

Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR)

Consultative Committee
for Photometry and Radiometry (CCPR)

Rapport de
la 14^e session
(juin 1997)
Report of
the 14th Meeting
(June 1997)



Bureau
international
des poids
et mesures

Organisation
intergouvernementale
de la Convention
du Mètre

Comité consultatif de photométrie et radiométrie ■ 14^e session (juin 1997)
Consultative Committee for Photometry and Radiometry ■ 14th Meeting (June 1997)

Comité consultatif de photométrie et radiométrie
14^e session (10-11 juin 1997)

P. Giacomo
A. Corróns In Won Lee
E. Ikonen
P. Bloembergen
P. Martin
P. Blaser B. Wende
R. Saunders
G. Dezsi
Chen Xiaju
J.L. Gardner
D. Nettleton
B.F. Denner
J. Bastie



N.P. Fox
P. Nemeček
R. Goebel
H. Onuki
T.J. Quinn
M. Stock
R. Köhler
A.J. Wallard
L.P. Boivin
J. Metzendorf
M.-L. Rastello
A. Bittar
P. Soardo
A.C. Parr

Bureau international des poids et mesures

Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR)

14^e session (juin 1997)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 45)

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

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

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

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Stedi, Paris

ISSN 0069-6447
ISBN 92-822-2161-X

TABLE DES MATIÈRES

Photographie des participants à la 14 ^e session du Comité consultatif de photométrie et radiométrie	2
États membres de la Convention du Mètre	8
Le BIPM et la Convention du Mètre	9
Liste des membres du Comité consultatif de photométrie et radiométrie	13
Rapport au Comité international des poids et mesures, par J.L. Gardner	15
Ordre du jour	16
1 Ouverture de la session ; nomination d'un rapporteur ; approbation de l'ordre du jour	19
2 Rapport d'activité et résultats préliminaires des comparaisons en cours	21
2.1 Radiomètres cryogéniques utilisant des récepteurs à piège comme instruments de transfert	21
2.2 Sensibilité lumineuse des photomètres	21
2.3 Intensité lumineuse et flux lumineux	22
2.4 Aire des ouvertures	23
2.5 Luminance énergétique spectrale	23
3 Identification des comparaisons clés dans le domaine de la radiométrie et de la photométrie	24
3.1 Introduction générale	24
3.2 Rapport préliminaire du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés	26
3.3 Liens avec les groupes régionaux	31
3.4 Rôle du CCPR dans l'organisation des comparaisons	31

4 Brefs rapports	33
4.1 Programme de travail du BIPM en radiométrie et en photométrie	33
4.2 Activités de la CIE	33
4.3 Groupe de travail du CCPR sur la radiométrie spectrale pour l'ultraviolet dans l'air	33
4.4 Groupe de travail commun au CCT et au CCPR	35
4.5 Commentaires sur les activités des organisations régionales de métrologie	35
5 Questions diverses	37
6 Date de la prochaine session	38
Annexe P 1. Documents de travail présentés à la 14^e session du CCPR	39
Liste des sigles utilisés dans le présent volume	41

ÉTATS MEMBRES DE LA CONVENTION DU MÈTRE

Afrique du Sud	Iran (Rép. islamique d')
Allemagne	Irlande
Argentine	Israël
Australie	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Mexique
Brésil	Norvège
Bulgarie	Nouvelle-Zélande
Cameroun	Pakistan
Canada	Pays-Bas
Chili	Pologne
Chine	Portugal
Corée (Rép. de)	Roumanie
Corée (Rép. pop. dém. de)	Royaume-Uni
Danemark	Russie (Féd. de)
Dominicaine (Rép.)	Singapour
Égypte	Slovaquie
Espagne	Suède
États-Unis	Suisse
Finlande	Tchèque (Rép.)
France	Thaïlande
Hongrie	Turquie
Inde	Uruguay
Indonésie	Venezuela

LE BIPM ET LA CONVENTION DU MÈTRE

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) a été créé par la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau international a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m²) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français ; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre.

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures physiques ; il est donc chargé :

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux ;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes ;
- d'effectuer et de coordonner les mesures des constantes physiques fondamentales qui interviennent dans les activités ci-dessus.

Le Bureau international fonctionne sous la surveillance exclusive du Comité international des poids et mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) à laquelle il présente son rapport sur les travaux accomplis par le Bureau international.

La Conférence générale rassemble des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans dans le but :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système international d'unités (SI), forme moderne du Système métrique ;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;
- d'adopter toutes les décisions importantes concernant la dotation, l'organisation et le développement du Bureau international.

Le Comité international comprend dix-huit membres appartenant à des États différents ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau international. La principale mission du Comité international est d'assurer l'unification mondiale des unités de mesure, en agissant directement, ou en soumettant des propositions à la Conférence générale.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau international ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques et radiométriques (1937), des rayonnements ionisants (1960) et aux échelles de temps (1988). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 ; de nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la section des rayonnements ionisants, en 1984 pour le travail sur les lasers et en 1988 a été inauguré un bâtiment pour la bibliothèque et des bureaux.

Environ quarante-cinq physiciens et techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau international. Ils y font principalement des recherches métrologiques, des comparaisons internationales des réalisations des unités et des vérifications d'étalons. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié avec les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau international en 1927, le Comité international a institué, sous le nom de Comités consultatifs, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités consultatifs, qui peuvent créer des groupes de travail temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer au Comité international des recommandations concernant les unités.

Les Comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1963, **31**, 97). Ils tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers. Le président de chaque Comité consultatif est désigné par le Comité international ; il est généralement membre du Comité international. Les Comités consultatifs ont pour membres des laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés, dont la liste est établie par le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils comprennent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un représentant du Bureau international (Critères pour être membre des Comités consultatifs, *BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1996, **64**, 6). Ces Comités sont actuellement au nombre de neuf :

1. Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CEEM), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif d'électricité (CCE) créé en 1927 ;
2. Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité consultatif de photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le CCE s'est occupé des questions de photométrie) ;
3. Le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937 ;
4. Le Comité consultatif des longueurs (CCL), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM) créé en 1952 ;
5. Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS) créé en 1956 ;
6. Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI) créé en 1958 (en 1969, ce Comité consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons x et γ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α) ; cette dernière section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II) ;
7. Le Comité consultatif des unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité consultatif a remplacé la « Commission du système d'unités » instituée par le Comité international en 1954) ;
8. Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980 ;
9. Le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), créé en 1993.

Les travaux de la Conférence générale, du Comité international et des Comités consultatifs sont publiés par les soins du Bureau international dans les collections suivantes :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence générale des poids et mesures* ;
- *Procès-verbaux des séances du Comité international des poids et mesures* ;
- *Rapports des sessions des Comités consultatifs*.

