

COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE

SESSION DE 1990
MEETING IN 1990



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



COMITÉ CONSULTATIF
DE
PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE

Rapport de la 12^e session
Report of the 12th Meeting

1990

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

ISBN 92-822-2117-2
ISSN 0069-6447

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 (1).

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

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles 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 déterminations relatives aux constantes physiques 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).

La Conférence générale est formée des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans. Elle reçoit à chacune de ses sessions le rapport du Comité international sur les travaux accomplis, et a pour mission :

- 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 les décisions importantes concernant l'organisation et le développement du Bureau international.

Le Comité international est composé de 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.

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 (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.

(1) Au 31 décembre 1990, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne, Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Israël, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Une quarantaine de physiciens ou 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 dans les domaines mentionnés ci-dessus. 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, le Comité international a institué depuis 1927, 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 des recommandations concernant les unités, en vue des décisions que le Comité international est amené à prendre directement ou à soumettre à la sanction de la Conférence générale pour assurer l'unification mondiale des unités de mesure.

Les comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 31, 1963, p. 97). Chaque comité consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité international, est composé de délégués de chacun des grands laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité international, de membres individuels désignés également par le Comité international et d'un représentant du Bureau international. Ces comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de huit:

1. Le 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 Comité précédent (CCE) s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937.
4. Le Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM), créé en 1952.
5. Le Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS), créé en 1956.
6. Le 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 CIPM en 1954).
8. Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980.

Les travaux de la Conférence générale, du Comité international, des comités consultatifs et du Bureau international sont publiés par les soins de ce dernier 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*;
- *Sessions des comités consultatifs*;
- *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (ce recueil hors commerce rassemble les articles publiés dans des revues et ouvrages scientifiques et techniques, ainsi que certains travaux publiés sous forme de rapports multicopiés).

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 en 1966 par décision du Comité international.

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

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME
LIST OF ACRONYMS USED IN THE PRESENT VOLUME

Sigles des laboratoires, commissions et conférences
Acronyms for laboratories, committees and conferences

ASMW	Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin (Allemagne)
BCR	Bureau communautaire de référence de la Communauté économique européenne
BESSY	Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung G.m.b.H.
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CCE	Comité consultatif d'électricité
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie
CEI/IEC	Commission électrotechnique internationale/International Electrotechnical Commission
CIE	Commission internationale de l'éclairage/International Commission on Illumination
CORM	Council for Optical Radiation Measurements (É.-U. d'Amérique)
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria (Afrique du Sud)
CSIRO	CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield (Australie)
CSMU	Československý Metrologický Ústav, Bratislava (Tchécoslovaquie)
ETL	Electrotechnical Laboratory, Tsukuba (Japon)
EUROMET	European Collaboration on Measurement Standards
GEC	General Electric Company (Royaume-Uni)
IEC	<i>voir</i> CEI
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie)
INM	Institut national de métrologie, Paris (France)
IOM	Instituto de Optica Daza de Valdés, Madrid (Espagne)
KSRI	Korea Standards Research Institute, Taejon (Rép. de Corée)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIM	Institut national de métrologie/National Institute of Metrology, Beijing (Rép. pop. de Chine)

NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (É.-U. d'Amérique)
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NRC	Conseil national de recherches/National Research Council, Ottawa (Canada)
OFMET	Office fédéral de métrologie, Wabern (Suisse)
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (Allemagne)
VNIIOFI	All Union Research Institute for Optical and Physical Measurements, Moscou (URSS)
WRC	World Radiation Center, Davos (Suisse)

Sigles des termes scientifiques

Acronyms for scientific terms

CW	Continuous wave
FEL	Type de lampes fabriquées par la General Electric Co. (É.-U. d'Amérique)/type of lamps supplied by GE (USA)
QED	Quantum Efficiency Detector
SURF	Synchrotron Ultraviolet Radiation Facility
VUV	Vacuum Ultraviolet

Comité international des poids et mesures

Secrétaire

J. KOVALEVSKY

Président

D. KIND

LISTE DES MEMBRES
DU
COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE

Président

W. R. BLEVIN, membre du Comité international des poids et mesures,
Chief, Division of Applied Physics, CSIRO, Lindfield (Australie).

Membres

ALL UNION RESEARCH INSTITUTE FOR OPTICAL AND PHYSICAL MEASUREMENTS
[VNIIOFI], Moscou.

AMT FÜR STANDARDISIERUNG, MESSWESEN UND WARENPRÜFUNG [ASMW],
Berlin.

BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE, Paris : INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE
[INM] du Conservatoire national des arts et métiers.

ČESKOSLOVENSKÝ METROLOGICKÝ ÚSTAV [CSMU], Bratislava.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA [NRC], Ottawa.

CSIR, Division of Production Technology [CSIR], Pretoria.

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield.

ELECTROTECHNICAL LABORATORY [ETL], Tsukuba.

INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE [NIM], Beijing.

INSTITUTO DE OPTICA DAZA DE VALDÉS [IOM], Madrid.

ISTITUTO ELETTROTECNICO NAZIONALE GALILEO FERRARIS [IEN], Turin.

KOREA STANDARDS RESEARCH INSTITUTE [KSRI], Taejon.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY [NIST], Gaithersburg.

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington.

OFFICE FÉDÉRAL DE MÉTROLOGIE [OFMET], Wabern/
WORLD RADIATION CENTER [WRC], Davos.

ORSZÁGOS MÉRÉSÜGYI HIVATAL [OMH], Budapest.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig.

Le directeur du BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES [BIPM],
Sèvres.



ORDRE DU JOUR

de la 12^e session

1. Discussion des résultats de la sixième comparaison internationale d'étalons d'intensité lumineuse (1985).
2. Rapport sur la comparaison internationale d'étalons d'éclairement énergétique spectral (NIST).
3. Rapport sur la comparaison internationale de mesures de puissance rayonnante à trois longueurs d'onde dans l'infrarouge (NIST).
4. Résultats et conséquences de la réunion d'information sur les fibres optiques (Annexe E6 du Rapport de la 18^e session du CCE, 1988).
5. Revue des progrès réalisés dans les laboratoires nationaux, depuis la 11^e session, en vue d'établir des étalons de premier ordre concernant
 - a) les grandeurs radiométriques,
 - b) les grandeurs spectroradiométriques,
 - c) l'intensité lumineuse,
 - d) le flux lumineux.
6. Discussion sur l'utilisation et l'intérêt futur des synchrotrons et des anneaux de stockage d'électrons comme étalons primaires de flux énergétique spectral.
7. Revue des travaux radiométriques et photométriques du BIPM.
8. Rapport sur l'activité développée dans le cadre de la CIE (K. D. Mielenz).
9. Établissement du programme de travail du CCPR pour les années à venir, y compris de nouvelles comparaisons internationales et des réunions de travail.
10. Questions diverses.
11. Publication des documents.

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE
(12^e session – 1990)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par J. L. GARDNER, rapporteur

Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) s'est réuni pour sa douzième session au Bureau international des poids et mesures (BIPM), à Sèvres, où il a tenu cinq séances entre le lundi 17 et le mercredi 19 septembre 1990.

Étaient présents :

W. R. BLEVIN, membre du CIPM, président du CCPR.

Les délégués des laboratoires membres :

Bureau national de métrologie, Paris : Institut national de métrologie [INM] du Conservatoire national des arts et métiers (J. BASTIE).

Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa (L. P. BOIVIN, A. A. GAERTNER).

CSIR, Division of Production Technology [CSIR], Pretoria (A. LOUW).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield (J. L. GARDNER).

Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba (M. NISHI).

Institut national de métrologie [NIM], Beijing (CHEN XIAJU).

Instituto de Optica Daza de Valdés [IOM], Madrid (A. CORRÓNS RODRIGUEZ).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [IEN], Turin (P. SOARDO).

Korea Standards Research Institute [KSRI], Taejon (IN WON LEE).

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg (K. D. MIELENZ, R. D. SAUNDERS).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (J. R. MOORE,
D. H. NETTLETON).

Office fédéral de métrologie [OFMET], Wabern (P. BLASER).

Országos Mérésügyi Hivatal [OMH], Budapest (G. DEZSI).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig et
Berlin (J. METZDORF, K. MÖSTL, B. WENDE).

Le directeur du BIPM (T. J. QUINN).

Assistaient aussi aux réunions :

P. GIACOMO, directeur honoraire, J. BONHOURE et R. KÖHLER (BIPM).

Excusés :

All Union Research Institute for Optical and Physical Measurements
[VNIIOFI], Moscou.

Amt für Standardisierung Messwesen und Warenprüfung [ASMW],
Berlin,

Absent :

Československý Metrologický Ústav [CSMU], Bratislava.

Le président ouvre la séance et accueille les membres du comité, en particulier ceux qui assistent pour la première fois à une réunion du CCPR.

M. Gardner est nommé rapporteur.

1. Discussion des résultats de la sixième comparaison internationale d'étalons d'intensité lumineuse (1985)

1.1 Introduction

M. Blevin indique qu'il a été tenu compte des trois recommandations votées lors de la précédente session. La Conférence générale a été informée du succès que représente la nouvelle définition de la candela ; le BIPM a ajusté les valeurs des étalons d'intensité lumineuse et de flux lumineux qu'il conserve afin qu'elles soient en accord avec les valeurs moyennes internationales, à dater du 1^{er} janvier 1987 ; les modifications apportées par les laboratoires nationaux à la valeur de leurs étalons, qui ont été communiquées au BIPM, ont fait l'objet d'une publication dans *Metrologia*.

M. Mielenz fait remarquer que l'écart du NIST par rapport à la valeur moyenne est lié à la valeur de la température du point de l'or. Une nouvelle mesure du point de l'or a été faite à l'occasion du changement de l'échelle de température. Toutes les échelles, radiométriques et photométriques, ont été réajustées le 1^{er} juillet 1990 et toutes sont

maintenant effectivement fondées sur un récepteur puisque la mesure du point de l'or a été obtenue à l'aide de récepteurs absolus. Les modifications des échelles photométriques sont de l'ordre de 0,4 %, ce qui améliore l'accord avec la moyenne internationale.

