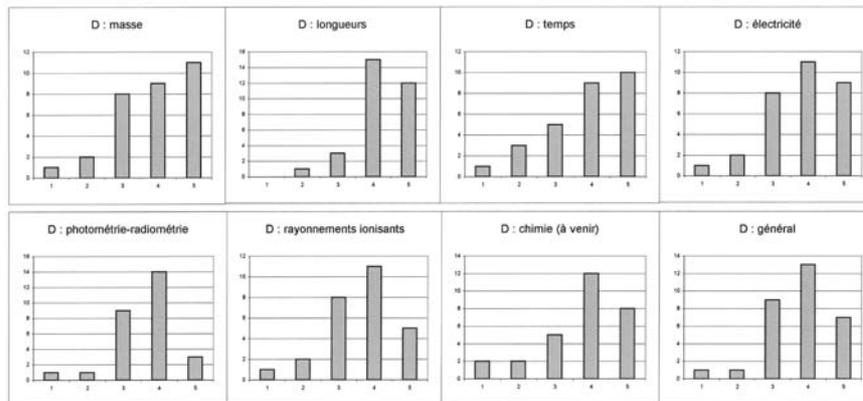
Il n'a pas été posé de questions au sujet des services A et L, mais on a seulement demandé l'impression générale.



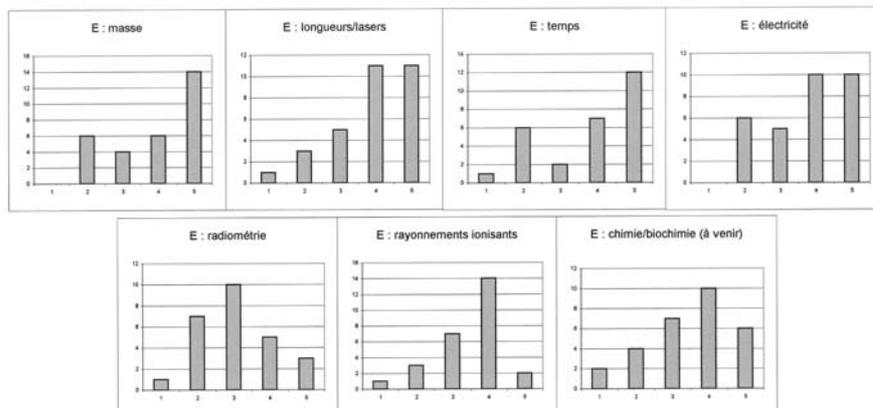
B : Étalonnages et raisons de choisir le BIPM