Le Bureau international publie aussi des monographies sur des sujets métrologiques particuliers et, sous le titre *Le Système international d'unités (SI)*, une brochure remise à jour périodiquement qui rassemble toutes les décisions et recommandations concernant les unités.

La collection des *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée par décision du Comité international, de même que le *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (11 volumes publiés de 1966 à 1988).

Les travaux du Bureau international font l'objet de publications dans des journaux scientifiques ; une liste en est donnée chaque année dans les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité international des poids et mesures, publie des articles sur la métrologie scientifique, sur l'amélioration des méthodes de mesure, les travaux sur les étalons et sur les unités, ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

LISTE DES MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE

au 10 juin 1997

Président

A.J. Wallard, membre du Comité international des poids et mesures, National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

Secrétaire exécutif

R. Köhler, Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

Membres

Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie [BNM-INM], Paris.
Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.

CSIR, National Metrology Laboratory [CSIR], Pretoria.

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

Departamento de Metrologia, Instituto de Fisica Aplicada [CSIC-IFA], Madrid.

Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba.

Industrial Research Limited, Measurement Standards Laboratory of New Zealand [IRL], Lower Hutt.

Institut de recherche de Russie pour les mesures en optique physique [VNIIOFI], Moscou.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [IEN], Turin.

Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejon.

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

Office fédéral de métrologie [OFMET], Wabern.

Országos Mérésügyi Hivatal [OMH], Budapest.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE

RAPPORT
DE LA 14^e SESSION

(10-11 juin 1997)

AU COMITÉ INTERNATIONAL
DES POIDS ET MESURES

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la session ; nomination d'un rapporteur ; approbation de l'ordre du jour.
- 2 Rapport d'activité et résultats préliminaires des comparaisons en cours :
 - 2.1 Radiomètres cryogéniques utilisant des récepteurs à piège comme instruments de transfert ;
 - 2.2 Sensibilité lumineuse des photomètres ;
 - 2.3 Intensité lumineuse et flux lumineux ;
 - 2.4 Aire des ouvertures ;
 - 2.5 Luminance énergétique spectrale.
- 3 Identification des comparaisons clés dans le domaine de la radiométrie et de la photométrie :
 - 3.1 Introduction générale ;
 - 3.2 Rapport préliminaire du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés ;
 - 3.3 Liens avec les groupes régionaux ;
 - 3.4 Rôle du CCPR dans l'organisation des comparaisons.
- 4 Brefs rapports :
 - 4.1 Programme de travail du BIPM en radiométrie et en photométrie ;
 - 4.2 Activités de la CIE ;
 - 4.3 Groupe de travail du CCPR sur la radiométrie spectrale pour l'ultraviolet dans l'air ;
 - 4.4 Groupe de travail commun au CCT et au CCPR ;
 - 4.5 Commentaires sur les activités des organisations régionales de métrologie.

5 Questions diverses.

6 Date de la prochaine session.

1 OUVERTURE DE LA SESSION ; NOMINATION D'UN RAPPORTEUR ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR

Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) a tenu sa 14^e session au Bureau international des poids et mesures (BIPM), à Sèvres ; quatre séances ont eu lieu le mardi 10 et le mercredi 11 juin 1997.

Étaient présents : MM. J. Bastie (BNM-INM), A. Bittar (IRL), P. Blaser (OFMET), L.P. Boivin (NRC), Chen Xiaju (NIM), A. Corróns (CSIC-IFA), B.F. Denner (CSIR), G. Dezsi (OMH), N.P. Fox (NPL), J.L. Gardner (CSIRO), In Won Lee (KRISS), J. Metzdorf (PTB), P. Nemeček (SMU), D. Nettleton (NPL), H. Onuki (ETL), A.C. Parr (NIST), T.J. Quinn (directeur du BIPM), Mme M.-L. Rastello (IEN), MM. V. Sapritsky (VNIIOFI), R. Saunders (NIST), P. Soardo (IEN), A.J. Wallard (président), B. Wende (PTB).

Invités : MM. P. Bloembergen (NMI-VSL), E. Ikonen (HUT).

Assistaient aussi à la session : MM. R. Goebel, R. Köhler, M. Stock (BIPM).

Le président ouvre la session. C'est la première fois qu'il participe à une réunion du CCPR, aussi présente-t-il ses antécédents dans le domaine de l'optique et explique-t-il que le rôle du président d'un Comité consultatif est principalement de faire le lien entre ce comité et le Comité international. Il considère que les Comités consultatifs sont au service des utilisateurs de la métrologie ; leur rôle est, en particulier, de rendre compte, pour les besoins du commerce, de l'équivalence entre les organismes d'accréditation. Il signale que le CCPR est le deuxième Comité consultatif par ordre d'ancienneté ; ses centres d'intérêt actuels sont liés aux applications des progrès technologiques. Il rend hommage à l'ancien président du CCPR, M. Blevin, pour sa contribution aux travaux de ce Comité consultatif. M. Blevin a présidé le CCPR pendant quatorze ans et il est membre du Comité international depuis trente-deux ans.

Le directeur du BIPM accueille à son tour les participants à la réunion.

M. Gardner est nommé rapporteur.

L'ordre du jour est adopté, après quelques changements.

La liste des documents présentés à la session figure à l'Annexe P 1 (page 39).

2 RAPPORT D'ACTIVITÉ ET RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DES COMPARAISONS EN COURS

M. Köhler résume les activités en cours. Il demande aussi, en qualité de secrétaire exécutif du CCPR, à être tenu informé des échanges de courrier et des événements relatifs au déroulement des comparaisons et aux activités des Groupes de travail.

2.1 Radiomètres cryogéniques utilisant des récepteurs à piège comme instruments de transfert

M. Köhler rappelle que les laboratoires qui participent à la comparaison de radiomètres cryogéniques à l'aide de récepteurs à piège comme instruments de transfert sont répartis en trois groupes séparés : l'un d'entre eux a achevé ses mesures conformément au programme, les autres n'ont pas encore commencé les leurs. Les résultats préliminaires ont été communiqués au premier groupe. Le directeur du BIPM demande de considérer les résultats comme confidentiels jusqu'à ce que tous les laboratoires aient achevé leurs mesures. La conclusion provisoire est que les récepteurs à piège sont de bons instruments de transfert.