M. Wende fait remarquer que la modification de 250 mK de la température du point de l'or entraîne des différences de 0,4 % de la luminance énergétique spectrale aux longueurs d'onde situées dans le visible et de 0,8 % à celles qui sont situées dans l'ultraviolet ; il demande si le NIST a constaté ces mêmes différences. M. Mielenz confirme que ces différences ont été observées et qu'il en a été tenu compte dans la révision des échelles. M. Blevin estime que la valeur de ces derniers ajustements doit être communiquée à *Metrologia* et publiée comme supplément à l'article donnant les modifications déjà apportées aux échelles nationales.

1.2 Rapport du groupe de travail sur la sixième comparaison internationale d'étalons d'intensité lumineuse

M. Moore, responsable, rappelle aux participants que l'on a constaté une différence systématique entre deux groupes de laboratoires parmi ceux qui ont donné la valeur de l'intensité lumineuse à la fois pour des lampes Osram et pour des lampes NPL/GEC. Un petit groupe de travail (INM, NPL et BIPM) a été constitué pour procéder à une évaluation des différences de méthode qui pourraient rendre compte des différences de résultats observées. Dans les trois laboratoires les lampes du NPL et de l'INM, quatre de chaque type, ont été mesurées à nouveau et ces mesures font l'objet d'un rapport (Document CCPR/90-5). M. Moore fait remarquer que les nouvelles mesures ne reproduisent pas l'effet observé précédemment. Les nouvelles mesures ainsi qu'un questionnaire ont montré que les laboratoires utilisent des méthodes différentes, en particulier pour aligner les lampes, mais les différences qui en résultent dans les valeurs photométriques se sont avérées insignifiantes. Attirant l'attention sur le tableau 3 de ce rapport, M. Moore fait remarquer que les différences constatées entre les résultats donnés en 1985 pour les lampes Osram de l'INM et du NPL ne se sont pas reproduites lors des nouvelles mesures. M. Bonhoure dit que les lampes Osram utilisées provenaient de fabrications différentes ; en particulier, pour un type de lampe, le filament n'était pas bien centré sur la fenêtre mais cette anomalie ne peut expliquer le désaccord car, s'il était significatif, son effet aurait entraîné une erreur dans le sens opposé à celui qui a été observé.

1.3 Discussion générale

M. Boivin indique que le NRC a fait des mesures sur les lampes NPL/GEC qui montrent qu'une partie de la lumière réfléchiée par les plaques écrans internes solidaires des supports du filament peut être

vue du récepteur. Le comportement suivant la loi de l'inverse carré des distances pourrait être amélioré en occultant soigneusement toute la lumière réfléchiée par ces plaques internes ; les écrans fournis avec les lampes n'y parviennent pas. M. Gaertner indique que l'ordre de grandeur de l'effet observé est de $\approx 0,3\%$.

M. Moore confirme qu'il existe des différences dans les méthodes d'alignement des lampes NPL/GEC. En effet le NPL fait l'alignement sur la fenêtre et l'INM sur le filament. Le NPL a testé les conditions d'alignement mais n'a pu constater de différence. Les nouvelles mesures ont fait apparaître une différence entre les résultats obtenus au BIPM en 1985 et 1987 pour les lampes Osram de l'INM, mais dans sa conclusion le rapport ne donne pas d'explication satisfaisante de l'écart observé. M. Möstl demande que le document du NRC soit distribué et M. Blevin que ce document, qui a été envoyé au BIPM en 1988, soit inclus dans les documents de travail de cette session.

M. Bonhoure confirme que l'on a constaté une différence notable, pour les lampes Osram de l'INM, entre les résultats obtenus au BIPM en 1985 et en 1987, avec des variations différentes pour chaque lampe. M. Bastie indique que les résultats obtenus à l'INM ne font apparaître quelques variations que pour les lampes Osram, encore ces variations ne sont-elles pas significatives.

M. Blevin fait remarquer que la reproduction exacte des conditions de mesure constitue un problème constant en photométrie. Cette comparaison internationale a montré qu'il est important d'employer plus d'un type d'étalon. Il remercie le groupe de travail pour ses investigations.

M. Mielenz indique qu'à la suite de la comparaison d'intensité lumineuse, le NIST a commencé à établir des accords bilatéraux concernant les mesures photométriques avec l'Italie, la France et le Canada. M. Quinn fait remarquer que la nécessité accrue qui se fait jour pour des accords formels soulève la question du profil que doivent prendre les comparaisons internationales organisées sous l'égide du BIPM.

2. Rapport sur la comparaison internationale d'étalons d'éclairement énergétique spectral

2.1 Présentation des résultats

M. Saunders présente les résultats préliminaires de la comparaison internationale (Document CCPR/90-11). Quatorze laboratoires ont pris part à cette comparaison et ont donné les résultats de leurs mesures d'éclairement énergétique spectral, soit pour des lampes GEC, soit pour des lampes FEL. Dans le domaine du visible l'accord est de l'ordre de

$\pm 1 \%$, mais les variations sont plus grandes dans les autres domaines spectraux. Par rapport à la comparaison de 1975 les résultats font apparaître une petite amélioration dans le domaine du visible. Les résultats sont exprimés en fonction de la moyenne générale de l'éclairement énergétique spectral, en excluant le NIM pour le domaine de l'ultraviolet car ses résultats sont trop éloignés de ceux des autres laboratoires. Il manque encore les résultats de quelques laboratoires pour que tous les domaines spectraux soient couverts et des réponses aux questionnaires, en particulier en ce qui concerne les mesures de la différence de potentiel aux bornes des lampes. M. Saunders précise qu'un certain nombre de lampes ont montré des variations de la différence de potentiel liées à des variations de l'éclairement énergétique, par suite de courts-circuits entre spires de filament.

2.2 Discussion

M. Blevin ouvre la discussion en demandant si des problèmes de mesure manifestes se sont posés lors de cette comparaison internationale. M. Saunders répond qu'on a constaté un comportement bistable de certaines lampes, d'où la nécessité de mesures minutieuses de la différence de potentiel. Il faut aussi remarquer que, bien qu'à l'origine il ait été prévu que la comparaison internationale ne porterait que sur des lampes GEC, le NIST a fourni des lampes FEL à la suite d'un certain nombre de défaillances constatées sur des lampes GEC. M. Moore donne des détails sur les caractéristiques des lampes GEC. Les lampes commerciales n'avaient pas d'aussi bonnes qualités que les prototypes et le département des lampes spéciales de la GEC a fermé depuis lors. M. Moore conteste aussi l'utilisation de la moyenne générale, car cela entraîne des discontinuités lorsque le nombre de laboratoires participant à un domaine spectral donné varie. À son avis, il vaudrait mieux présenter les résultats par rapport à ceux du NIST. M. Nishi estime qu'il conviendrait de bien préciser si les résultats se rapportent aux *valeurs* relatives ou aux *unités* relatives de l'éclairement énergétique pour les différents laboratoires. M. Gardner suggère que l'échelle moyenne qui sera donnée dans le rapport final devrait tenir compte du fait que les laboratoires ont établi leur échelle de façon indépendante ou non.

Un petit groupe de travail formé du NIST (Saunders, responsable), du NPL (Moore), du CSIRO (Gardner) et de la PTB (Metzdorf) est constitué pour tirer les conclusions de la comparaison internationale et présenter les résultats sous une forme appropriée pour être publiés dans *Metrologia* vers le mois de mai 1991. Il est convenu que les résultats et les réponses aux questionnaires seront communiqués au NIST d'ici au 31 octobre 1990, pour être inclus dans le rapport final.

2.3 Autres comparaisons de sources

M. Mielenz indique que le NIST et le VNIIOFI ont récemment procédé à une comparaison de leurs échelles de luminance énergétique spectrale dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 250 nm et 2 400 nm. Les échelles concordent à $\pm 1\%$ près.

M. Nettleton signale un accord comparable entre le NPL et la PTB (échelle du synchrotron BESSY) dans le domaine compris entre 200 nm et 400 nm. L'échelle du NPL est fondée sur le synchrotron du Royaume-Uni pour les mesures relatives ; elle devient absolue par recouvrement et rattachement à l'échelle du NPL dans le domaine du visible.

3. Rapport sur la comparaison internationale de mesures de puissance rayonnante à trois longueurs d'onde dans l'infrarouge

3.1 Présentation des résultats

M. Gardner présente d'abord les résultats de la comparaison internationale préliminaire de sensibilité spectrale, aux longueurs d'onde de 850 nm, 1 300 nm et 1 550 nm qui sont utilisées pour les communications par fibres optiques. Le NIST (laboratoire pilote), le NPL, la PTB et le CSIRO ont comparé les valeurs de la sensibilité des photodiodes au germanium fournies par le NPL et la PTB. On savait que les diodes du NPL ne faisaient pas preuve de l'uniformité désirable, mais elles ont été incluses pour déterminer l'ordre de grandeur de la différence que l'on peut attendre entre des laboratoires qui utilisent des photodiodes que l'on trouve dans le commerce. Les résultats pour ces diodes montrent plus de dispersion que pour les diodes de la PTB et de plus grandes variations résultant des différences de température entre les laboratoires. On obtient un bon accord à 1 300 nm, longueur d'onde à laquelle on sait que le coefficient de température de photodiodes comparables est voisin de zéro ; pour les résultats à 850 nm et 1 550 nm, les différences entre laboratoires correspondent aux différences de température de $\pm 1^\circ\text{C}$ entre laboratoires. L'accord entre laboratoires est de $\approx 0,2\%$ pour la sensibilité spectrale absolue des diodes de la PTB à 1 300 nm et 1 550 nm, bien compris dans la limite des incertitudes données par les laboratoires.

M. Gardner rend ensuite compte de l'état d'avancement de la comparaison principale à laquelle participent treize laboratoires, chacun mesurant l'un des trois groupes de trois récepteurs qui circulent sur trois boucles distinctes partant du NIST et y terminant (le NIST mesure ainsi les neuf récepteurs). Les trois autres laboratoires concernés par la

comparaison préliminaire interviennent chacun sur une boucle, à peu près à mi-parcours. Les mesures sont faites à 1 300 nm et 1 550 nm seulement, avec des photodiodes sélectionnées. Cinq laboratoires ont déjà communiqué leurs résultats avec un accord d'environ 1,5 % par rapport à ceux du NIST.