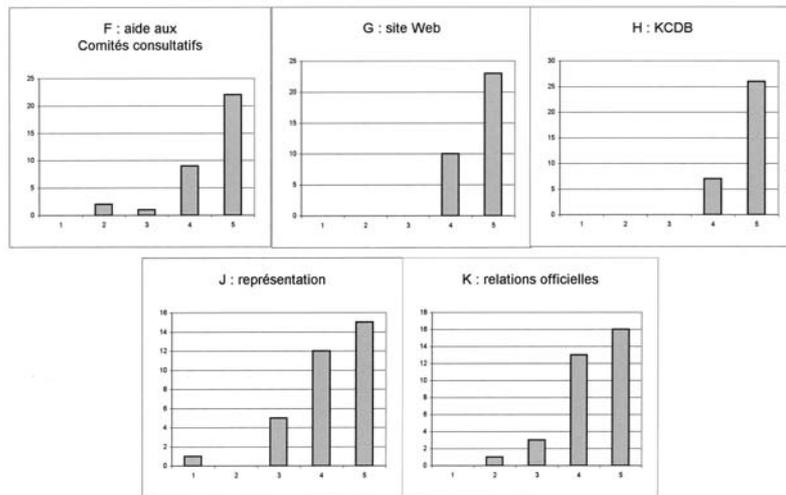
C : Comparaisons



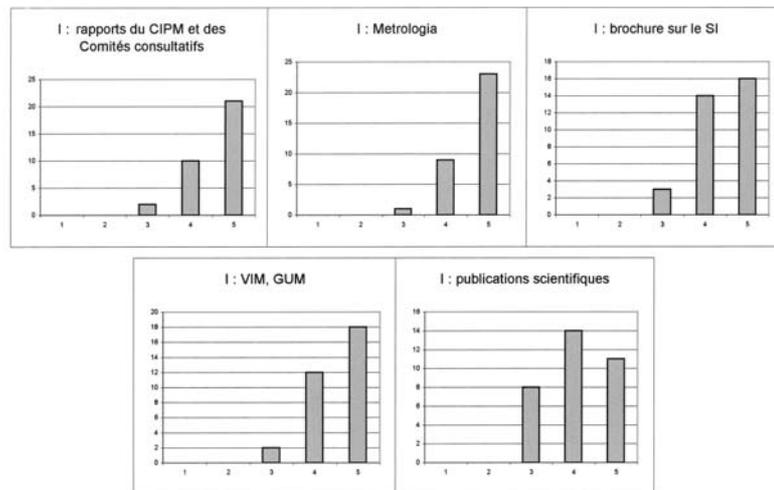
D : Transfert de technologie



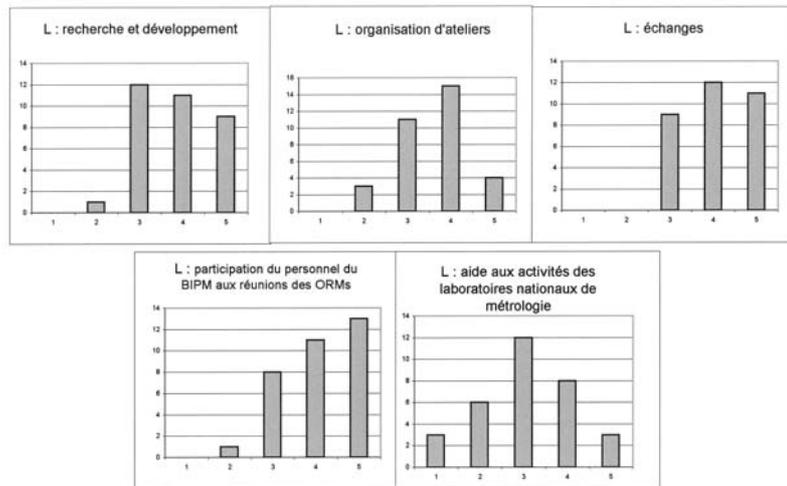
E : Recherche et développement



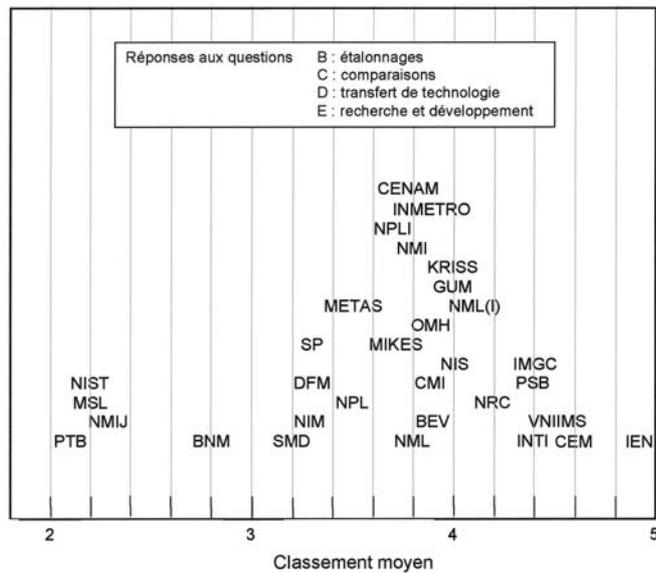
F : Soutien aux Comités consultatifs ;  
 G : Site Web ; H : Base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) ;  
 J : Représentation ; K : Relations officielles



I : Publications, rapports du CIPM et des Comités consultatifs, *Metrologia*,  
 Brochure sur le SI, le VIM et le GUM, articles scientifiques



L : Recherche et développement, organisation d'ateliers, échange de personnel, participation de membres du personnel du BIPM aux réunions des organisations régionales de métrologie



Notes moyennes aux questions B, C, D et E

## Annexe 4. Résolution 1 de la 21<sup>e</sup> Conférence générale

### ■ Métrologie : besoins à long terme

#### Résolution 1

La 21<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures,

**considérant**

- la Résolution 11 de la 20<sup>e</sup> Conférence générale, qui a demandé au Comité international d'étudier les besoins à long terme relatifs à la métrologie et d'en rendre compte,
- l'étude qui a été achevée en 1997 à la suite de larges consultations internationales,
- le rapport qui en a résulté, intitulé Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie : les collaborations internationales et le rôle du BIPM, remis par le Comité international en 1998 aux Gouvernements des États membres,

**accueille favorablement** les nombreuses décisions du Comité international consécutives à cette étude, et en particulier

- l'élargissement progressif des missions des Comités consultatifs pour couvrir les principaux domaines de la métrologie où la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie est importante, non seulement en physique et en ingénierie mais également dans d'autres disciplines telles que la chimie et la biotechnologie,
- le renforcement du rôle des Comités consultatifs et l'admission d'observateurs aux réunions afin de permettre à un plus grand nombre d'États membres de participer,
- l'accent mis sur l'évaluation et la publication du degré d'équivalence des étalons nationaux de mesure des États membres et la mise en place d'un arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie,
- la mise en place de réunions régulières avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres,
- les déclarations faites par le Comité international au sujet du rôle du BIPM au cours des premières décennies du vingt et unième siècle,

- la collaboration plus étroite du BIPM avec les organismes internationaux concernés, plus particulièrement les organisations régionales de métrologie, l'International Laboratory Accreditation Cooperation et l'Organisation internationale de métrologie légale,
- les progrès considérables déjà accomplis par le Comité international dans la mise en œuvre de ses décisions,

**prend note** de la discussion dans le rapport du Comité international des engagements financiers à long terme demandés aux États membres,

**remercie** les nombreux organismes et les personnes qui ont apporté leur contribution à cette étude et au rapport du Comité international.

## **Annexe 5.**

### **Décisions, concernant le programme de travaux futurs du BIPM, prises par le CIPM lors de sa session d'octobre 2002**

(Cette annexe est extraite du rapport de la session de 2002 du CIPM).

Une discussion approfondie a eu lieu au sujet du programme de travail et budget du BIPM pour les années 2005 à 2008. Le Comité international a examiné les conclusions des enquêtes effectuées auprès des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie (les questionnaires, la réunion d'avril 2002 et les réponses au document envoyé aux directeurs en juillet 2002) sur le programme de travail et budget à venir du BIPM. En conclusion, le Comité international a décidé de modifier le programme de travail du BIPM pour faire face à une diminution prévue de ses revenus tout en répondant à l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie. Le texte qui suit est un résumé des discussions et conclusions.