2.2 Sensibilité lumineuse des photomètres

M. Köhler dit que quinze laboratoires participent à la comparaison de sensibilité lumineuse. Il s'agit d'une comparaison de photomètres du commerce, à filtre total et thermorégulés, fabriqués par trois sociétés. Un photomètre a présenté un anneau d'interférence dans le filtre d'entrée, apparemment dû à une délamination du filtre, qui s'est aggravée avec le temps. Un des laboratoires avait constaté cette anomalie avant d'effectuer les mesures et avait remplacé les photomètres. Tous les laboratoires ont récupéré leurs propres photomètres ; après achèvement des mesures au BIPM, les photomètres ont été ensuite retournés à leur laboratoire d'origine pour vérifier leur stabilité. La médiane des résultats des premières mesures présente un écart relatif de 2×10^{-3} par rapport à la candela conservée au BIPM (dont la valeur avait été adoptée

d'après la comparaison d'intensité lumineuse de 1985), avec un écart-type relatif de 8×10^{-3} .

M. Boivin demande si les laboratoires ont redéfini leur candela depuis 1985. M. Chen dit que le laboratoire chinois l'a fait. M. Köhler précise que les laboratoires qui ont redéfini leur candela seront identifiés dans le rapport final.

M. Nettleton note que les résultats ne montrent pas la réduction de l'incertitude espérée sur la réalisation de l'unité. M. Köhler dit que la non-uniformité et le manque de stabilité des récepteurs à filtre en sont principalement responsables. Le BIPM espère réduire l'incertitude en combinant une ouverture de précision et un récepteur à piège. M. Nettleton dit que les photomètres de référence du NPL sont restés stables à 2×10^{-3} près sur une période de dix ans environ. En réponse à une question de M. Boivin, il précise que les filtres n'ont pas été nettoyés. M. Köhler mentionne un rapport technique de la CIE selon lequel certains photomètres sont stables, alors que d'autres dérivent avec le temps.

M. Bloembergen s'enquiert des problèmes de délamination. MM. Boivin et Gardner décrivent leurs expériences respectives : les récepteurs ont présenté petit à petit une série d'anneaux d'interférence au niveau de l'ouverture, pas toujours au centre de celle-ci. Pour l'un des photomètres du CSIRO, les anneaux sont apparus lorsque le chauffage nécessaire à son utilisation a été appliqué ; ils ont disparu quand le courant de chauffage a été coupé. M. Köhler dit que le fabricant a confirmé l'existence d'un problème lié au collage des couches du filtre : il provient de la méthode utilisée pour appliquer la pression servant à éliminer les bulles de la colle.

MM. Gardner et Parr demandent s'il faut utiliser pour la comparaison une radiation monochromatique obtenue par dispersion ou à partir d'une source de raies spectrales. M. Köhler répond que le résultat final nécessite une comparaison au moyen de lampes à incandescence.

2.3 Intensité lumineuse et flux lumineux

M. Metzdorf dit que dix-sept laboratoires ont exprimé le désir de participer à la comparaison d'intensité lumineuse et de flux lumineux mais la PTB n'a pas encore reçu les lampes des participants. M. Metzdorf signale un certain retard dans l'acquisition des lampes et précise que les lampes WI41G sont maintenant fabriquées en Allemagne. Il pense qu'il ne sera pas possible de terminer la comparaison comme prévu en juin 1998. Le Comité souhaite que la comparaison se déroule aussi vite que possible, pour relier ses résultats à ceux de la comparaison de sensibilité lumineuse. Il aimerait disposer de quelques résultats de la comparaison de flux lumineux pour la prochaine session du CCPR. La PTB et

le BIPM feront une autre comparaison bilatérale pour fournir un lien robuste entre les résultats de cette comparaison et celle de 1985.

2.4 Aire des ouvertures

M. Parr signale que quatre laboratoires seulement ont exprimé un intérêt pour la comparaison d'aires d'ouverture. Les ouvertures sont usinées à l'outil à pointe de diamant au NIST, mais il faudra attendre 1998, et les nouvelles installations du NIST, pour effectuer les mesures. En réponse aux questions de ses collègues, M. Parr précise que le profil des ouvertures est tel qu'il est probablement impossible d'effectuer des mesures par contact. Le NIST a recours à plusieurs méthodes : une méthode par contact pour les ouvertures de grande taille et une méthode optique pour la comparaison. M. Quinn signale que les progrès effectués dans les méthodes par contact permettent maintenant de faire des mesures à quelques dizaines de nanomètres près ; le BIPM pourrait y participer à l'avenir. M. Ikonen dit que la Finlande aimerait aussi y participer. M. Saunders suggère de lancer une nouvelle invitation, d'autres laboratoires étant susceptibles d'être intéressés. En réponse à la suggestion de M. Nettleton de consulter rapidement des experts dans le domaine de la diffraction, M. Parr dit que ses collègues du NIST, qui effectuent des mesures dans l'infrarouge, sont compétents en la matière.

2.5 Luminance énergétique spectrale

M. Sapritsky signale que les installations pour la comparaison de luminance énergétique spectrale au VNIIOFI sont en cours de préparation ; les étalons de référence sont des corps noirs en graphite pyrolytique et à microcanaux. De nouvelles optiques à miroir sont fabriquées pour les comparaisons de lampes, afin de réduire les effets dus aux aberrations. Les commandes de lampes Polaron employées dans la comparaison stipulent six mois de délai mais la comparaison pourrait tout de même débuter en septembre ou octobre 1998. Le Comité décide d'effectuer la comparaison aux longueurs d'onde situées entre 240 nm et 2500 nm ; à 220 nm, il faudrait utiliser des lampes à deutérium ainsi que des lampes Polaron en quartz et à halogène. M. Köhler note que quatre laboratoires seulement sont intéressés ; en qualité de secrétaire du CCPR, il fera circuler une nouvelle proposition plus détaillée. Une comparaison en étoile inversée est proposée : les laboratoires soumettront chacun deux séries de trois lampes chacune, fonctionnant à différentes températures et dans différents domaines de longueur d'onde.

3 IDENTIFICATION DES COMPARAISONS CLÉS DANS LE DOMAINE DE LA RADIOMÉTRIE ET DE LA PHOTOMÉTRIE

3.1 Introduction générale

M. Quinn note que la nécessité de rendre compte de l'équivalence des mesures entre les différents pays s'accroît. Elle est motivée d'abord par les besoins du commerce, plus que par les intérêts scientifiques.