3.2 Discussion des résultats

En réponse à une question de M. Boivin concernant le choix des récepteurs, M. Nettleton répond que les récepteurs du NPL ont été éliminés comme étalons, mais inclus dans la comparaison préliminaire comme exemples représentatifs des photodiodes au germanium. M. Möstl fait remarquer qu'il est difficile de conclure à l'uniformité des coefficients de température même pour un même type de récepteur car les fabricants de photodiodes peuvent modifier leur procédé de fabrication sans changer la référence. M. Nettleton estime que, même si la comparaison internationale a démontré que les photodiodes constituent maintenant des étalons de transfert convenables, des problèmes importants subsistent quand on passe des étalonnages sur faisceau seul aux étalonnages avec fibre. Il signale par ailleurs qu'un comité de la CEI met actuellement au point des méthodes techniques pour assurer le raccordement des étalonnages de la puissance dans les fibres optiques. M. Gardner souligne que de telles préoccupations concernent les laboratoires industriels et ne sont pas de la compétence du CCPR, qui ne s'intéresse qu'à l'uniformité des mesures fondamentales de la puissance rayonnante.

M. Blevin constate le bon accord obtenu ici, par rapport à celui que l'on a observé pour la comparaison d'éclairement énergétique spectral. Le fait de procéder à une comparaison préliminaire restreinte, qui a permis d'évaluer les problèmes, s'est avéré utile pour tirer des leçons avant d'entreprendre la comparaison principale. La comparaison restreinte a montré l'importance du choix du type d'étalons à comparer ; les résultats provisoires de la comparaison principale, tout en apparaissant plus dispersés que les mesures de la comparaison restreinte, laissent entrevoir un accord acceptable pour la communauté des utilisateurs.

M. Blevin demande que le NIST, la PTB, le CSIRO et le NPL forment un groupe de travail, avec M. Gallawa (NIST, Boulder) comme responsable, pour présenter et discuter les résultats définitifs de la comparaison. Le CCPR demande aussi à ce groupe de travail de le guider en ce qui concerne son engagement futur dans le domaine des fibres optiques, en particulier pour déterminer le niveau d'exactitude exigé pour l'étalonnage de la puissance dans les fibres. Aucun échéancier n'est établi puisqu'il faut d'abord terminer la chaîne des mesures actuellement en cours, mais il convient de réduire au minimum les délais.

4. Problèmes posés dans le compte rendu de la réunion d'information sur les fibres optiques

(Annexe E6 du rapport de la 18^e session du CCE, 1988)

M. Blevin rend compte des travaux de la réunion conjointe du CCPR et du CCE (Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences) à propos du partage de responsabilité dans les domaines d'intérêt commun à ces deux groupes. L'intérêt du CIPM dans le domaine des fibres optiques se limite actuellement aux propriétés des sources et des récepteurs, ainsi qu'à l'atténuation dans les fibres. Les mesures de puissance rayonnante et des grandeurs associées sont actuellement de la compétence du CCPR, mais le CCE (par l'intermédiaire de son Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences) est invité à prendre part aux comparaisons correspondantes. De façon comparable, l'atténuation dans les fibres est de la compétence du CCE (par l'intermédiaire de son Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences) et le CCPR est invité à participer aux comparaisons.

En radiométrie des lasers, le CCPR est au premier chef responsable des mesures de puissance sur les lasers continus de faible puissance et le CCE (par l'intermédiaire de son Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences) est responsable des mesures sur les lasers pulsés de puissance élevée.

5. Revue des progrès réalisés dans les laboratoires nationaux, depuis la 11^e session, en vue d'établir des étalons de premier ordre concernant

- a) les grandeurs radiométriques,**
- b) les grandeurs spectroradiométriques,**
- c) l'intensité lumineuse,**
- d) le flux lumineux**

La plupart des participants ont répondu au questionnaire préparatoire (Document CCPR/90-1); au cours de la discussion il a été insisté sur les points suivants.

L'INM a changé sa base radiométrique, qui était constituée de radiomètres étalonnés électriquement, pour prendre des récepteurs au silicium QED 200 auto-étalonnés à partir de plusieurs radiations d'un laser.

Le NRC a mis au point un nouvel appareil, à partir d'un monochromateur, pour l'étalonnage spectral des récepteurs étalons de

transfert ; l'exactitude visée, pas encore complètement acquise, est de 0,25 % sur le domaine des longueurs d'onde de 250 nm à 1 800 nm. Une nouvelle échelle d'éclairement énergétique spectral a été réalisée dans le proche infrarouge (700 nm-1 600 nm) avec une incertitude de 0,7 % (σ), en utilisant des filtres interférentiels et des radiomètres absolus.

Le CSIRO fonde maintenant ses mesures de sensibilité des récepteurs sur des photodiodes au silicium auto-étalonnées (type UV100) ; la déduction d'une échelle indépendante d'éclairement énergétique spectral dans le domaine compris entre 250 nm et 2 500 nm est presque achevée.

L'ETL a comparé les échelles du corps noir et du synchrotron à des longueurs d'onde dans l'ultraviolet. Le flux lumineux doit être redéterminé en utilisant un goniophotomètre remis en état à la suite du désaccord découvert entre les échelles d'intensité et de flux lors des comparaisons de 1985.

À l'OFMET, les mesures d'intensité lumineuse sont maintenant fondées sur un groupe de détecteurs QED précédés d'un filtre.

Le KSRI a une échelle d'intensité lumineuse, obtenue de façon indépendante, fondée sur un filtre $V(\lambda)$ à trois éléments et des radiomètres étalonnés électriquement. L'accord avec des lampes du CSIRO et du NIST est meilleur que $\pm 0,5\%$. Un goniophotomètre de 4 m est en cours de mise au point. En réponse à une question de M. Boivin concernant la faible augmentation d'incertitude qui va de 0,23 % pour le radiomètre à 0,32 % pour le radiomètre accompagné du filtre $V(\lambda)$, M. Lee répond que son laboratoire utilise, pour le passage à l'intensité lumineuse, des lampes FEL à une température de couleur supérieure à celle à laquelle fonctionnent les lampes courantes Osram ou GEC.

La PTB acquiert de l'expérience sur un radiomètre cryogénique commercial ; les valeurs de l'éclairement pour l'illuminant A peuvent maintenant être fournies jusqu'à 10 klx et le goniophotomètre est amélioré.

Le NPL a largement développé des récepteurs multidiodes comme étalons de transfert au niveau de 0,02 % et les emploie pour comparer des radiomètres cryogéniques. On a utilisé des radiomètres munis d'un filtre, avec une exactitude de 0,02 %, pour les déterminations radiométriques des points de l'or, de l'argent et de l'aluminium.

L'OMH a réalisé une échelle d'intensité lumineuse indépendante fondée sur des photodiodes au silicium.

Au NIST, on a fait une mesure du point de l'or, fondée sur la sensibilité d'un récepteur, et toutes les échelles radiométriques ont été réajustées en conséquence. Un radiomètre cryogénique, fonctionnant sous vide, permet d'effectuer des étalonnages de flux énergétique total de corps noirs dans le domaine 100-300 K pour des utilisations spatiales. Un radiomètre cryogénique a fait l'objet d'une comparaison avec le NPL. Un jet d'atomes métastables de krypton ionisé est envisagé comme source étalon pour des applications en ultraviolet lointain.

L'IEN a entrepris des recherches sur la conception de filtres $V(\lambda)$.

Le NIM a mis au point des lampes étalons de flux lumineux avec des valeurs allant de 6 lm à 700 lm ; il a aussi mis au point des lampes d'éclairage énergétique spectral.

6. Discussion sur l'utilisation et l'intérêt futur des synchrotrons et des anneaux de stockage d'électrons comme étalons primaires de flux énergétique spectral

6.1 Le rayonnement du synchrotron

M. Blevin demande à M. Wende de présenter le sujet. L'IEN, le NPL, le NIST, la PTB et l'ETL expriment l'intérêt qu'ils portent à la radiométrie à des longueurs d'onde inférieures à celles de l'ultraviolet dans l'air et le VNIIOFI est aussi intéressé.

M. Wende expose la théorie de la radiométrie du synchrotron qui date de 1944 et l'optimisation des anneaux de stockage pour la radiométrie qui s'est faite dans les années 1970. Les synchrotrons ont été présentés comme des sources appropriées de répartition spectrale relative. L'anneau de stockage BESSY de la PTB, dont l'énergie est de 800 MeV et qui présente un pic au voisinage de 1 nm de longueur d'onde, supporte favorablement la comparaison à des sources corps noir, avec des incertitudes de 0,2 % à 1 eV et de 1,7 % à 5 keV. La cause principale d'incertitude est la distance à la source. Des comparaisons faites, dans le domaine des rayons X, avec des étalons radioactifs et avec des corps noirs et des radiomètres étalonnés électriquement (à température ambiante et cryogénique) à des longueurs d'onde du visible ou du proche infrarouge, ont confirmé ces incertitudes. Le flux provenant de l'anneau de stockage pouvait être calculé sur une étendue de 10^{12} , ce qui est très large pour l'étalonnage de récepteurs et de corps noirs. On a rencontré des difficultés pour passer de l'anneau de stockage aux étalons secondaires et M. Wende rappelle la coopération qui existe avec le NPL dans ce domaine.

M. Blevin remercie M. Wende pour sa présentation et ouvre la discussion en demandant pour quelle raison la mesure de la distance constitue le facteur d'incertitude le plus grand à 1 eV. M. Wende répond qu'il est difficile de définir le point tangent à l'anneau et l'on y attribue une incertitude de ± 5 mm.

M. Nettleton parle longuement de l'accord d'EUROMET aux termes duquel le NPL a interrompu ses travaux de recherche aux longueurs d'onde de l'ultraviolet dans le vide. Le NPL ne poursuivra que ses travaux sur la mise au point des étalons de transfert, en effectuant pour ses clients du Royaume-Uni des étalonnages qui sont rattachés à l'anneau de stockage BESSY.

En réponse à une question de M. Mielenz, M. Wende indique que les erreurs annoncées le sont pour 2σ et qu'elles sont confirmées par la comparaison faite avec le radiomètre cryogénique du NPL, ce qui a fait l'objet d'un article paru dans *Applied Optics*. M. Metzdorf fait remarquer que les erreurs indiquées se rapportent à l'incertitude sur l'étalon primaire seulement et que, aux longueurs d'onde de l'ultraviolet dans le vide, l'incertitude devient $\approx 1\%$ lorsque l'on passe à des appareils de comparaison. M. Nettleton indique que, aux longueurs d'onde dans le visible, on peut atteindre des incertitudes d'environ 0,06 % avec des corps noirs, ce qui est meilleur que ce qui est obtenu avec BESSY, mais BESSY donne une incertitude plus petite que le corps noir à 400 nm. Toutefois, la forte polarisation de la source BESSY, les dommages et l'échauffement dus à quelques rayons X posent des problèmes de mesure et accroissent les incertitudes.