Selon le règlement de la Conférence générale, la Convocation officielle comprenant les éléments de l'ordre du jour provisoire, et en particulier les propositions du CIPM sur la dotation pour la prochaine période de quatre ans, doit être envoyée aux Gouvernements des États membres au moins neuf mois avant l'ouverture de la Conférence. La 22<sup>e</sup> Conférence générale débutant le 13 octobre 2003, ce document doit parvenir aux États en janvier 2003. En fait, la Convocation est toujours envoyée fin décembre.

#### **Introduction**

Les membres du Comité international et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie ont été informés qu'une augmentation de 1,1 million d'euros (soit 12 % de la dotation pour 2004) serait nécessaire en 2005 pour maintenir toutes les activités en cours au BIPM et qu'une augmentation de 1,9 million d'euros (soit environ 20 % de la dotation) serait nécessaire pour maintenir le programme actuel et débiter de nouveaux programmes en chimie organique, en bioanalyse et en médecine.

Les premières réactions des États membres à ces propositions ont montré qu'il était très peu probable que la 22<sup>e</sup> Conférence générale approuve et vote une augmentation du budget pour 2005 représentant plus de la moitié des 1,1 million d'euros nécessaires pour maintenir les activités en cours, plus une petite somme pour tenir compte de l'inflation pour l'année 2005 et les années suivantes. Nous avons été informés que si, lors de la Conférence générale,

nous proposons une augmentation supérieure à ce montant, il serait probable que certains États membres opposeraient leur veto\*.

La différence entre ces estimations et la somme demandée était suffisamment élevée pour que le bureau recommande au Comité international de prendre des décisions stratégiques lors de sa session d'octobre 2002, afin de résoudre le problème et le régler avant la Conférence générale de 2003.

Pour émettre des propositions concrètes concernant le programme de travail et budget, nous sommes partis de l'hypothèse qu'une augmentation de 5 % (0,45 million d'euros) de la dotation au 1<sup>er</sup> janvier 2005, plus une augmentation de 1,5 % au titre de l'inflation pour 2005 et les trois années suivantes de la période comprise entre 2005 et 2008 était acquise.

### **Principales options stratégiques**

Depuis la 21<sup>e</sup> Conférence générale en 1999, le BIPM a été incité à entreprendre, et a entrepris, beaucoup plus d'activités qu'il n'avait prévu de le faire à l'époque. Le rôle joué par le BIPM pour coordonner les activités internationales dans le domaine de la métrologie, les relations avec d'autres organisations, ainsi que les activités découlant de la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, ont été bien plus étendus que prévu. La réaction du BIPM a été bien accueillie par les laboratoires nationaux de métrologie et il est clair que toutes ces actions doivent se poursuivre.

D'après l'hypothèse énoncée ci-dessus, des réductions significatives au programme actuel du BIPM devront toutefois être effectuées.

Afin de savoir comment procéder, le Comité international a pris en compte un certain nombre de considérations :

1. Les besoins des laboratoires nationaux de métrologie concernant les services offerts par le BIPM et exprimés dans les réponses au second questionnaire envoyé aux directeurs ont été examinés. Ce sont notamment les activités de coordination et les relations internationales, ainsi que la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, et les activités scientifiques et techniques effectuées dans les laboratoires concernant les étalonnages et autres services pour les laboratoires nationaux de métrologie, et celles qui assurent un fondement scientifique au BIPM.
2. Il n'existe pas d'économies marginales ayant un effet significatif.
3. L'étendue des économies qui doivent être faites est telle qu'il faudra fermer une des principales sections scientifiques.

---

\* La procédure officielle pour l'adoption de la dotation lors d'une Conférence générale exige qu'il n'y ait aucun veto. Les abstentions sont autorisées, mais s'il y a un seul vote contre, la dotation ne peut être adoptée. La conséquence d'un rejet de la Résolution sur la dotation est que la dotation adoptée par la précédente Conférence générale est reconduite sans changement ; c'est parce que les Résolutions successives sur la dotation modifient simplement la précédente. Si la nouvelle proposition est rejetée, la dotation de la dernière année de la période de quatre ans précédente n'est pas réévaluée jusqu'à ce que les États membres se mettent d'accord pour la modifier.

4. Pour décider quelle section devra être fermée, des décisions stratégiques doivent être prises concernant le programme d'activités fondamental à venir.
5. Les conséquences de ces changements pour le personnel du BIPM doivent être examinées.

Une grande partie des idées avancées dans le Rapport sur « L'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie, pour le commerce, l'industrie et la société, et le rôle du BIPM », approuvé par le Comité international en 2002, traitent des besoins émergents dans les domaines de la métrologie internationale en chimie, en biochimie et en médecine. Les contacts que nous avons eus avec les laboratoires nationaux de métrologie dans le monde confirment ce point de vue. Le Comité est d'avis que, s'il n'est de toute évidence pas possible de mener une importante activité dans ces domaines au BIPM pour le moment, il est indispensable d'avoir au minimum deux spécialistes de haut niveau dans chacun de ces domaines. Sinon, nous ne pourrions pas être présents à aucun des forums internationaux et nous ne saurons même pas comment répondre aux demandes d'information à propos des besoins les plus pressants. Même si, comme l'ont suggéré certains directeurs, les activités du BIPM dans ces domaines peuvent être étayées par des personnes mises à la disposition du BIPM par certains laboratoires nationaux de métrologie, il reste nécessaire de disposer d'un minimum d'expertise au BIPM pour assurer la continuité, sinon le programme ne pourra pas fonctionner correctement.