À l'heure actuelle, l'équivalence internationale des mesures repose largement sur des certificats d'étalonnage nationaux (souvent fournis par des laboratoires ayant un service d'étalonnage secondé par un service d'assurance de la qualité s'appuyant sur une documentation), mais la documentation qui s'y réfère n'est pas systématique. En identifiant les comparaisons clés, l'objectif est de sélectionner une série de mesures qui permettront de comparer les résultats obtenus par un laboratoire à ceux des autres laboratoires participant à la comparaison, afin d'établir le niveau de compétence de ce laboratoire par rapport aux autres dans un domaine particulier. Bien que ces comparaisons clés ne constituent qu'une petite partie des mesures effectuées dans un domaine particulier, elles sont choisies de manière à faire appel à un haut niveau de compétence et afin de donner confiance dans les mesures connexes effectuées par ce laboratoire.

Les comparaisons clés sont organisées par les Comités consultatifs, puis répétées au niveau régional. Une comparaison régionale comprend toujours au moins un laboratoire ayant participé à la comparaison organisée par le Comité consultatif. Ce système n'exclut pas les comparaisons bilatérales, mais le mécanisme des comparaisons clés est un moyen plus efficace pour assurer l'équivalence des mesures entre un plus grand nombre de laboratoires.

Les Comités consultatifs sont considérés comme des experts techniques chargés d'évaluer les résultats des comparaisons clés. Pour chaque comparaison clé, une moyenne pondérée appropriée des résultats ou leur médiane, ainsi

qu'une incertitude tenant compte des effets des corrélations, donnent la valeur de référence. Celle-ci est une bonne approximation de la meilleure valeur, exprimée en unité SI, on l'appelle « valeur SI de référence ». M. Quinn prend pour exemple la récente comparaison de sensibilité spectrale. Celle-ci a abouti à des conclusions différentes selon le domaine de longueur d'onde : dans le domaine de l'ultraviolet, le problème posé par la présence d'un résultat aberrant peut être résolu en prenant la médiane des résultats, plutôt que la moyenne. Il note que le BIPM étudie ce problème dans le cadre d'une étude sur les « statistiques robustes ».

M. Wallard rappelle au Comité que le nombre de comparaisons clés est limité ; le Comité doit mettre au point un protocole pour chacune d'entre elles, ce qui représente un travail considérable pour les laboratoires concernés. Il ouvre la discussion sur la présentation de M. Quinn.

M. Gardner pense que le problème du rattachement à l'unité SI doit être analysé séparément dans la comparaison ; il ne peut pas être considéré comme résolu par la valeur moyenne. Seuls les laboratoires qui réalisent l'unité de manière indépendante doivent être pris en compte. M. Quinn répond que c'est ce qu'il avait à l'esprit dans sa déclaration sur les corrélations. M. Parr demande pourquoi on procède ainsi ; M. Quinn lui répond que les organismes d'accréditation internationaux ont demandé au BIPM d'expliquer comment les laboratoires nationaux parviennent à un accord sur leurs résultats. La publication des résultats dans *Metrologia*, sous la forme habituelle, ne suffit pas : il faut rendre compte de façon claire de l'équivalence, parce que les organisations commerciales internationales cherchent à réduire les barrières techniques au commerce. M. Wallard explique que les accords européens sont considérés, hors d'Europe, comme restrictifs et protectionnistes. Même si un accord existe (Memorandum of Understanding), il est vraisemblable que son application reste limitée. M. Soardo dit que les systèmes d'accréditation fondent leurs accords de reconnaissance sur la confiance dans les méthodes employées, à la suite de visites et de comparaisons. Il est nécessaire que les pays qui ne disposent pas d'une compétence jugée suffisante participent à ces accords, afin qu'ils acceptent officiellement les mesures effectuées dans d'autres pays. M. Boivin exprime sa préoccupation quant à la nature politique des déclarations d'équivalence et à leur extension à des certificats d'étalonnage de second ordre. M. Quinn répond que le résultat de la comparaison est une déclaration d'ordre technique ; il s'agit de définir quel est le niveau minimal d'équivalence entre les laboratoires nationaux. M. Nettleton dit que les utilisateurs ne seront probablement pas préoccupés par l'existence de résultats aberrants ; les certificats d'étalonnage donneront généralement une barre

d'incertitude beaucoup plus grande que celle qui résulte de la mise en oeuvre des étalons primaires dans les laboratoires nationaux.

M. Parr estime que ce n'est pas le rôle des Comités consultatifs de définir l'équivalence des systèmes d'accréditation, et il s'inquiète des problèmes légaux liés à la valeur SI de référence. Par exemple, les unités SI fournies par le NIST ont valeur légale aux États-Unis. M. Quinn répond que les propositions faites cherchent à interférer le moins possible avec les systèmes nationaux. M. Denner pense que le nouveau système a l'avantage de supprimer la nécessité d'accords bilatéraux entre des pays particuliers, accords coûteux, en particulier pour les pays qui ne sont pas membres de la Convention du Mètre.

M. Quinn confirme que les résultats de toutes les comparaisons clés seront publiés, avec le nom de chaque laboratoire, pour servir de base technique. Les laboratoires auront la possibilité de corriger les erreurs évidentes. Le BIPM ne fera pas d'analyse ni de commentaire ultérieur, notamment sur les accords entre des laboratoires particuliers.

M. Nettleton pense qu'il est difficile de donner une représentation constante d'une unité SI lorsque l'incertitude est élevée. M. Metzdorf se pose des questions sur les méthodes employées pour obtenir la valeur moyenne d'une comparaison et gérer les résultats aberrants. Il se réfère à une récente comparaison à laquelle ont participé treize laboratoires, dans laquelle seulement quatre d'entre eux avaient étalonné leurs équipements par rapport à des étalons primaires. M. Soardo dit que le marché ne s'intéresse qu'à l'équivalence des certificats, mais pas à la référence à l'unité SI. M. Bloembergen est d'accord ; il se demande si la référence à la valeur de l'unité SI n'est pas perdue de vue dans cette recherche d'équivalence. M. Quinn veut accorder plus d'importance à l'emploi des unités SI. La valeur SI de référence et les déclarations d'équivalence peuvent être considérées comme deux objectifs séparés de la comparaison. De même, on peut rechercher une grande stabilité, si les industriels le demandent. M. Wende se demande si, dans certains cas, le résultat d'une comparaison attribuera une valeur de référence à un étalon matériel, plutôt que la valeur SI de référence.

L'objectif d'une comparaison clé doit-il toujours être d'obtenir la « valeur SI de référence » ? Les avis sont partagés.

3.2 Rapport préliminaire du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés

M. Parr présente le document CCPR/97-3 et souligne que la discussion centrée sur les comparaisons clés est liée aux échanges commerciaux et non aux questions scientifiques. Il note que l'utilisation du courrier électronique a été

fort utile pour les discussions. Les cinq comparaisons considérées comme « clés » par le Groupe de travail sont les comparaisons d'éclairement énergétique spectral, de sensibilité spectrale, d'intensité lumineuse (et/ou de sensibilité lumineuse), de flux lumineux et de facteur de réflexion spectrale diffuse. M. Wallard remercie M. Parr et les membres du Groupe de travail pour leurs efforts et ouvre la discussion.