M. Blevin souligne les avantages du rayonnement du synchrotron aux longueurs d'onde les plus courtes et demande si BESSY possède une configuration optimale pour la radiométrie. M. Wende répond qu'on pourrait améliorer BESSY comme radiateur primaire si c'était là sa seule utilisation, mais la radiométrie ne représente qu'une faible partie dans l'activité de BESSY. À l'époque, les incertitudes sur les étalons de transfert étaient 3 à 5 fois plus élevées que celles que l'on a avec BESSY. EUROMET envisage actuellement d'améliorer les étalons de transfert pour le domaine compris entre 100 nm et 300 nm, en faisant appel de préférence à des photodiodes à semiconducteurs. Le coût du fonctionnement de BESSY est de un million de deutschemarks par an.

6.2 Rayonnement du synchrotron dans les autres laboratoires nationaux

M. Mielenz présente l'anneau de stockage SURF du NIST, qui est au premier chef utilisé pour des recherches scientifiques et non pour la radiométrie. Les incertitudes de 5 % à 4 nm et 1,3 % à 300 nm, pour l'éclairement énergétique spectral, sont supérieures à celles de BESSY. Les comparaisons de SURF avec d'autres étalons dans le visible et l'ultraviolet ont fait apparaître un accord de l'ordre de 1 %. SURF est essentiellement utilisé comme étalon secondaire de répartition spectrale relative, avec des valeurs absolues obtenues par l'intermédiaire d'une source corps noir à des longueurs d'onde plus grandes. Le principal intérêt présenté pour l'étalonnage se situe dans le domaine compris entre 100 nm et 300 nm, qui est utilisé pour la sensibilité des photodiodes dans le vide et des spectromètres de la NASA.

M. Nettleton indique que le NPL conservait normalement une échelle de répartition spectrale relative d'énergie issue des synchrotrons du Royaume-Uni, mais à la suite de l'accord d'EUROMET cette échelle sera remplacée par les résultats donnés par BESSY, disséminés au moyen de lampes à deutérium. Le domaine principal d'intérêt se situe entre 200 nm et 350 nm.

M. Nishi indique que les travaux de l'ETL sont bien moins importants que ceux faits en radiométrie avec BESSY et SURF. Les valeurs absolues présentent une incertitude d'environ 10 %, mais la source de l'ETL est utilisée comme étalon de répartition spectrale relative d'énergie aux courtes longueurs d'onde. La comparaison entre la source synchrotron et l'échelle d'éclairement énergétique du corps noir de l'ETL a permis d'ajuster les valeurs d'éclairement énergétique de l'ETL aux courtes longueurs d'onde lors de la comparaison d'éclairement énergétique spectral actuellement en cours. M. Saunders fait remarquer la répartition inégale de la courbe de comparaison entre les sources (Document CCPR/90-13, Figure 2) et M. Nishi répond que cela peut être dû à des erreurs de balayage des longueurs d'onde dans le monochromateur. À l'ETL l'intérêt essentiel du rayonnement du synchrotron pour la radiométrie est de permettre l'étalonnage des lampes à deutérium et des photodiodes sous vide.

M. Soardo indique que, bien que l'IEN ne possède pas de source synchrotron, un certain nombre de lampes à deutérium sont étalonnées chaque année et le laboratoire est intéressé par une participation au programme d'EUROMET.

M. Chen indique que le programme en cours du NIM prévoit de construire activement des sources de rayonnement synchrotron.

M. Blevin signale qu'un certain nombre de membres du CCPR ont récemment visité le VNIIOFI et vu les travaux de mise au point de sources synchrotron de petit diamètre (≈ 100 mm) et d'anneaux de stockage. Les coûts d'acquisition et de fonctionnement d'installations de ce type sont bien inférieurs à ceux des installations usuelles. M. Gardner fait remarquer que la source continue en cours d'installation, qui comporte un aimant supraconducteur, présentera des avantages aux longueurs d'onde de l'ultraviolet et de l'ultraviolet dans le vide par suite de l'absence de rayons X qui occasionnent des dommages. M. Wende indique que des petites sources de ce type peuvent s'avérer utiles, en particulier comme étalons de répartition spectrale relative d'énergie, et que la radiométrie en général tirerait profit d'un contact plus étroit avec ce qui se fait au VNIIOFI.

6.3 Activités futures du CCPR concernant le rayonnement du synchrotron

Il s'ensuit une discussion générale sur le domaine pratique des courtes longueurs d'onde dans lequel la radiométrie est particulièrement importante. Tout en notant qu'il existe un certain nombre d'applications aux longueurs d'onde de l'ultraviolet dans le vide, tout le monde est d'accord pour dire que le domaine le plus important pour l'utilisation sur terre est celui de l'ultraviolet dans l'air, en particulier entre 200 nm et 400 nm. Les corps noirs rayonnent peu dans ce domaine. MM. Mielenz

et Nettleton disent que les chercheurs qui travaillent pour l'espace ou l'environnement et qui s'intéressent au réchauffement général et à l'évaluation du rayonnement terrestre ont organisé des comparaisons, lesquelles font apparaître un accord faible entre les mesures et une mauvaise application des techniques d'étalonnage dans ce domaine. Le président suggère de créer un groupe de travail chargé d'établir un programme visant à améliorer les mesures dans le domaine de l'ultraviolet dans l'air. M. Quinn fait remarquer que ce projet est tout à fait dans la ligne du BIPM dont le rôle est de promouvoir l'uniformité des mesures, en particulier dans les domaines en évolution.

Un groupe de travail sur la radiométrie spectrale dans le domaine de l'ultraviolet dans l'air est créé ; il comprend l'ETL, le NIST, le NPL, la PTB ainsi que le VNIIOFI. M. Wende est responsable du groupe, sans être nécessairement le représentant de la PTB.

Le mandat du groupe consiste à :

— étudier les problèmes et prendre les initiatives visant à améliorer l'uniformité mondiale des mesures en radiométrie spectrale, en particulier dans le domaine compris entre 200 nm et 400 nm, et ce non seulement par les méthodes traditionnelles mais aussi en développant des techniques telles que celles du rayonnement du synchrotron et de la radiométrie cryogénique et en améliorant la stabilité des étalons de transfert ;

— faire au CCPR, en septembre 1991, un rapport comportant une évaluation des problèmes et des propositions d'action concrète.

7. Revue des travaux radiométriques et photométriques du BIPM

Le président rappelle aux participants que, lors de sa dernière session, le CCPR a recommandé le développement au BIPM d'installations permettant une certaine activité en radiométrie des lasers et en spectroradiométrie. M. Köhler présente au comité les travaux en cours dans le laboratoire. Pour auto-étalonner des diodes au silicium ainsi qu'un récepteur QED 200, on a utilisé un laser à krypton ionisé stabilisé en intensité à 2×10^{-5} près. Des recherches approfondies à 476 nm ont montré qu'il existe des phénomènes d'adsorption d'eau à la surface des photodiodes au silicium. Un monochromateur, en cours de mise au point, est présenté. Une visite des laboratoires de spectroradiométrie et de photométrie a lieu. M. Blevin félicite le personnel de ses efforts et le remercie au nom des membres du CCPR.

8. Rapport sur l'activité développée dans le cadre de la CIE

MM. Mielenz, Moore et Bastie présentent un résumé des activités en cours au sein de la CIE. On procède à une nouvelle définition des illuminants de la CIE afin que les modifications de l'échelle de température n'aient pas de conséquence sur la répartition spectrale des sources. Un document sur les sources étalons secondaires et leur utilisation comme étalons de transfert est en voie d'achèvement. Bien que certaines recherches sur des fonctions $V(\lambda)$ de remplacement soient en cours, il n'est pas question pour le moment d'apporter de changements aux méthodes utilisées actuellement en photométrie physique; toute fonction nouvelle ne ferait que fournir une méthode supplémentaire, mais ne remplacerait pas les répartitions $V(\lambda)$ et $V'(\lambda)$ qui existent. M. Blevin remercie les rapporteurs pour leurs informations.

9. Programme de travail du CCPR pour les années à venir (nouvelles comparaisons internationales et réunions de travail)

9.1 Discussion générale

Le président rappelle qu'un groupe de travail sur les mesures spectrales dans le domaine de l'ultraviolet dans l'air a déjà été constitué.

On dresse une liste des grandeurs susceptibles d'intéresser le CCPR, en notant celles pour lesquelles le BIPM dispose d'installations de mesure. Dans leur réponse au questionnaire, une majorité de laboratoires ont fait part de leur intérêt pour la mesure de la sensibilité spectrale de photodiodes au silicium. On discute de l'emploi des longueurs d'onde fournies ou non par des lasers; il est à remarquer que les laboratoires n'ont pas tous des lasers convenables et qu'il y a eu des problèmes de stabilité avec les diodes sans fenêtre qui ont circulé lors de la précédente comparaison à des longueurs d'onde de laser.

Le comité considère que, compte tenu de l'emploi croissant des radiomètres cryogéniques, il y a là matière à comparaisons, qui seront à faire sur une période de quatre à huit ans plutôt que dans les quatre années à venir, en particulier parce que beaucoup d'efforts sont consacrés actuellement à la mise au point de récepteurs absolus (multidiodes) comme dispositifs de transfert de grande exactitude. On a noté aussi que le BIPM ne possède pas actuellement de radiomètre cryogénique. M. Quinn manifeste son intérêt pour la mise au point d'un radiomètre cryogénique transportable destiné à des comparaisons.

Pour le moment peu d'intérêt est manifesté pour de nouvelles mesures de luminance ou d'éclairement énergétique spectral, en particulier parce que la comparaison d'éclairement énergétique spectral en cours n'est pas encore achevée.