Alors que l'on ne sait pas bien quel sera le niveau d'intervention à venir du BIPM, lors de la première réunion d'un groupe de travail du JCTLM sur la traçabilité en médecine de laboratoire, il a été demandé de créer une infrastructure pour répertorier des données fiables, éventuellement dans une base de données contenant les listes des matériaux et méthodes de référence qui seraient établies par ce groupe. Le BIPM assure pour le moment le secrétariat de ce nouveau groupe.

Il est largement reconnu que le succès dont jouit le BIPM, en tant qu'organisation intergouvernementale, dans ses activités de coordination internationale, repose sur sa crédibilité scientifique. Les consultations extérieures effectuées par la société KPMG l'ont aussi montré clairement. Sans activité scientifique, il ne serait pas possible d'attirer au BIPM des spécialistes de haut niveau, dans aucun domaine. Si le BIPM n'était qu'un bureau, il est probable qu'aucun de ses scientifiques de haut niveau n'accepterait d'y travailler. La brève expérience que nous avons en chimie indique qu'il est fondamental pour nos activités de coordination qu'un spécialiste fasse partie de notre personnel.

Donc, si le BIPM ne s'engage pas d'une manière ou d'une autre dans les domaines de la métrologie en chimie, en bioanalyse et en médecine, il est difficile d'envisager comment il pourra jouer dans ces nouveaux domaines de la métrologie le rôle pivot qu'il joue déjà dans le domaine des mesures physiques, ainsi que l'a montré l'étude récente effectuée par la société KPMG. Ce rôle est hautement considéré, non seulement par les directeurs des

laboratoires nationaux de métrologie, mais aussi par un nombre de plus en plus élevé d'organisations, en dehors du champ d'application direct de la métrologie, mais dont les intérêts sont étroitement liés à la métrologie.

La première décision importante prise par le Comité international est qu'il est essentiel d'entreprendre un programme minimal de laboratoire dans ces nouveaux domaines pour assurer l'avenir du BIPM et répondre aux demandes clairement formulées par les laboratoires nationaux de métrologie.

Pour prendre les décisions nécessaires à une nouvelle orientation du BIPM permettant une activité minimale dans ces nouveaux domaines, il était nécessaire d'avoir une vision claire sur les priorités à court et moyen terme pour chacun des programmes en cours au BIPM. En effet les nouvelles activités doivent nécessairement être mises en oeuvre aux dépens de certains programmes existants. De plus, il est de première importance d'utiliser au mieux le personnel hautement qualifié et motivé du BIPM.

### **Les priorités du programme actuel**

Il est clair que le BIPM est une composante essentielle de l'infrastructure métrologique internationale. Sa présence dans les réunions internationales pour représenter les intérêts des laboratoires nationaux de métrologie, son rôle de coordination dans le domaine de la métrologie internationale, ses contacts directs avec les autres organisations internationales et par l'intermédiaire des Comités communs, son aide aux Comités consultatifs et aux organisations régionales de métrologie, ainsi que son rôle clé dans la mise en oeuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle par l'intermédiaire de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés et du JCRB, sont des activités hautement prioritaires. Il est évident qu'il faut maintenir et développer ces activités, et en assurer un fondement scientifique.

Dans le programme scientifique et technique il existe cependant différents niveaux de priorité :

#### *Niveau de priorité le plus haut : les programmes dans le domaine de la masse et des échelles de temps*

Ces programmes constituent le noyau central des activités scientifiques du BIPM : la Convention du Mètre nous a confié un mandat spécifique concernant l'unité de masse, et des Résolutions successives de la Conférence générale nous ont aussi confié un mandat spécifique concernant les échelles de temps. Les programmes dans les domaines de la masse et du temps sont reconsidérés en permanence, mais si le Comité international peut envisager de petites économies dans les activités liées au temps du fait d'une automatisation accrue, il pense que le programme dans le domaine de la masse devrait être étendu afin d'inclure un projet sur la balance du watt. Une nouvelle définition éventuelle de l'unité de masse fondée sur des constantes atomiques ou fondamentales repose sur un travail à long terme pour contrôler la masse de l'artefact actuel, le Prototype international du kilogramme. Le BIPM occupe une position unique dans ce domaine et est seul capable de prendre en charge cette activité.

*Deuxième niveau de priorité : les rayonnements ionisants et la chimie*

Le programme sur les rayonnements ionisants au BIPM fournit la principale référence pour la plupart des comparaisons nationales de dosimétrie et de radioactivité ; il permet de lier au SI le réseau des laboratoires secondaires de dosimétrie (Secondary Standards Dosimetry Laboratories) de l'Agence internationale de l'énergie atomique. Il nous paraît très difficile d'effectuer des économies à ce sujet, car les activités actuelles sont déjà tout juste suffisantes.

Le programme actuel, restreint, en chimie constitue un premier pas vers les nouveaux domaines évoqués précédemment et est très prioritaire.

*Troisième niveau de priorité : programmes dans les domaines de l'électricité, des lasers et de la gravimétrie*

Les programmes dans les domaines de l'électricité et des lasers ont chacun une importance particulière.

Le programme dans le domaine de l'électricité apporterait une contribution fondamentale à un projet éventuel sur la balance du watt au BIPM. Le BIPM détient aussi les seuls étalons voyageurs de tension à effet Josephson et de résistance à effet Hall quantique de haute exactitude. Ces étalons sont uniques et fournissent actuellement le seul moyen de vérifier la cohérence entre les étalons des laboratoires nationaux de métrologie au plus haut niveau d'exactitude. Une telle aptitude est fondamentale (que ce soit au BIPM ou ailleurs) pour les années à venir. Il a aussi été proposé, en collaboration avec le NML CSIRO (Australie), de fabriquer un condensateur calculable qui serait installé au BIPM pour fournir une des rares références mondiales à long terme dans ce domaine. Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie se sont déclarés intéressés à participer à ce projet. Notons aussi que la moitié des certificats d'étalonnage émis par le BIPM concernent des étalons électriques appartenant à presque la moitié des États membres de la Convention du Mètre. Les services concernant les mesures électriques font partie des compétences de base essentielles au BIPM.