M. Gardner dit que les domaines cités favorisent les laboratoires ayant de bons équipements de mesure, mais qu'un laboratoire effectuant des mesures d'éclairage et ne possédant pas d'équipements pour les mesures spectrales, pourra difficilement déterminer la température de répartition, même si on peut la dériver des mesures d'éclairement énergétique spectral. Il est décidé, si le besoin s'en fait sentir, que les groupes régionaux de métrologie pourront organiser des comparaisons de grandeurs telles que la température de répartition. M. Wallard note que des laboratoires autres que les laboratoires nationaux de métrologie peuvent être invités à participer aux comparaisons régionales. M. Soardo demande si des laboratoires des groupes régionaux qui ne sont pas représentés au CCPR pourraient participer aux principales comparaisons. M. Quinn répond que, de manière générale, cela risque d'être impossible à gérer. En fait, les critères d'appartenance au CCPR devraient permettre à tous les laboratoires nationaux ayant un haut niveau de compétence technique d'en être membre. Il est possible à des observateurs des Comités consultatifs, qui ne remplissent pas tout à fait les conditions pour en être membres, de participer aux comparaisons des Comités consultatifs à la condition qu'ils soient des laboratoires nationaux, effectuant des recherches sur les étalons et ayant déjà participé à des comparaisons. M. Lee demande que le nombre de comparaisons clés reste limité, car les ressources sont limitées. M. Metzdorf dit qu'un certain nombre de conditions ne sont pas définies, par exemple il est sous-entendu que le flux lumineux et l'intensité lumineuse considérés sont ceux de lampes à incandescence, et non de lampes à décharge ou à fluorescence. M. Rastello dit qu'il en est de même du domaine de mesure, les comparaisons se font typiquement à 2500 lm, alors que beaucoup de mesures se font à des valeurs plus basses. M. Quinn répond que les comparaisons clés ne concernent qu'un petit nombre de mesures ; leur but est de donner confiance dans les mesures effectuées dans des domaines connexes, et pas seulement dans les mesures relatives aux grandeurs qui ont fait l'objet des comparaisons.

M. Nettleton dit que le domaine de longueurs d'onde concerné doit être clairement défini pour chaque comparaison, car des techniques différentes sont utilisées selon la région. Il suggère aussi de faire des comparaisons clés

de facteur de transmission spectrale régulière, car les comparaisons de ce type sont parmi les plus courantes de celles identifiées par EUROMET. M. Metzdorf évoque le besoin de définir la géométrie et le domaine de longueur d'onde pour le facteur de réflexion spectrale diffuse. Si peu de laboratoires ont les équipements nécessaires, il n'est peut-être pas approprié que cette comparaison soit une comparaison clé. M. Quinn répond que le facteur déterminant est l'importance du domaine concerné : dans certains cas, un nombre restreint de laboratoires peut avoir une grande influence. M. Metzdorf dit que des laboratoires non représentés au CCPR jouent un rôle important dans les mesures de facteur de réflexion diffuse. M. Nettleton souligne la nécessité d'une échelle mondiale de réflexion diffuse, domaine qui préoccupe actuellement la CIE. M. Quinn dit que les grandeurs sans dimension comme le facteur de réflexion sont importantes, car elles représentent un rapport entre deux exemplaires d'une même grandeur. M. Parr répète que les grandeurs ont été choisies par le Groupe de travail en fonction de leur importance pour les échanges commerciaux. Elles ne sont pas limitatives. M. Wallard est de son avis, d'autres comparaisons qui ne figurent pas sur cette liste pourraient s'avérer nécessaires pour des raisons scientifiques. M. Köhler signale, par exemple, que des comparaisons de luminance énergétique spectrale sont nécessaires.

M. Saunders demande quelle doit être la fréquence des comparaisons clés. M. Quinn répond qu'elle doit être régulière. En général, une période de dix ans semble convenable, mais celle-ci pourrait être modifiée pour tenir compte des progrès technologiques.

Le Comité approuve les cinq comparaisons clés proposées. M. Nettleton suggère d'ajouter une comparaison de facteur de transmission spectrale régulière ; le CCPR est d'accord. M. Wallard remercie M. Parr et le Groupe de travail pour leurs efforts. La discussion passe ensuite aux points particuliers.

1. Éclairement énergétique spectral

Souhaitent participer à une comparaison d'éclairement énergétique spectral les laboratoires suivants : BNM, CSIC, CSIR, CSIRO, ETL, HUT, IEN, KRISS, OFMET, OMH, NIM, NIST, NMi, NPL, NRC, PTB, SMU.

Les longueurs d'onde considérées comme importantes sont situées entre 200 nm et 400 nm ou entre 250 nm et 2500 nm ; elles font appel à différents types de lampes. M. Nettleton signale qu'une comparaison dans le domaine de 200 nm à 400 nm est en cours. Le choix se porte sur le domaine compris entre 250 nm et 2500 nm. Le NPL et la PTB sont tous deux volontaires pour en être le

laboratoire pilote. M. Köhler dit que le BIPM est aussi intéressé, mais n'a pas actuellement toutes les installations nécessaires. Un comité pilote comprenant le NPL (coordonnateur), le NIST, la PTB et le BIPM est formé. La comparaison devrait débuter en avril 1998 (envoi des invitations), pour se terminer d'ici trois ans.

2. Sensibilité spectrale

Souhaitent participer à une comparaison de sensibilité spectrale les laboratoires suivants : BNM, CSIC, CSIR, CSIRO, ETL, HUT, IEN, IRL, KRISS, NIM, NIST, NMI, NPL, NRC, OFMET, OMH, PTB, SMU.

M. Gardner demande si la comparaison qui vient de se terminer doit être considérée comme une comparaison clé. M. Quinn dit que si le protocole est satisfaisant, le Comité pourrait mettre en place un Groupe de travail afin de présenter les résultats sous la forme requise pour en faire une comparaison clé. M. Nettleton remarque que les laboratoires ont peut-être modifié leur méthode de travail ou leurs étalons depuis la comparaison. M. Boivin demande si la comparaison en cours utilisant des récepteurs à piège doit être considérée comme une comparaison clé de sensibilité spectrale. M. Bastie suggère que son objectif est différent : il s'agit de comparer des radiomètres cryogéniques. M. Fox dit que les comparaisons de radiomètres cryogéniques permettent de donner hautement confiance dans les activités connexes. M. Parr rappelle au Comité que les comparaisons clés sont choisies pour satisfaire des intérêts commerciaux plutôt que scientifiques.