9.2 Mesures photométriques

Le comité est d'accord dans l'ensemble pour dire que la prochaine comparaison photométrique doit porter sur l'éclairement lumineux, en mesurant la réponse d'un photomètre constitué d'un filtre $V(\lambda)$ et d'un photorécepteur pour le rayonnement d'une source incandescente à une température de couleur d'environ 2 800 K. M. Moore suggère de comparer d'abord la sensibilité spectrale car il existe des problèmes de fourniture de filtres $V(\lambda)$ bien corrigés. Peu de participants sont favorables à la circulation de lampes car on a le sentiment que les récepteurs avec filtres devraient faire preuve d'une stabilité supérieure. Sept laboratoires représentés au CCPR indiquent qu'ils réalisent leurs propres filtres $V(\lambda)$. Aucun de ces filtres n'est liquide, mais on note que le VNIIOFI travaille sur ce sujet.

On ne considère pas qu'il soit nécessaire de procéder à une comparaison dans les quatre années qui viennent, mais le comité est d'accord pour dire que des travaux de recherche doivent être entrepris en vue de la période qui suivra. Le succès que constitue le fait d'avoir un petit groupe chargé de rassembler les informations préliminaires, comme cela s'est fait pour la comparaison de la sensibilité spectrale aux longueurs d'onde utilisées dans les fibres optiques, est rappelé par M. Blevin.

Un groupe de travail sur les récepteurs corrigés $V(\lambda)$ est constitué. Il comprend l'OMH, le NIST, le NPL et la PTB; l'OMH est nommé responsable. M. Dezsi va discuter avec ses collègues de l'OMH et notifiera au président et au BIPM le nom de la personne responsable.

Le mandat du groupe consiste à :

- évaluer la disponibilité des récepteurs corrigés $V(\lambda)$ pouvant convenir à des comparaisons internationales d'échelles d'éclairement lumineux et, si nécessaire, effectuer des expériences afin de présenter des recommandations au CCPR ;
- présenter un rapport préliminaire au CCPR en septembre 1991.

9.3 Stabilité des photodiodes au silicium

M. Nettleton présente les résultats provisoires de mesures de stabilité effectuées sur des photodiodes au silicium UDT, AEG, Centronics, Hamamatsu et EG&G, sur une période de quatre ans, dans le cadre d'un contrat du BCR. Toutes les diodes étaient pourvues de fenêtre, qui n'avait pas été nettoyée. Les diodes UDT, AEG et EG&G testées ont montré de fortes modifications de leur sensibilité dans l'ultraviolet sur la période de quatre années, mais les diodes Centronics/5 et Hamamatsu 1227 ont montré des variations inférieures à 1 % à 250 nm. M. Möstl confirme avoir fait des observations identiques sur des diodes

Hamamatsu 1227 et 1337, les diodes 1227 n'ayant été utilisées qu'à des longueurs d'onde inférieures à 900 nm. Le type 1337 s'est montré non linéaire à des niveaux de puissance voisins de 1 mW, à des longueurs d'onde courtes (633 nm). M. Gardner présente des résultats de stabilité à mieux que 0,6 % sur une période de quatre ans pour des diodes UDT UV100, avec et sans fenêtre, de 250 nm à 800 nm. Le fonctionnement à des longueurs d'onde supérieures implique une polarisation pour remédier à la non-linéarité due au phénomène de recombinaison. M. Nettleton note que les diodes UDT testées pour le rapport du BCR n'étaient pas du type UV100. Le NPL a utilisé des diodes UV100 pour le contrôle et les a trouvées stables.

M. Saunders suspecte l'uniformité de ces diodes. Le rapport du BCR fait apparaître une valeur type égale à 0,2 %. M. Köhler a observé 0,1 %. M. Möstl fait remarquer que l'uniformité dépend beaucoup de la longueur d'onde.

M. Blevin estime pour conclure que l'on trouve des photodiodes au silicium présentant une bonne stabilité et une bonne uniformité.

9.4 Comparaison de sensibilité spectrale

Le président ouvre la discussion pour connaître le domaine de longueurs d'onde qu'il convient de retenir pour la comparaison de sensibilité spectrale. Dans l'ensemble le CCPR est d'accord pour dire que les mesures doivent se faire à des intervalles réguliers de longueurs d'onde, en utilisant des rayonnements non cohérents afin de pouvoir faire circuler des récepteurs avec fenêtre.

M. Nettleton suggère d'utiliser aussi bien les diodes au silicium que les diodes au germanium afin d'éliminer les erreurs systématiques dues à la lumière parasite, en particulier parce que le travail nécessaire de sélection des récepteurs a en grande partie été déjà fait pour la comparaison en cours de la sensibilité aux longueurs d'onde utilisées dans les fibres optiques. MM. Gardner et Boivin font part de leur crainte qu'il soit nécessaire de stabiliser la température et que les résultats risquent de faire apparaître à nouveau la dispersion assez large ($\approx 2\%$) que l'on constate avec la comparaison internationale sur les diodes au germanium. Après un tour de table, il s'avère qu'une majorité des participants préfère qu'on se limite aux diodes au silicium, avec une limite inférieure de 250 nm imposée par les installations du BIPM. M. Moore rappelle que la comparaison d'intensité lumineuse a montré qu'il est nécessaire d'avoir plus d'un type d'étalon à comparer.

Le CCPR décide que le BIPM (avec M. Köhler comme responsable) doit préparer le travail, les détails devant être mis au point par un petit groupe de travail comprenant le BIPM, le NPL et la PTB. Tous les laboratoires représentés, à l'exception du CSIR, souhaitent prendre part à cette comparaison. M. Blevin suggère que le petit groupe de

travail rédige un projet de cahier des charges et sollicite les commentaires des membres du CCPR. Le groupe de travail devrait faire tout son possible pour présenter un rapport final sur les résultats de la comparaison avant juin 1994.

9.5 Lampes étalons

M. Mielenz soulève le problème posé par le fait que l'on ne trouve plus de lampes étalons et demande si le BIPM doit jouer un rôle pour évaluer les sources de fourniture et les performances de nouveaux produits. Il sait que l'on trouve de nouvelles lampes en Rép. pop. de Chine et en URSS. M. Bonhoure dispose de quelques lampes provenant d'URSS. M. Quinn comprend la nécessité qu'il y a d'étudier les performances des nouvelles lampes, mais il a besoin d'aide pour déterminer les sources de fourniture. De plus, l'achat pour essais d'un grand nombre de lampes risque de poser un problème financier au BIPM.

M. Moore a l'impression que l'étude faite par la CIE sur les lampes étalons montre qu'il n'y a pas pénurie de fournisseurs. M. Mielenz n'est pas d'accord ; il indique qu'un comité national (CORM) discute en ce moment du problème, qu'il envisage d'une façon plus globale. M. Blevin se soucie de la fourniture de lampes d'intensité lumineuse de bonne qualité.

On constitue un groupe de travail sur les lampes étalons, qui comporte le BIPM, le NIM, le NIST, le NPL et le NRC, avec M. Bonhoure (BIPM) comme responsable. Le VNIIOFI est invité à y participer.

Le mandat de ce groupe consiste à :

— étudier le problème posé par la fourniture des lampes étalons, rassembler l'expérience que l'on en a et, si nécessaire, procéder à des expériences afin de recommander des lampes convenables susceptibles d'être utilisées dans les laboratoires nationaux pour conserver et comparer leurs unités photométriques et radiométriques ;

— présenter un rapport préliminaire au CCPR en septembre 1991.

10. Questions diverses

Le comité prend connaissance des documents CCPR/90-2, 3, 7 et 10. Ceux-ci n'appellent que peu de commentaires.

M. Quinn parle longuement du document CCPR/90-9, dans lequel on considère une cavité corps noir avec un réflecteur spéculaire destiné

à améliorer le comportement du corps noir, en particulier en réduisant la nécessité d'avoir une très bonne uniformité de température sur la totalité de la surface de la cavité. Un tel dispositif n'est utile qu'à des températures où l'on peut maintenir la surface dans l'état d'un bon réflecteur spéculaire.

M. Blevin et M. Gardner invitent les membres du comité qui assisteront à la session quadriennale de la CIE, prévue à Melbourne (Australie) en 1991, à visiter aussi les laboratoires du CSIRO à Sydney.

11. Publication des documents

M. Quinn indique que les documents de travail soumis à la présente session ne seront pas publiés. Tous les membres en recevront copies rassemblées en un volume, comme complément au rapport de la session ; un jeu de copies sera conservé dans les archives du BIPM.

Le président remercie les membres du CCPR pour leur participation et leur contribution. Il remercie aussi le personnel du BIPM pour l'aide apportée et il clôt la session.

Décembre 1990

ANNEXE P 1

Documents de travail présentés à la 12^e session du CCPR

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

Document
CCPR/

- 90-1 Questionnaire préparatoire.
- 90-2 CSMU (Tchécoslovaquie). — A new standard for the candela in the CSMU, par J. Krempaský, V. Jediný et J. Žatkovič.
- 90-3 VNIIOFI (URSS). — Photometric lamps in the USSR, par V. I. Sapritsky.
- 90-4 PTB (Rép. féd. d'Allemagne). — Discussion of the use and future potential of synchrotrons and electron storage rings as primary standards of spectral radiant flux, par B. Wende.
- 90-5 BIPM, INM (France) et NPL (Royaume-Uni). — Sixième comparaison des étalons nationaux d'intensité lumineuse (1985) : Rapport sur les mesures faites ultérieurement pour expliquer les différences entre les valeurs de l'intensité lumineuse attribuées aux deux types différents de lampe utilisés lors de la comparaison, par J. Bastie (INM), J. Bonhoure (BIPM), T. M. Goodman (NPL) et J. R. Moore (NPL).
- 90-6 BIPM. — Spectral radiometry at the BIPM 1987-1990.
- 90-7 CIE. — Effects of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) on CIE Documentary Standards for Radiometry, Photometry and Colorimetry, par K. D. Mielenz.
- 90-8 NIST (États-Unis d'Amérique). — International comparison of optical fiber power measurements, par R. L. Gallawa.