En ce qui concerne les lasers, le nouveau programme est centré sur la technologie des peignes à impulsions femtosecondes. L'arrivée de cette nouvelle technologie a mis fin au programme de comparaisons fondé sur les lasers de référence du BIPM à He-Ne à 633 nm qui a duré une trentaine d'années. Les lasers à peigne marquent aussi un point de rupture pour les autres comparaisons de lasers dans le visible et l'infrarouge. Ces activités relèvent du domaine de la recherche scientifique fondamentale et préparent le rôle à venir éventuel du BIPM dans les comparaisons d'étalons de fréquence à un niveau d'exactitude supérieur à celui accessible par les techniques par satellite. Le but de ce nouveau programme du BIPM à court et moyen terme est donc de préparer les comparaisons de fréquences optiques, de valider les performances des peignes de fréquence et, en attendant, d'effectuer des mesures de fréquence pour les étalons à 633 nm des plus petits laboratoires nationaux de métrologie.

Le programme sur la gravimétrie est très restreint mais très prisé et il est de plus en plus considéré comme fondamental par la communauté des

géophysiciens, à la demande desquels nous avons récemment établi un groupe de travail officiel. Une nouvelle demande pour que les métrologistes aident à améliorer la liaison entre les différents aspects de la géophysique et le SI a récemment été formulée. La longue série de comparaisons de gravimètres absolus au BIPM bénéficie du soutien de l'Union géodésique et géophysique internationale. Les activités en gravimétrie au BIPM contribueront au projet sur la balance du watt.

#### *Quatrième niveau de priorité*

Au quatrième rang des priorités nous plaçons le programme en photométrie et en radiométrie, et une activité restreinte en nanométrie. Dans le cas des programmes en photométrie et en radiométrie, les arguments pour effectuer des activités au BIPM sont moins forts que pour les activités mentionnées précédemment. Avec l'adoption presque universelle par les laboratoires nationaux de métrologie du radiomètre cryogénique comme référence pour les étalons en photométrie et radiométrie, le BIPM a cessé de jouer le rôle qu'il jouait précédemment dans la conservation du lumen et de la candela au niveau mondial au moyen d'une série de lampes à incandescence. De plus, le BIPM ne possède pas d'étalons voyageurs indispensables aux comparaisons de radiomètres cryogéniques. Il est clair, toutefois, que la conservation du lumen et de la candela au BIPM lui permet de poursuivre le service d'étalonnage, hautement apprécié par de nombreux petits laboratoires, qu'il assure de longue date. Il faut cependant noter que le personnel actuel composé de trois scientifiques, mais ne comportant pas de technicien, ne suffit pas à assurer le programme actuel.

Le programme sur la nanométrie apporte une aide restreinte mais utile aux activités du Comité consultatif des longueurs (CCL) dans ce domaine, mais cette activité n'est pas considérée comme prioritaire pour le BIPM parce que les activités du CCL dans ce domaine sont relativement limitées.

#### *Compétences de base*

Pour étayer toutes les activités mentionnées ci-dessus, il faut préserver un certain nombre de compétences essentielles au BIPM. Celles-ci comprennent une connaissance fondamentale des mesures dans les domaines de l'électricité, de l'optique et de l'interférométrie, des pressions et de la température, ainsi que de l'électronique, de la conception en mécanique et un atelier de mécanique pour construire les équipements expérimentaux.

### Décisions concernant le programme

Le Comité international a examiné ces priorités et pris les décisions suivantes :

1. Deux personnes au maximum seront recrutées pour la chimie organique et un programme restreint de laboratoire débutera pendant la période comprise entre 2004 et 2006.
2. Un projet sur la balance du watt sera entrepris et l'on poursuivra les activités sur le condensateur calculable en collaboration avec le NML CSIRO.
3. Le personnel chargé de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés sera renforcé et un secrétariat permanent sera créé pour le JCRB.
4. Il sera mis fin au programme sur la photométrie et la radiométrie en 2004. Les trois scientifiques de cette section seront transférés à la section d'électricité et, lorsque les trois scientifiques de la section d'électricité prendront leur retraite au cours des prochaines années, ils formeront le noyau de la section d'électricité. Il sera alors mis fin au service d'étalonnage de lampes à incandescence, mais le BIPM essaiera d'organiser des étalonnages pour les anciens utilisateurs du BIPM avec l'aide de quelques laboratoires nationaux de métrologie, dans le cadre de leur organisation régionale de métrologie. (Note : En moyenne vingt-cinq lampes au total sont étalonnées chaque année).
5. Le travail dans la section des lasers sera uniquement centré sur le projet de laser à impulsions femtosecondes, qui continuera jusqu'à 2006, date à laquelle la section sera fermée. Une poursuite à plus long terme du programme actuel demanderait des investissements lourds en équipements et en personnel scientifique de haut niveau, et ce n'est pas possible financièrement dans les conditions actuelles. Les quatre membres permanents de la section seront progressivement affectés à d'autres domaines d'activité du BIPM.

### *Personnel*

Le Comité international prévoit que les changements présentés ci-dessus s'accomplissent sans qu'il y ait de personnel en doublon, en profitant des départs à la retraite, de transferts internes des personnels travaillant dans les domaines dont l'activité est réduite ou arrêtée, et par l'arrêt du recrutement de chercheurs associés.