Le Comité décide d'entreprendre une nouvelle comparaison de sensibilité spectrale car les laboratoires qui utilisent un radiomètre cryogénique sont maintenant plus nombreux. De plus, on a beaucoup travaillé à mettre en oeuvre des récepteurs à filtre depuis la précédente comparaison. M. Wende met en doute l'emploi de récepteurs au silicium dans l'ultraviolet, car l'exposition à des longueurs d'onde courtes affecte la stabilité de leur réponse aux longueurs d'onde plus longues. Deux domaines de longueur d'onde sont choisis, couvrant différentes techniques et permettant de partager les efforts entre les laboratoires. M. Nettleton signale que des efforts importants ont été déployés pour préparer les photodiodes au silicium qui ont servi d'étalons lors de la précédente comparaison ; celles-ci pourraient resservir. M. Köhler préférerait utiliser des récepteurs à piège qui offrent une meilleure stabilité, même s'il en existe peu actuellement. M. Boivin signale que les récepteurs à piège diaphragment les faisceaux, il préférerait employer des photodiodes simples (avec des fenêtres de meilleure qualité que celles des récepteurs du commerce). Le NIST est volontaire pour être le laboratoire pilote pour les

mesures dans l'infrarouge et l'IRL dans le visible. Un Groupe de travail est chargé des détails ; il comprend le BIPM (coordonnateur), l'IRL, le NIST, le NPL, le NRC et la PTB. Les mesures devraient débuter en décembre 1997.

3. Sensibilité ou intensité lumineuse

Les dix-huit laboratoires participants sont tous intéressés par une comparaison de sensibilité ou d'intensité lumineuse. Les comparaisons sont fréquentes dans ce domaine ; les comparaisons en cours seront donc considérées comme des comparaisons clés. M. Saunders signale que quinze laboratoires seulement y participent en ce moment, d'autres laboratoires intéressés pourraient être invités à y participer. La PTB continue à coordonner la comparaison d'intensité lumineuse et le BIPM celle de sensibilité lumineuse.

4. Flux lumineux

Souhaitent participer à une comparaison de flux lumineux les laboratoires suivants : BNM, CSIC, CSIR, CSIRO, ETL, IEN, KRISS, OMH, NIM, NIST, NPL, NRC, OFMET, PTB, SMU.

Cette comparaison est en cours ; la PTB en est le coordonnateur. M. Denner demande si cette comparaison est limitée aux laboratoires qui possèdent des goniophotomètres. M. Köhler répond que non, mais les informations sur les goniophotomètres sont utiles pour l'analyse des résultats.

5. Facteur de réflexion spectrale diffuse

Souhaitent participer à une comparaison de facteur de réflexion spectrale diffuse les laboratoires suivants : BNM, CSIC, ETL, IEN, IRL, KRISS, NIM, NIST, NMi, NPL, NRC, OMH, PTB, SMU.

Il est décidé : 1) que les mesures seront limitées au domaine du visible ; 2) qu'il ne s'agit pas de mesures du facteur de distribution de réflexion bi-directionnel, et 3) que la géométrie exacte à utiliser sera déterminée par le Groupe de travail formé du NIST (coordonnateur), du KRISS, du NPL, du NRC et de la PTB. Un échantillon de référence sera distribué aux laboratoires pour vérifier la méthode de mesure. Cette comparaison n'a pas pour objectif de vérifier l'exactitude absolue de la valeur attribuée à la référence. La comparaison commencera en décembre 1997.

6. Facteur de transmission spectrale régulière

Souhaitent participer à une comparaison de facteur de transmission spectrale régulière les laboratoires suivants : BNM, CSIC, CSIR, CSIRO, ETL, HUT, IEN, IRL, KRISS, NIST, NMi, NPL, NRC, OFMET, OMH, PTB, NIM.

Le domaine de l'infrarouge est considéré comme important, car il est largement employé dans l'industrie pharmaceutique. Le Groupe de travail doit décider de la longueur d'onde, de l'emploi exclusif de filtres neutres pour vérifier l'exactitude photométrique, et de la nécessité de vérifier l'exactitude de la longueur d'onde. Une première comparaison doit commencer en décembre 1997, la périodicité des comparaisons suivantes sera déterminée d'après les résultats. Un Groupe de travail est créé ; il comprend le BNM (coordonnateur), l'IRL, le NIST, le NPL et la PTB.

3.3 Liens avec les groupes régionaux

M. Wallard note que les groupes régionaux comme l'APMP, EUROMET et NORAMET sont bien représentés au CCPR ; les résultats peuvent aisément leur être communiqués. M. Denner note que le CSIR est le seul laboratoire d'Afrique, mais qu'il est relié à l'APMP.

3.4 Rôle du CCPR dans l'organisation des comparaisons

M. Quinn propose qu'un Groupe de travail soit chargé des comparaisons clés. Ce groupe devra déterminer le protocole à suivre, le déroulement des opérations, établir la liste des principales composantes de l'incertitude à prendre en compte dans la publication des résultats et inviter tous les laboratoires membres du CCPR à y participer (une copie des invitations sera aussi envoyée au secrétaire exécutif du CCPR, au BIPM). Les résultats seront présentés au CCPR pour y être discutés avant publication.

M. Gardner demande si des laboratoires industriels non membres du CCPR, en particulier ceux ayant une compétence particulière dans le domaine des mesures des facteurs de transmission et de réflexion, devraient être invités à y participer. Le Comité est d'avis que ces laboratoires sont si peu nombreux qu'ils peuvent être invités à participer à la comparaison au niveau régional.

Un Groupe de travail chargé de coordonner les comparaisons clés est formé de MM. Wallard (président), Köhler (secrétaire) et du CSIRO, de l'ETL, du KRISS, du NIM, du NPL et de la PTB.

Les attributions de ce Groupe de travail sont les suivantes :

- identifier les comparaisons clés ;
- suivre les progrès des comparaisons clés ;
- assurer la cohérence de l'interprétation des résultats des comparaisons clés ;
- identifier les tendances ou les problèmes qui se manifestent ;
- assurer la cohérence dans le traitement des incertitudes et des valeurs de référence ;

- recevoir et examiner les résultats des comparaisons clés effectuées par les organisations régionales de métrologie.