- 90-9 BIPM et NPL (Royaume-Uni). — A blackbody source in the range $- 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ for the calibration of radiometers and radiation thermometers, par T. J. Quinn (BIPM) et J. E. Martin (NPL).
- 90-10 BIPM et NPL (Royaume-Uni). — Cryogenic radiometry : the problem of hydrogen condensation in detectors operated at temperatures below 4 K, par T. J. Quinn (BIPM) et J. E. Martin (NPL).
- 90-11 NIST (États-Unis d'Amérique). — Status of CCPR spectral
90-11 *bis* irradiance intercomparison as of 8/31/90, par J. H. Walker.
- 90-12 NIST (États-Unis d'Amérique). — Synchrotron Ultraviolet Radiation Facility (SURF-II) radiometric instrumentation calibration facility, par M. L. Furst et R. P. Madden.
- 90-13 ETL (Japon). — Calibration of spectral irradiance scale in UV and short wavelength visible region based on the spectral distribution of synchrotron radiation, par M. Nishi, M. Habu, T. Saito et K. Katori.
- 90-14 NIM (Rép. pop. de Chine). — HESYRL storage ring.
-



**COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE**

MEETING IN 1990

Note on the use of the English text

To make its reports and those of its various Comités Consultatifs more widely accessible the Comité International des Poids et Mesures has decided to publish an English version of these reports. Readers should note that the official record is always that of the French text. This must be used when an authoritative reference is required or when there is doubt about the interpretation of the text.

Note sur l'utilisation du texte anglais

Afin de faciliter l'accès à ses rapports et à ceux des divers comités consultatifs, le Comité international des poids et mesures a décidé de publier une version en anglais de ces 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.

THE BIPM AND THE CONVENTION DU MÈTRE

The Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) was set up by the Convention du Mètre signed in Paris on 20 May 1875 by seventeen States during the final session of the Diplomatic Conference of the Metre. This Convention was amended in 1921.

BIPM has its headquarters near Paris, in the grounds (43 520 m²) of the Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) placed at its disposal by the French Government; its upkeep is financed jointly by the Member States of the Convention du Mètre*.

The task of BIPM is to ensure worldwide unification of physical measurements; it is responsible for:

- establishing the fundamental standards and scales for measurement of the principal physical quantities and maintaining the international prototypes;
- carrying out comparisons of national and international standards;
- ensuring the co-ordination of corresponding measuring techniques;
- carrying out and co-ordinating determinations relating to the fundamental physical constants that are involved in the above-mentioned activities.

BIPM operates under the exclusive supervision of the Comité International des Poids et Mesures (CIPM) which itself comes under the authority of the Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

The Conférence Générale consists of delegates from all the Member States of the Convention du Mètre and meets at present every four years. At each meeting it receives the Report of the Comité International on the work accomplished, and it is responsible for:

- discussing and instigating the arrangements required to ensure the propagation and improvement of the International System of Units (SI), which is the modern form of the metric system;
- confirming the results of new fundamental metrological determinations and the various scientific resolutions of international scope;
- adopting the important decisions concerning the organization and development of BIPM.

The Comité International consists of eighteen members each belonging to a different State; it meets at present every year. The officers of this committee issue an Annual Report on the administrative and financial position of BIPM to the Governments of the Member States of the Convention du Mètre.

The activities of BIPM, which in the beginning were limited to the measurements of length and mass and to metrological studies in relation to these quantities, have been extended to standards of measurement for electricity (1927), photometry (1937), ionizing radiations (1960) and to time scales (1988). To this end the original laboratories, built in 1876-1878, were enlarged in 1929; new buildings were constructed in 1963-1964 for the ionizing radiation laboratories, in 1984 for the laser work and in 1988 a new building for a library and offices was opened.

* As of 31 December 1990 forty-six States were members of this Convention: Argentina (Rep. of), Australia, Austria, Belgium, Brazil, Bulgaria, Cameroon, Canada, Chile, China (People's Rep. of), Czechoslovakia, Denmark, Dominican Republic, Egypt, Finland, France, Germany, Hungary, India, Indonesia, Iran, Ireland, Israel, Italy, Japan, Korea (Dem. People's Rep.), Korea (Rep. of), Mexico, Netherlands, Norway, Pakistan, Poland, Portugal, Romania, Spain, South Africa, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey, U.S.S.R., United Kingdom, U.S.A., Uruguay, Venezuela, Yugoslavia.

Some forty physicists or technicians are working in the BIPM laboratories. They are mainly conducting metrological research, international comparisons of realizations of units and the checking of standards used in the above-mentioned areas. An annual report published in *Procès-Verbaux des séances du Comité International* gives the details of the work in progress.

In view of the extension of the work entrusted to BIPM, CIPM has set up since 1927, under the name of *Comités Consultatifs*, bodies designed to provide it with information on matters that it refers to them for study and advice. These *Comités Consultatifs*, which may form temporary or permanent Working Groups to study special subjects, are responsible for co-ordinating the international work carried out in their respective fields and proposing recommendations concerning units. In order to ensure worldwide uniformity in units of measurement, the *Comité International* accordingly acts directly or submits proposals for sanction by the *Conférence Générale*.

The *Comités Consultatifs* have common regulations (*BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures*, 31, 1963, p. 97). Each *Comité Consultatif*, the chairman of which is normally a member of CIPM, is composed of delegates from the major metrology laboratories and specialized institutes, a list of which is drawn up by CIPM, as well as individual members also appointed by CIPM and one representative of BIPM. These committees hold their meetings at irregular intervals; at present there are eight of them in existence:

1. The *Comité Consultatif d'Électricité (CCE)*, set up in 1927.
2. The *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR)*, new name given in 1971 to the *Comité Consultatif de Photométrie* set up in 1933 (between 1930 and 1933 the preceding committee (CCE) dealt with matters concerning Photometry).
3. The *Comité Consultatif de Thermométrie (CCT)*, set up in 1937.
4. The *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM)*, set up in 1952.
5. The *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS)*, set up in 1956.
6. The *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI)*, set up in 1958. In 1969 this committee established four sections: Section I (Measurement of X and γ rays, electrons); Section II (Measurement of radionuclides); Section III (Neutron measurements); Section IV (α -energy standards). In 1975 this last section was dissolved and Section II made responsible for its field of activity.
7. The *Comité Consultatif des Unités (CCU)*, set up in 1964 (this committee replaced the « Commission for the System of Units » set up by the CIPM in 1954).
8. The *Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM)*, set up in 1980.

The proceedings of the *Conférence Générale*, the *Comité International*, the *Comités Consultatifs*, and the *Bureau International* are published under the auspices of the latter in the following series:

- *Comptes rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures* ;
- *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures* ;
- *Sessions des Comités Consultatifs* ;
- *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (this collection for private distribution brings together articles published in scientific and technical journals and books, as well as certain work published in the form of duplicated reports).

The *Bureau International* also publishes monographs on special metrological subjects and, under the title « Le Système International d'Unités (SI) », a booklet, periodically up-dated, in which all the decisions and recommendations concerning units are collected.

The collection of the *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (22 volumes published between 1881 and 1966) ceased in 1966 by a decision of CIPM.

Since 1965 the international journal *Metrologia*, edited under the auspices of CIPM, has published articles on the more important work on scientific metrology carried out throughout the world, on the improvement in measuring methods and standards, on units, etc., as well as reports concerning the activities, decisions, and recommendations of the various bodies created under the *Convention du Mètre*.



AGENDA
for the 12th Meeting

1. Discussion of the sixth luminous intensity international comparison (1985).
 2. Report on the international comparison of standards of spectral irradiance (NIST).
 3. Report on the international comparison of radiant power measurements at three infrared wavelengths (NIST).
 4. Matters arising in the minutes of the fact-finding meeting on optical fibres (Appendix E6 of the Report of the 18th Meeting of CCE, 1988).
 5. Review of progress by the national laboratories, since the 11th meeting, in realizing first-level standards of
 - a) broad-band radiometric quantities,
 - b) spectral radiometric quantities,
 - c) luminous intensity,
 - d) luminous flux.
 6. Discussion of the use and future potential of synchrotrons and electron storage rings as primary standards of spectral radiant flux.
 7. Review of radiometric and photometric work at the BIPM.
 8. Report on related work within the framework of the CIE (K. D. Mielenz).
 9. Planning the future working programme of the CCPR, including new international comparisons and working parties.
 10. Other matters.
 11. Publication of documents.
-

REPORT
OF THE
COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE
(12th Meeting - 1990)
TO THE
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

by J. L. GARDNER, rapporteur

The Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) met for its 12th meeting at the BIPM, Sèvres, where five sessions were held between Monday 17 September and Wednesday 19 September 1990.

The following were present :

W. R. BLEVIN, member of the CIPM, president of the CCPR

Delegates from the member laboratories :

Bureau National de Métrologie, Paris: Institut National de Métrologie [INM] du Conservatoire National des Arts et Métiers (J. BASTIE).

CSIR, Division of Production Technology [CSIR], Pretoria (A. LOUW).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield (J. L. GARDNER).

Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba (M. NISHI).

Instituto de Optica Daza de Valdés [IOM], Madrid (A. CORRÓNS RODRIGUEZ).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [IEN], Turin (P. SOARDO).

Korea Standards Research Institute [KSRI], Taejon (IN WON LEE).

National Institute of Metrology [NIM], Beijing (CHEN XIAJU).

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg (K. D. MIELENZ, R. D. SAUNDERS).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (J. R. MOORE, D. H. NETTLETON).

National Research Council of Canada [NRC], Ottawa (L. P. BOIVIN, A. A. GAERTNER).
Office Fédéral de Métrologie [OFMET], Wabern (P. BLASER).
Országos Mérésügyi Hivatal [OMH], Budapest (G. DEZSI).
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig and Berlin (J. METZDORF, K. MÖSTL, B. WENDE).

The Director of the BIPM (T. J. QUINN).

Also attending the meeting :

P. GIACOMO, Director Emeritus, J. BONHOUR and R. KÖHLER, (BIPM).

Excused :

All Union Research Institute for Optical and Physical Measurements [VNIIOFI], Moscow.
Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung [ASMW], Berlin.

Absent :

Československý Metrologický Ústav [CSMU], Bratislava.

The president opens the session and welcomes members, especially those attending for the first time.

Mr Gardner is appointed as rapporteur.

1. Discussion

of the sixth luminous intensity international comparison (1985)

1.1 Introduction

Mr Blevin reports that the three recommendations of the previous meeting have been followed. The Conférence Générale has been advised of the success of the new definition of the candela; the BIPM has adjusted its maintained values of luminous intensity and luminous flux to agree with the international mean values, effective January 1, 1987; and those national laboratories which had advised the BIPM of changes to their values have published the variations in *Metrologia*.