L'effectif actuel comprend (octobre 2002) 71 employés permanents (en équivalent plein temps) plus 6 chercheurs associés. Il devrait être réduit en 2008 à 67 employés permanents, et il n'y aurait plus de chercheur associé. Notons que l'effectif varie d'année en année du fait des départs à la retraite et des recoupements dus à de nouveaux recrutements ; en 2003 il y aura un pic de 75 employés permanents mais seulement 5 chercheurs associés.

Les stages effectués par des scientifiques extérieurs au BIPM sont essentiels à son programme scientifique. Ils sont aussi nécessaires pour apporter une aide scientifique supplémentaire afin que les chefs de section puissent assister plus souvent aux réunions techniques des organisations régionales de métrologie,

activité que nous estimons prioritaire et qui doit être accrue. Le Comité international demande aux laboratoires nationaux de métrologie d'être prêts à envoyer au BIPM des membres qualifiés de leur personnel, à leurs frais, pour des périodes d'un à deux ans, afin de maintenir une présence constante de quatre ou cinq chercheurs associés. Cette proposition est spécifiquement mentionnée dans le projet de résolution sur la dotation.

#### *Financement supplémentaire*

L'absence de financement supplémentaire pour les investissements destinés à la mise à niveau ou à l'implantation de nouveaux équipements essentiels, ou pour l'infrastructure de base, en dehors ou en plus de la dotation annuelle adoptée par les Conférences générales successives, distingue le BIPM de nombreux laboratoires nationaux de métrologie. Compte tenu de l'impossibilité de réaliser actuellement, et dans un proche avenir, des économies substantielles sur le budget annuel, le Comité international a envisagé de demander aux États membres, lors de la 22<sup>e</sup> Conférence générale, une somme forfaitaire (exceptionnelle) pour sa restructuration pendant la prochaine période de quatre ans. La somme envisagée était d'environ un million d'euros, et suffisait à couvrir les dépenses nécessaires à la mise à niveau du conditionnement d'air dans les laboratoires, à la rénovation des laboratoires, et à des réparations majeures de la toiture des deux bâtiments du site datant du dix-septième siècle, le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon. Finalement, nous n'avons pas demandé de somme forfaitaire supplémentaire parce que nous avons estimé que nous avons peu de chance de l'obtenir. Ces coûts sont toutefois inclus dans la proposition d'augmentation de la dotation du Comité international. La possibilité d'une contribution supplémentaire à la caisse de retraite du BIPM a aussi été discutée, mais il n'y a pas été donné suite.

Tout en considérant les conséquences d'une réduction à venir de financement par les États membres et les associés actuels, nous ne devons pas oublier la possibilité d'une faible augmentation de revenus provenant d'une augmentation du nombre des membres de la Convention du Mètre, ou de toute autre origine ; cette éventualité doit être explorée.

#### **Projet de résolution sur la dotation présenté à la 22<sup>e</sup> Conférence générale**

Le point de départ pour établir la dotation pour les quatre années concernées est la somme adoptée pour la dernière année de la période de quatre ans couverte par la précédente Conférence générale. Dans le cas présent, il s'agit de la dotation approuvée par la 21<sup>e</sup> Conférence générale pour l'année 2004, c'est-à-dire 9 094 000 euros. Viennent s'y ajouter les contributions de trois États : la Grèce, la Malaisie et la Yougoslavie, qui ont adhéré (ou ré-intégré) à la Convention du Mètre depuis la 21<sup>e</sup> Conférence générale. Leurs contributions représentent au total 1,76 % de la dotation globale. Le nouveau point de départ pour le calcul de la dotation pour 2005 est donc 9 254 000 euros.

Le Comité international propose une augmentation de 8,5 % au 1<sup>er</sup> janvier 2005 (c'est-à-dire une augmentation de 6,7 % en valeur réelle, à laquelle vient s'ajouter 1,8 % au titre de l'inflation en France), soit une dotation de 10 041 000 euros pour l'année 2005, et une augmentation supplémentaire de 1,8 % au titre de l'inflation en France au 1<sup>er</sup> janvier de chacune des trois années suivantes de cette période de quatre ans.

Les sommes demandées au titre de la dotation pour les années 2005 à 2008, et qui figurent dans le projet de résolution J ci-dessous, permettront de mettre en œuvre le programme de travail qui répond aux besoins minimaux des États membres, tout en maintenant un budget en équilibre pour les années 2005 à 2008.

Le programme de travail et budget détaillé pour les quatre années 2005 à 2008 est envoyé aux États membres environ six mois avant la Conférence générale. Pour la 22<sup>e</sup> Conférence générale le document intitulé « Programme de travail et budget du BIPM pour les quatre années 2005 à 2008 » sera envoyé en avril 2003.