La première tâche de ce groupe est de mettre au point une méthode pour l'analyse des résultats, à exprimer par une moyenne, une médiane, ou autrement, d'en tirer les conséquences, et d'évaluer le rapport sur la comparaison d'ultraviolet dans l'air en tant que comparaison clé. La plupart des membres seront présents ou représentés à la première réunion qui aura lieu pendant la conférence NEWRAD'97.

4 BREFS RAPPORTS

4.1 Programme de travail du BIPM en radiométrie et en photométrie

M. Köhler présente les documents CCPR/97-5, 97-7 et 97-8. Une visite des laboratoires du BIPM est prévue. Le Comité félicite le BIPM pour ses activités dans le domaine de la radiométrie et de la photométrie.

4.2 Activités de la CIE

M. Bastie signale que la CIE produit des normes dans le domaine de la radiométrie et de la photométrie, normes qui sont soumises pour adoption à l'ISO, et notamment une norme relative à $V(\lambda)$ qui était considérée comme provisoire depuis 1924. Il cite les rapports techniques récents et les publications de la CIE dans des domaines d'intérêt qui intéressent le CCPR, et il signale que le *Vocabulaire international de l'éclairage* de la CIE est en cours de révision.

4.3 Groupe de travail du CCPR sur la radiométrie spectrale pour l'ultraviolet dans l'air

M. Wende présente le document CCPR/97-1. La comparaison de luminance énergétique spectrale dans le domaine de 200 nm à 400 nm, dont le résultat est la moyenne des mesures de neuf lampes à deutérium, a montré que le NIST, le NPL et la PTB s'accordent à un écart-type près à 200 nm, le NPLs'écarter légèrement plus à 400 nm. M. Nettleton dit que l'accord est meilleur après application d'une correction qui tient compte du vieillissement des lampes. Les résultats sont considérés comme acceptables, compte tenu du niveau technologique actuel. Ils montrent que les lampes à deutérium conviennent mieux pour comparer et maintenir une échelle de répartition relative de puissance spectrale qu'une échelle absolue. Leur comportement est meilleur pour la luminance énergétique spectrale que pour l'éclairement énergétique, probablement parce qu'un signal plus fort améliore la répétabilité. Toutefois, le NPL et la PTB ont constaté que, pour la luminance énergétique, la stabilité

à long terme (plusieurs années) des lampes sélectionnées est meilleure quand les lampes sont utilisées en groupe et alignées pour obtenir un signal maximal.

M. Nettleton présente d'autres résultats d'éclairage énergétique. Ici, les différences entre le NIST et la PTB sont plus significatives ; elles sont supérieures à celles observées lors de la comparaison bilatérale de 1990 entre le NIST et la PTB. Les résultats préliminaires du CSIRO sont en accord avec ceux du NIST, comme cela était prévisible, puisque leurs échelles ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. M. Saunders note que les lampes Polaron ont un niveau d'éclairage énergétique inférieur à celui des lampes FEL utilisées en 1990 et que le NIST a eu des problèmes pour aligner les lampes Polaron. Il dit aussi que le NIST a observé un bon accord interne entre son synchrotron et ses corps noirs de référence. En conclusion, des incertitudes relatives élevées, de l'ordre de 0,15 à 0,20, sont assignées aux grandeurs dans l'ultraviolet ; les spécialistes de l'espace en particulier ont besoin d'incertitudes plus faibles.

M. Parr prend cette comparaison en exemple pour illustrer les difficultés d'interprétation de ce qu'est « la valeur SI de référence ». M. Nettleton suggère que c'est un bon exemple pour permettre au Groupe de travail sur les comparaisons clés de réfléchir à la manière d'interpréter les résultats d'une comparaison clé. M. Wallard estime que le Groupe de travail sur l'éclairage énergétique spectral devrait décider de la manière de traiter les résultats. Les résultats sont encore incomplets et ont besoin d'être corrigés. Puisqu'une nouvelle comparaison d'éclairage énergétique spectral est convenue (dans le domaine de 250 nm à 2500 nm), le Comité décide que le Groupe de travail sera aussi responsable des travaux futurs dans le domaine de l'éclairage énergétique spectral, et qu'il devra faire usage de tous les renseignements disponibles. M. Quinn dit que si les résultats des comparaisons sont représentatifs de l'état de l'art des mesures en radiométrie dans l'ultraviolet, ils doivent être publiés dans *Metrologia*. MM. Metzdorf et Parr rappellent aux participants qu'à l'origine, la comparaison était une étude pilote préliminaire à une comparaison internationale. Les résultats doivent donc être publiés uniquement sous forme d'un rapport du CCPR. M. Metzdorf suggère que le Groupe de travail pour l'ultraviolet dans l'air soit dissous. M. Nettleton signale que le rapport de ce groupe proposait la poursuite du programme. M. Wallard pense que ce groupe devrait poursuivre ses activités jusqu'à la prochaine session du CCPR qui décidera de son avenir.

M. Wende résume les autres activités. Un atelier s'est tenu sur la radiométrie dans l'ultraviolet fondée sur des récepteurs. Une collaboration internationale a permis de mettre au point un nouveau récepteur dans l'ultraviolet, une diode Schottky platine-silicium sur silicium, dont la réponse n'est pas dégradée après

exposition aux rayonnements ultraviolets. La réponse de cette photodiode est inférieure, d'un facteur quatre environ, à celle des diodes classiques, mais elle est stable. Des récepteurs à piège utilisant ces photodiodes ont aussi été présentés, ils donnent de bons résultats.

4.4 Groupe de travail commun au CCT et au CCPR

M. Quinn rappelle au Comité que le Groupe de travail commun au CCT et au CCPR est chargé d'étudier si des mesures directes, au moyen de la radiométrie absolue, assurent une reproductibilité et une exactitude suffisantes pour remplacer l'EIT-90 (luminance énergétique rapportée aux points fixes) à haute température. Un tableau des incertitudes (CCPR/97-9) permet de conclure que les deux méthodes ont une exactitude équivalente d'après les meilleurs résultats actuels. M. Quinn note qu'il est difficile d'obtenir les meilleures incertitudes pour toutes les grandeurs dans une même mesure. MM. Fox, Parr et Saunders centrent la discussion sur l'exactitude de la détermination de la longueur d'onde, qui est critique quelle que soit la méthode employée. M. Sapritsky suggère de faire fonctionner un corps noir à 3000 K, plutôt qu'à 2500 K comme cela avait été proposé, pour réduire les erreurs ; les corps noirs seraient alors stables à 10^{-4} près à la température la plus haute.