Mr Mielenz remarks that the NIST deviation from the mean value is related to the value of the gold-point temperature. The gold-point had been remeasured, coinciding with the change in the temperature scale. All radiometric and photometric scales were readjusted on July 1, 1990, and all are now effectively detector-based as the measurement of the gold-point was derived from detector standards. Changes in the

photometric scales were of order 0,4 %, giving closer agreement with the international mean.

Mr Wende remarks that the change in the gold-point of 250 mK leads to differences of 0,4 % in spectral radiance at visible wavelengths and 0,8 % at ultraviolet wavelengths, and asks whether the NIST saw these differences. Mr Mielenz confirms that such differences were seen and are included in the revision of the scales. Mr Blevin comments that these latest adjustments should be sent to *Metrologia* to be published as a supplement to the previously noted variation in national scales.

1.2 Report of the working party on the sixth luminous intensity international comparison

Mr Moore, convenor, reminds members that there was evidence of a systematic difference between two groups of laboratories reporting values of luminous intensity for both Osram and NPL/GEC lamps, and that a working party of the INM, NPL and BIPM laboratories had been formed to evaluate differences in procedure that could lead to the observed measurement differences. The NPL and INM lamps four of each type, had been remeasured in the three laboratories and a report submitted (CCPR/90-5). Mr Moore observes that the remeasurement failed to reproduce the original effect. More measurements and a questionnaire found different practices within the laboratories, particularly in lamp alignment methods, but the resultant differences in photometric values were found to be insignificant. Referring to Table 3 of the report, Mr Moore reports that the differences in Osram lamps from the INM and the NPL reported in 1985 were not reproduced in the new measurements. Mr Bonhoure says that the Osram lamps were of different construction, with the filament of one type not well centred in the window, but this difference could not explain the discrepancy because, if significant, the effect would generate an error in the opposite direction to that observed.

1.3 General discussion

Mr Boivin reports that the NRC has made measurements on the NPL/GEC lamps which indicate that some of the light reflected from the internal baffle plates attached to the filament supports can be seen by the detector. Inverse-square law behaviour could be improved by careful masking of all the light reflected from these internal plates; the screens provided with the lamps do not exclude all of this light. Mr Gaertner reports that the magnitude of the observed effect was $\approx 0,3\%$.

Mr Moore confirms that there were differences in the alignment procedures used for the NPL/GEC lamps, in that NPL aligned on the window and INM on the filament. The NPL tested alignment conditions

but could not see any differences. The remeasurements showed a difference in results for the Osram lamps from INM at the BIPM between 1985 and 1987, but the report had no satisfactory conclusion in explaining the discrepancy. Mr Möstl asks for the NRC document to be distributed, and Mr Blevin requests that this document, which had been sent to the BIPM in 1988, be included in the working documents of this session.

Mr Bonhoure confirms that results from the BIPM showed a real difference for Osram lamps from the INM between the 1985 and 1987, with a different variation for each lamp. Mr Bastie reports that the INM results showed some variation within the Osram lamps only, but none of significance.

Mr Blevin observes that a continuing problem in photometry is the exact reproduction of conditions of measurement, and that this international comparison has shown the importance of using more than one artefact. He thanks the working party for their investigation.

Mr Mielenz reports that as a result of the luminous intensity comparison, the NIST had undertaken bilateral agreements on measurements in photometry with Italy, France and Canada. Mr Quinn observes that the apparent increasing need for formal agreements raises the profile of international comparisons organised through the BIPM.

2. Report on the international comparison of standards of spectral irradiance

2.1 Presentation of the results

Mr Saunders presents the preliminary results of the international comparison (CCPR/90-11). A total of fourteen laboratories have been involved, reporting measurements of spectral irradiance for both GEC and FEL lamps. Agreement in the visible region is of order $\pm 1\%$, with larger variation in other spectral regions. The results in the visible region represent a small improvement relative to the 1975 comparison. Results are shown in terms of the group mean of spectral irradiance, but exclude the NIM results in the ultraviolet region because of their large variation from the results of the remaining laboratories. Some laboratories had yet to report results for the complete spectral range, and to submit the questionnaires, particularly those relating to voltage measurements. Mr Saunders reported that a number of lamps had shown voltage changes which correlated with irradiance changes caused by shorting of filament coils.

2.2 Discussion

Mr Blevin opens the discussion by asking whether there were any evident measurement problems during the international comparison. Mr Saunders replies that bistable behaviour was noted in some lamps, hence the request for detailed voltage measurements. He also notes that although the comparison had originally planned to use only GEC lamps, the NIST had provided FEL lamps following a number of failures among the GEC lamps. Mr Moore comments on the performance of the GEC lamps. The production lamps had not performed as well as the prototypes, and the special lamp division of GEC had subsequently closed. Mr Moore also questions the use of the group mean, as this leads to discontinuities where the number of laboratories reporting in a given spectral range changes, and suggests that the results would be better presented relative to those of the NIST. Mr Nishi comments that it should be made clear whether results refer to relative irradiance *values* or relative irradiance *units* between the various laboratories. Mr Gardner suggests that any mean scale derived in the final report should consider whether the laboratories have independently derived their scales.

A small Working Group of the NIST (Saunders, Convenor), NPL (Moore), CSIRO (Gardner) and PTB (Metzdorf) is formed to conclude the international comparison and to present results for publication in *Metrologia* by May 1991. It is agreed that results and questionnaires should be presented to the NIST by October 31, 1990, if they are to be included in the final report.

2.3 Other source comparisons

Mr Mielenz reports that the NIST and the VNIIOFI have recently compared spectral radiance scales in the wavelength range 250 nm to 2 400 nm, with agreement within $\pm 1\%$. Mr Nettleton reports similar agreement between the NPL and the PTB (BESSY synchrotron scale) in the range 200 nm to 400 nm. The NPL scale was UK-synchrotron based for relative measurements, made absolute by overlap with NPL scales in the visible region.

3. Report on the international comparison of radiant power measurements at three infrared wavelengths

3.1 Presentation of results

First, Mr Gardner presents results of the pilot international comparison of spectral responsivity at wavelengths of 850 nm, 1 300 nm and 1 550 nm, all used for fibre optic communications. The NIST (coordinating laboratory), NPL, PTB and CSIRO have compared responsivity values

of germanium photodiodes provided by NPL and PTB. The NPL diodes were known to be of less than desirable uniformity, but were included to determine the magnitude of differences that could be expected between laboratories using commercially available photodiodes. The results for these diodes show more scatter than for the PTB diodes, and show greater variations arising from temperature differences between the laboratories. Good agreement is found at 1 300 nm, where the temperature coefficient of similar photodiodes is known to be close to zero ; variations between laboratories for results at 850 nm and 1 550 nm are consistent with temperature differences of $\pm 1^\circ\text{C}$ between the laboratories. Agreement between laboratories is $\approx 0,2\%$ for the absolute spectral responsivity of the PTB diodes at 1 300 nm and 1 550 nm, well within the uncertainties quoted by the laboratories.

Mr Gardner then reports on the progress of a wider comparison involving thirteen laboratories, each measuring one of the three groups of the three detectors, circulating in groups of three originating and ending at the NIST (measuring the nine detectors) with the three other laboratories involved in the pilot measurement at approximate mid-points in the circulation. Measurements are made at 1 300 nm and 1 550 nm only, using selected photodiodes. Five laboratories have reported results, showing agreement within 1,5 % relative to the NIST.

3.2 Discussion of results

In reply to a question from Mr Boivin on the choice of detectors, Mr Nettleton says that the NPL detectors were rejected for standards work, but included in the pilot comparison as representative examples of germanium photodiodes. Mr Möstl comments that it is difficult to infer uniformity of temperature coefficients, even within one detector type, as the manufacturers of photodiodes may alter the manufacturing process without changing the identification type. Mr Nettleton suggests that while the international comparison has shown that solid-state photodiodes are now suitable transfer standards, significant problems remain in the transfer from open beam to in-fibre calibrations. He notes that an IEC committee is currently developing technical procedures to provide traceable calibrations of fibre-optic power meters. Mr Gardner comments that such concerns involving industrial laboratories are beyond the CCPR interest in the uniformity of base measurements of optical power.

Mr Blevin notes the good agreement compared with that obtained in the spectral irradiance comparison and that the method of using a trial comparison to evaluate problems has proven useful in providing advice before beginning the wider comparison. The trial had shown the importance of the choice of comparison artefact ; the preliminary results of the major comparison, while showing more variation than the pilot measurements, showed an agreement acceptable to the user community.

Mr Blevin requests that the NIST, PTB, CSIRO, NPL laboratories continue as a Working Group, with Mr Gallawa (NIST, Boulder) as convener, to present and discuss the final results of the comparison. The CCPR also seeks advice from the working group as to future involvement in fibre areas, particularly in determining the level of accuracy required in the calibration of fibre power meters. No definite timetable is set as the chain of measurements in progress has yet to be completed, but delays are to be minimized.

4. Matters arising in the minutes of the fact-finding meeting on optical fibres

(Appendix E6 of the Report of the 18th Meeting of CCE, 1988)

Mr Blevin reports the outcome of a joint meeting between CCPR and CCE (Working Group on Radiofrequency Quantities, GTRF) on the division of interest in areas common to these two groups. CIPM interest in the field of optical fibres is restricted for the present to properties of sources and detectors, and attenuation in fibres. Measurements of radiant power and associated quantities are presently the responsibility of the CCPR, but the CCE (GTRF) are to be invited to participate in relevant comparisons. Similarly, fibre attenuation is primarily the responsibility of the CCE (GTRF), and the CCPR participates in comparisons by invitation.

In laser radiometry, the CCPR has primary responsibility for measurements on low power CW lasers, with CCE (GTRF) having primary responsibility for the measurement of pulsed or high power lasers.

5. Review of progress by the national laboratories, since the 11th meeting, in realizing first-level standards of

- a) broad-band radiometric quantities,**
- b) spectral radiometric quantities,**
- c) luminous intensity,**
- d) luminous flux**

Most participants responded to Questionnaire CCPR/90-1; the following points were emphasized during discussion.

The INM has changed their radiometric base from electrically calibrated radiometers to silicon self calibration using QED 200 devices at several laser wavelengths.