## ■ Dotation du Bureau international pour les années 2005 à 2008

### Projet de résolution J

La 22<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures,

#### **considérant**

- l'importance croissante de la métrologie pour les échanges commerciaux, l'industrie, l'environnement, la santé publique et la sécurité dans tous les États membres de la Convention du Mètre,
- le besoin correspondant d'une coordination internationale efficace et compétente des activités de métrologie,
- le rôle central joué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) dans cette coordination et les services qu'il rend aux États membres de la Convention du Mètre,
- les responsabilités élargies confiées au BIPM lors de la 21<sup>e</sup> Conférence générale en 1999, sans augmentation correspondante de sa dotation,
- l'augmentation de la charge de travail du BIPM, non prévue lors de la 21<sup>e</sup> Conférence générale, à laquelle le BIPM a dû faire face depuis la précédente Conférence générale,
- l'extension des activités effectuées par les États membres de la Convention du Mètre, notamment dans le domaine de la chimie, de la biotechnologie et de la médecine,
- la nécessité d'élargir le domaine de compétences du personnel scientifique du BIPM pour répondre aux demandes dans ces nouveaux domaines d'activité,
- les efforts considérables qui continuent d'être faits par le BIPM pour augmenter son efficacité, et son engagement à poursuivre ces efforts,

**invite** les laboratoires nationaux de métrologie

- à organiser, à leurs frais, la mise à disposition ou le détachement pour des séjours de courte durée au BIPM de membres de leur personnel pour travailler sur des projets d'intérêt mutuel intégrés au programme de travail du BIPM,
- à accepter la participation de membres du personnel du BIPM aux activités de leur laboratoire pour travailler à des programmes d'intérêt commun,
- à subventionner un programme permanent de chercheurs associés au BIPM pour lui fournir un personnel répondant aux besoins, sur la base de quatre chercheurs associés à la fin de l'année 2004, et

**décide** que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'article 6, 1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 22<sup>e</sup> Conférence porté à

10 041 000 euros en 2005  
10 222 000 euros en 2006  
10 406 000 euros en 2007  
10 593 000 euros en 2008.

#### **Remarques finales sur les services du BIPM auxquels il sera mis fin**

Ce sont des décisions difficiles à prendre et le Comité est bien conscient qu'elles auront un impact sur les laboratoires nationaux de métrologie qui utilisent ses services dans les domaines qui seront supprimés. Dans la mesure du possible, le BIPM essaiera de conclure des arrangements avec les laboratoires nationaux de la même région pour qu'ils assurent, pendant une durée limitée, certains des services qui ne seront plus assurés par le BIPM. Dans les nouveaux domaines, le Comité espère que le BIPM sera à même le moment venu d'offrir des services aux laboratoires nationaux de métrologie, services que les directeurs ont notés comme étant de grande valeur potentielle dans leurs réponses au questionnaire.

## Liste des sigles utilisés dans le présent volume

### 1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences

AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AMA	Agence mondiale antidopage
ANDIMET	Coopération métrologique andine (Bolivie, Colombie, Équateur, Pérou et Venezuela)
AOAC	International Association of Official Analytical Chemists
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)
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
CCDM*	Comité consultatif pour la définition du mètre, <i>voir</i> CCL
CCDS*	Comité consultatif pour la définition de la seconde, <i>voir</i> CCTF
CCE*	Comité consultatif d'électricité, <i>voir</i> CCEM
CCEM	(ex CCE) Comité consultatif d'électricité et magnétisme
CCEMRI*	Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants, <i>voir</i> CCRI
CCL	(ex CCDM) 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
CCRI	(ex CCEMRI) Comité consultatif des rayonnements ionisants
CCT	Comité consultatif de thermométrie
CCTF	(ex CCDS) Comité consultatif du temps et des fréquences
CCU	Comité consultatif des unités
CEI	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

---

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

Codex Alimentarius Commission	Commission créée par la FAO et l'OMS
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale
DTI	Department of Trade and Industry of the United Kingdom, <i>voir</i> NPL DTI
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture/Food and Agricultural Organization of the United Nations
GAW	<i>voir</i> OMM-GAW
IAF	International Accreditation Forum
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IENM	Institut des étalons nationaux de mesure, <i>voir</i> NRC IENM
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISO CASCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour l'évaluation de la conformité
ISO DEVCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les questions relatives aux pays en voie de développement
ISO REMCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les matériaux de référence
ISO TAG 4	Organisation internationale de normalisation, Groupe technique consultatif TAG 4 (métrologie)
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)
MERCOSUR	Coopération commerciale pour les États d'Amérique du Sud
MoU	Protocole d'accord/Memorandum of Understanding

MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle/Mutual Recognition Arrangement
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NCSL-I	International Conference of Standards Laboratories
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD (États-Unis)
NML CSIRO	National Measurement Laboratory, CSIRO, Pretoria (Australie)
NORAMET	North American Metrology Cooperation (Canada, Mexique et États-Unis)
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NPL-DTI	National Physical Laboratory, Department of Trade and Industry, Teddington (Royaume-Uni)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
NRC IENM	Conseil national de recherches du Canada, Institut des étalons nationaux de mesure, Ottawa (Canada)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMC/TBT	Organisation mondiale du commerce, Comité sur les obstacles techniques au commerce
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMM/GAW	Organisation météorologique mondiale, Programme de la veille de l'atmosphère globale/Global Atmosphere Watch programme
OMS	Organisation mondiale de la santé
ORM	Organisation régionale de métrologie
PITTCON	Pittsburgh Conference
RCMAM	Groupe de travail de l'UAI sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et dans le domaine de la métrologie/ IAU Working Group on Relativity for Celestial Mechanics, Astrometry and for Metrology
SADC	Southern African Development Cooperation
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SIM	Sistema Interamericano de Metrología
SSDL	Laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA/Secondary Standards Dosimetry Laboratories of the IAEA, voir AIEA
SURAMET	Coopération métrologique sud-américaine (Argentine, Brésil, Chili, Paraguay et Uruguay)
UAI	Union astronomique internationale
UGGI	Union géodésique et géophysique internationale
UICPA	Union internationale de chimie pure et appliquée
UIPPA	Union internationale de physique pure et appliquée
UIT	Union internationale des télécommunications