Le document CCPR/97-9 propose deux séries de comparaisons, l'une de sensibilité spectrale de radiomètres à filtre (avec le NIST comme laboratoire pilote) et l'autre de méthodes pour déterminer la température thermodynamique d'un corps noir (avec le NPL comme laboratoire pilote). Ces comparaisons sont aussi recommandées dans le document CCPR/97-10. Un nombre restreint de laboratoires du CCT et du CCPR y participera. Ces comparaisons sont approuvées.

4.5 Commentaires sur les activités des organisations régionales de métrologie

M. Bloembergen présente les activités d'EUROMET : vingt-trois projets, y compris des comparaisons et ateliers, sont en cours. Des comparaisons clés sont prévues dans le domaine de l'éclairement énergétique spectral (la PTB en sera le coordonnateur), de luminance lumineuse ou d'éclairement lumineux (NPL), de puissance dans l'ultraviolet (NPL) et de puissance laser élevée (PTB). EUROMET a préparé une longue liste de grandeurs et d'instruments à comparer.

M. Gardner mentionne les comparaisons en cours ou envisagées par l'APMP dans le domaine de l'éclairement énergétique spectral (KRISS, extension de la comparaison du CCPR), de l'intensité lumineuse (CMS Taiwan) et de la

sensibilité lumineuse (CSIRO, extension de la comparaison du CCPR). Une réunion générale de l'APMP aura lieu en novembre 1997.

M. Denner signale que la zone commerciale africaine cherche à améliorer son système de mesures, comme l'a fait l'APMP. La priorité initiale est la photométrie.

M. Parr dit que NORAMET envisage de prolonger les comparaisons du CCPR en Amérique du Nord ; le principal bénéficiaire en serait le Mexique.

5 QUESTIONS DIVERSES

M. Quinn dit que la conférence internationale de radiométrie NEWRAD doit avoir lieu en octobre 1997 à Tucson, Arizona. Elle aurait besoin d'un comité scientifique permanent. Il évoquera cette question lors de la prochaine conférence, avec les spécialistes des domaines de la métrologie, de la physique solaire, des ressources terrestres et de l'espace.

M. Denner informe le comité d'une réunion sur la radiométrie qui doit avoir lieu en Afrique du Sud avant le congrès de la CIE fin 1997.

En réponse à une question de M. Saunders, M. Quinn dit que le BIPM prépare un site Web ; il demande aux membres du CCPR de signaler les liens utiles avec d'autres serveurs à M. Köhler.

6 DATE DE LA PROCHAINE SESSION

La date de la prochaine session est fixée provisoirement à avril 1999. Le directeur du BIPM remercie M. Wallard au nom de tous pour l'efficacité avec laquelle il a guidé les débats. M. Wallard remercie tous les participants, en particulier les membres des Groupes de travail, et déclare la session close.

J.L. GARDNER, rapporteur
juillet 1997
révisé en avril 1998

ANNEXE P 1.**Documents de travail présentés à la 14^e session du CCPR**

Ces documents de travail peuvent être obtenus dans leur langue originale sur demande adressée au BIPM.

Document**CCPR/**

- 97-1 Report of the working group on air-ultraviolet spectral radiometry to the Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie, Part II, Results of a comparison of UV source measurement scales, 88 p.
- 97-2 Report of the joint CCT/CCPR working group on thermodynamic temperature measurements, 4 p.
Note, by H.J. Jung (PTB, Berlin), 1 p.
- 97-3 Report of the working group on key comparisons in photometry and radiometry, by A. Parr, 4 p.
- 97-4 BIPM. — Note on « Equivalence of national measurement standards » and « Framework and Agreement for establishing metrological equivalence of national measurement standards and of calibration and other measurement certificates issued by national metrology institutes », by T.J. Quinn, 8 p.
- 97-5 BIPM. — Progress report on the international comparison of cryogenic radiometers, Explanatory note, by R. Goebel, M. Stock and R. Köhler, 1 p.
- 97-6 Current status of CCPR activities: International comparisons, working groups, 1 p.
- 97-7 BIPM. — Preliminary results from the international comparison of luminous responsivity, by R. Köhler, M. Stock, C. Garreau, 4 p.

- 97-8 BIPM. — The BIPM radiometric realization of luminous intensity, by R. Köhler, P. Martin and M. Stock, 2 p.
- 97-9 NPL (Royaume-Uni). — Proposed comparison to improve the confidence and accuracy of the measurement of thermodynamic temperature above that of the ITS-90 fixed points as required to establish spectral emission scales, by N. Fox, 6 p.
- 97-10 PTB (Allemagne). — Comments on the NPL draft proposal (doc. CCPR/97-9), by J. Fischer, 1 p.

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences

APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
BIPM	Bureau international des poids et mesures
BNM-INM	Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie, Paris (France)
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie
CCT	Comité consultatif de thermométrie
CIE	Commission internationale de l'éclairage
CIPM	Comité international des poids et mesures
CSIC-IFA	Departamento de Metrologia, Instituto de Fisica Aplicada, Madrid (Espagne)
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research, National Metrology Laboratory, Pretoria (Afrique du Sud)
CSIRO	CSIRO, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie)
*CSMU	Československý Metrologický Ústav, Bratislava (ancienne Tchécoslovaquie), <i>voir</i> SMU
*DSIR	Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande), <i>voir</i> MSL
ETL	Electrotechnical Laboratory, Tsukuba (Japon)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
HUT	Helsinki University of Technology, Helsinki (Finlande)
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie)
INM	Institut national de métrologie, Paris (France), <i>voir</i> BNM

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

IRL	Industrial Research Limited, Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande)
ISO	Organisation internationale de normalisation
KRISS	(ex KSRI) Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon (Rép. de Corée)
*KSRI	Korea Standards Research Institute, Taejon (Rép. de Corée), <i>voir</i> KRISS
*MSL	(ex DSIR) Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande), <i>voir</i> IRL
NASA	National Aeronautics and Space Administration
*NBS	National Bureau of Standards, Gaithersburg (États-Unis), <i>voir</i> NIST
NEWRAD	Conference on New Developments and Applications in Optical Radiometry
NIM	Institut national de métrologie, Beijing (Chine)
NIST	(ex NBS) National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (États-Unis)
NMi-VSL	Nederlands Meetinstituut : Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NORAMET	North American Metrology Cooperation
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
OFMET	Office fédéral de métrologie, Wabern (Suisse)
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
SMU	(ex CSMU) Slovenský Metrologický Ústav, Bratislava (Slovaquie)
VNIIOFI	Institut de recherche de Russie pour les mesures en optique physique, Moscou (Féd. de Russie)

2 Sigles des termes scientifiques

EIT-90	Échelle internationale de température de 1990
FEL	Type de lampes fabriquées par la General Electric Co. (États-Unis)
SI	Système international d'unités