UN	Nations unies
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

## 2 Sigles des termes scientifiques et autres

ADN	Acide désoxyribonucléique
ARN	Acide ribonucléique
CMC	Possibilités en matière de mesures et d'étalonnages/ Calibration and Measurement Capabilities
EPER	Registre européen des émissions de polluants/European Pollutant Emission Register
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
IPPC	Prévention et réduction intégrées de la pollution/Integrated Prevention of Pollution Control
IVD	Diagnostic in vitro/In vitro diagnostic
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/ BIPM Key Comparison Database
OGM	Organisme génétiquement modifié
PIB	Produit intérieur brut
R&D	Recherche et développement
SI	Système international d'unités
TAI	Temps atomique international
TVA	Taxe à la valeur ajoutée
UTC	Temps universel coordonné
VIM	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie

## Références

1. *Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie*, BIPM, mars 1998.
2. *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.
3. Union européenne, *The need for measurement and testing in nanotechnology*, High Level Expert group on Measurement and Testing under the European Framework Programme for Research and Development ed., mars 2002.
4. Union européenne, Council Directive 98/79/EC of the European Parliament and of the Council of 27 October 1998 on In Vitro Diagnostic Medical Devices, décembre 1998.
5. ISO 15189:2003, *Medical Laboratories – Particular requirements for quality and competence*, ISO, 2003.
6. Union européenne, Council Directive 96/23/EC, *Performance of analytical methods and the interpretation of results*, août 2002.
7. Union européenne, Air Quality Framework Directive 96/62/EC and Daughter Directives.
8. *Metrology for Information Technology (IT)*, NIST MEL/ITL Task Group on Metrology for Information Technology (IT), NISTIR 6025, mai 1997.
9. Calzadilla B., *UNIDO's Activities related to Standards and Market Access Facilitation: Case of Victorian Lake Project*, Presentation at UNCTAD Standards and Trade Workshop in Geneva, UNIDO-PTC/IPT, mai 2002.
10. De Groot A., *Enabling Developing Countries to Participate in International Trade, Strengthening the Supply Capacity, A UNIDO Strategy for Capacity Building*, UNIDO, Tradefacstrat 2-rev.2, mars 2002.
11. OMC, A Compilation and Summary of the Responses received to the questionnaire for a Survey to assist Developing Country Members to identify and prioritize their specific needs in the TBT field, OMC – Comité sur les obstacles techniques au commerce, Rapport G/TBT/W/186, octobre 2002.
12. ISO/CEI 17025, *Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*, ISO/CEI, 1999.
13. ISO 9001:2000, *Systèmes de management de la qualité – Exigences*, ISO, 2000.
14. Quinn T.J., Metrology, its role in today's world, *Rapport BIPM/94-5*, mai 1994.
15. Tassef G., R&D trends in the U.S. Economy: Strategies and Policy Implications, U.S. Department of Commerce, *NIST Planning Report 99-2*, avril 1999.

16. Marx M.L. *et al.*, Economic Impact Assessment: NIST-EEEL Laser and Fiberoptic Power and Energy Calibration Services, *NIST Planning Report* 00-3, août 2000.
17. Marx M.L. *et al.*, Economic Assessment of the NIST Thermocouple Calibration Program, *NIST Planning Report* 97-1, juillet 1997.
18. Leech D.P., The Economic Impacts of NIST Cholesterol Standards Program, *NIST Planning Report* 00-4, septembre 2000.
19. Martin S.A. *et al.*, Economic Impact of Standard Reference Materials for Sulfur in Fossil Fuels, Research Triangle Park, North Carolina, USA, Research Triangle Institute, *NIST Planning Report* 00-1, février 2000.
20. Semerjian H.G., Beary E.S., *Impact of Metrology on the Economy and Quality of Life*, International Symposium on Measurement Standards 2002, Tokyo, avril 2002.
21. Klee G.F., *Requirements of physicians for standardized/comparable measurements; Impact on medical decisions*, Mayo Clinic (présenté à une réunion en juin 2002).
22. May W.E., Testimony before the Subcommittee on Science, Technology and Space, Committee on Commerce, Science and Transportation, United States Senate, on E-Health and Technology: Empowering Consumers in a Simpler, More Cost Effective Health Care System, NIST ([www.nist.gov/testimony/01index.htm](http://www.nist.gov/testimony/01index.htm)), juillet 2001.
23. Swan G.M.P., *The Economics of Measurement*, Manchester Business School of the University of Manchester, Report for NMS Review, juin 1999.
24. Bowns S., Department of Trade and Industry National Measurement System Policy Unit, Review of the Rationale for and Economic Benefit of the U.K National Measurement System, PA Consulting Group, novembre 1999.
25. MacDonald M. *et al.*, *Institute for National Measurement Standards: Economic Impact Study*, KPMG Consulting, septembre 2001.
26. Williams G., *The assessment of the economic role of measurements and testing in modern society*, University of Oxford, European Measurement Project funded under the GROWTH Programme by the DG-Research of the European Commission, juillet 2002.
27. MacDonald M., *Potential Economic Impact of the CIPM Mutual Recognition Arrangement*, KPMG Consulting, avril 2002.
28. CIPM, Convocation de la 22<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures, Paris, octobre 2003.
29. ISO Guide 34, *General requirements for the competence of reference material producers* (Exigences générales pour la compétence des producteurs de matériaux de référence, disponible en anglais seulement), ISO, 2000.
30. ISO Guide 35, *Certification des matériaux de référence - Principes généraux et statistiques*, ISO, 1999.
31. BIPM website : [www.bipm.org](http://www.bipm.org)