The NRC has developed new monochromator-based apparatus for the spectral calibration of transfer-standard detectors; the target accuracy, not yet realized fully, is 0,25 % over the wavelength range 250 nm to 1 800 nm. A new spectral irradiance scale has been realized in the near-IR (700 nm-1 600 nm) with an uncertainty of 0,7 % (σ), using interference filters and absolute radiometers.

The CSIRO now bases detector responsivity measurements on self-calibrated single silicon photodiodes (UV100 type); re-derivation of an independent spectral irradiance scale over the range 250 nm to 2 500 nm is nearly completed.

The ETL has compared blackbody and synchrotron scales at ultraviolet wavelengths; luminous flux is to be rederived using a refurbished goniophotometer following the discrepancy found between intensity and flux scales in the 1985 comparisons.

At OFMET luminous intensity is now based on a group of filtered QED detectors.

The KSRI has independently derived a scale of luminous intensity based on a three layer $V(\lambda)$ filter and electrically calibrated radiometers. Agreement with CSIRO and NIST lamps is within 0,5 %. A 4 m goniophotometer is being developed. In reply to a question from Mr Boivin on the small increase of uncertainty from 0,23 % for the radiometer to 0,32 % for radiometer plus $V(\lambda)$ filter, Mr Lee replies that FEL lamps, at a higher colour temperature than the usual Osram or GEC lamps, were used in the derivation of luminous intensity.

The PTB is gaining experience with a commercial cryogenic radiometer, illuminance values at illuminant A may now be provided to 10 klx and the goniophotometer is being upgraded.

The NPL reports the extensive development of trap detectors as suitable transfer standards at the level of 0,02 % and their use in comparing cryogenic radiometers. Filtered radiometers, accurate to 0,02 %, were used for radiometric determinations of the gold, silver and aluminium points.

The OMH has realized an independent scale of luminous intensity based on silicon photodiodes.

The NIST has made a measurement of the gold point, based on detector responsivity, and all radiometric scales have been readjusted. A cryogenic radiometer, operated in vacuum, provides total radiant flux calibrations of blackbodies in the 100 to 300 K region for space applications. A cryogenic radiometer has been compared with NPL. An atomic beam of Kr^+ metastable atoms is being considered as a standard source for VUV applications.

The IEN has undertaken studies of $V(\lambda)$ filter designs.

The NIM reports that lamps have been developed as luminous flux standards with values ranging from 6 lm to 700 lm, and spectral irradiance lamps have also been developed.

6. Discussion of the use and future potential of synchrotrons and electron storage rings as primary standards of spectral radiant flux

6.1 Overview of synchrotron radiation

Mr Blevin asks Mr Wende to introduce the topic of synchrotron radiation. The IEN, NPL, NIST, PTB and the ETL indicate interest in radiometry at wavelengths smaller than those of the air ultraviolet, and the interest of VNIIOFI is also noted.

Mr Wende describes synchrotron radiometry theory dating from 1944 and the optimization of storage rings for radiometry in the 1970's. Synchrotrons are presented as sources suitable for the measurement of relative spectral distribution. The BESSY storage ring of the PTB, with an energy of 800 MeV and a peak near the wavelength of 1 nm, is compared favourably to blackbody sources, with uncertainties of 0,2 % quoted at 1 eV and 1,7 % at 5 keV. The main contribution to uncertainty is that of distance to the source. Comparisons in the X-ray range with radioactive standards and with blackbody radiators and electrically calibrated radiometers (room temperature and cryogenic) at visible and near infrared wavelengths confirm these uncertainties. The flux available from the storage ring is calculable over a range of 10^{12} , providing a wide range for the calibration of detectors and radiator standards. There are difficulties in transferring from the storage ring to secondary standards and Mr Wende refers to existing cooperation with the NPL in this area.

Mr Blevin thanks Mr Wende for his presentation and opens questions by asking why the measurement of distance is the largest contributor to uncertainty at 1 eV. Mr Wende replies that the tangent point of the ring is difficult to define and an uncertainty of ± 5 mm is assigned.

Mr Nettleton expands on the EUROMET agreement under which the NPL has discontinued development work at VUV wavelengths. The NPL will continue work only on the development of transfer standards, providing UK clients with calibrations traceable to the BESSY storage ring.

In reply to Mr Mielenz, Mr Wende states that the errors quoted are 2σ values and are confirmed by the comparison with the NPL cryogenic radiometer as described in an article in *Applied Optics*. Mr Metzdorf notes that the errors quoted refer to the uncertainty in the primary standard alone and that the uncertainty at VUV wavelengths becomes $\approx 1\%$ in transferring to comparison devices. Mr Nettleton states that, at visible wavelengths, the uncertainties $\approx 0,06\%$ achievable with blackbody radiators are better than BESSY, but BESSY has lower uncertainty than the blackbody at 400 nm. However, the strong polarisation of the BESSY source and damage and heating due the X-ray tail creates measurement problems and increases uncertainties.

Mr Blevin notes the advantages of synchrotron radiation at the shorter wavelengths and asks whether BESSY was an optimum configuration for radiometry. Mr Wende replies that BESSY could be improved as a primary radiator if that was its only use, but radiometry was only a small part of BESSY operation. At this time, the uncertainties in transfer standards were 3-5 times greater than those of BESSY itself. EUROMET are currently considering improved transfer standards for the 100 nm to 300 nm range, preferably based on semiconductor photodiodes. The running cost of BESSY is stated as one million DEM/year.

6.2 Synchrotron radiation in other national laboratories

Mr Mielenz describes the NIST storage ring SURF as being used primarily for science rather than for radiometry. Uncertainties in spectral irradiance, of 5 % at 4 nm and 1,3 % at 300 nm are greater than for BESSY. Comparison of SURF with other visible and UV standards has shown agreement at the 1 % level. SURF is mostly used as a secondary standard of relative spectral distribution, with absolute values obtained *via* a blackbody source at longer wavelengths. The main calibration interest is in the 100 nm to 300 nm region, used for response of vacuum photodiodes and the NASA spectrometers.

Mr Nettleton states that the NPL currently maintains a relative spectral energy distribution scale from UK synchrotrons, but under the EUROMET agreement this will be replaced with results from BESSY transferred *via* deuterium lamps. The main region of interest is 200 nm to 350 nm.

Mr Nishi describes the ETL effort in radiometry as much smaller than that of BESSY and SURF for radiometry. Absolute values have an uncertainty $\approx 10\%$, but the ETL source has been used as a standard of relative spectral energy distribution at short wavelengths. Comparison between the synchrotron source and the ETL blackbody irradiance scale was used to adjust the ETL irradiance values at short wavelengths in the current spectral irradiance comparison. Mr Saunders notes the uneven distribution of the comparison curve between the sources (Document CCPR/90-13, Figure 2) and Mr Nishi replies that this may be due to wavelength scanning errors in the monochromator. The main interest in synchrotron radiation for radiometry at the ETL is the calibration of deuterium lamps and vacuum photodiodes.

Mr Soardo states that while the IEN has no synchrotron source a number of deuterium lamps are calibrated each year and the laboratory is interested in entering the EUROMET programme.

Mr Chen states that the NIM has an active programme in establishing synchrotron radiation sources.

Mr Blevin notes that several CCPR members have recently visited VNIIOFI and seen development work on small diameter (≈ 100 mm)

synchrotron and storage ring sources. Both acquisition and running costs for such devices are much less than for conventional devices. Mr Gardner notes that the CW source under development, using a superconducting magnet, would have advantages at UV and VUV wavelengths because there is not damaging X-ray output. Mr Wende states that such small sources offer potential, particularly as standards of relative spectral energy distribution, and that radiometry in general would benefit by wider contact with the VNIIOFI developments.

6.3 Future CCPR activities involving synchrotron radiation

General discussion ensues as to the most applicable short wavelength region where radiometry is important. While a number of applications at VUV wavelengths are noted, it is agreed that the most important region for terrestrial use is the air ultraviolet, particularly 200 nm to 400 nm. Blackbody radiators are weak in this region. Messrs. Mielenz and Nettleton report that space and community researchers with interests in global warming and the earth radiation budget organized comparisons showing poor agreement and poor application of calibration techniques in the region. The President suggests that a working group be formed to propose a programme for the improvement of measurements in the air UV region. Mr Quinn notes that this is in agreement with the BIPM role of fostering improved measurement uniformity, particularly in evolving areas.

A Working Group on Air-Ultraviolet Spectral Radiometry is formed, consisting of the PTB, NIST, ETL, NPL, with the agreement that the VNIIOFI will be invited to participate. Mr Wende will act as convener but will not necessarily be the PTB representative.

Terms of reference are :

— to study the problem and take initiatives aimed at improving worldwide uniformity of spectral radiometry, principally in the range 200 nm to 400 nm, taking account not only of traditional techniques but also of developing techniques such as synchrotron radiation, cryogenic radiometry and improvements in the stability of transfer standards ;

— to report back to the CCPR by September 1991 with an evaluation of the problem and proposals for action.

7. Review of radiometric and photometric work at the BIPM

The President reminds members that the last CCPR meeting recommended that the BIPM should develop facilities in laser radiometry and spectroradiometry. Mr Köhler presents to the committee an overview of the current laboratory work. A Kr ion laser, intensity stabilized to

2 parts in 10^5 , has been used for silicon self-calibration radiometry using both single diodes and a QED 200 device. Extensive studies at 476 nm have demonstrated water adsorption on the surface of silicon photodiodes. A monochromator system is shown under development. Both the spectroradiometry and photometry laboratories are visited. Mr Blevin congratulates the staff on their work and thanks them on behalf the CCPR members.

8. Report on related work within the framework of the CIE

Messrs. Mielenz, Moore and Bastie give summaries of current CIE activities. The CIE illuminants are being redefined so that changes in temperature scales will not affect the spectral distributions of the sources. A document on secondary standard sources and their use as transfer standards is nearing completion. While some work on alternative $V(\lambda)$ functions is in progress, there are no plans to change the current methods of physical photometry; any new functions will supplement, not replace, existing $V(\lambda)$ and $V'(\lambda)$ distributions. Mr Blevin thanks the reporters for their information.

9. Planning the future working programme of the CCPR, including new international comparisons and working parties

9.1 General discussion

The President notes that a working party on air-ultraviolet spectral measurements has already been formed.

A list of quantities of possible interest to the CCPR is compiled, noting those for which the BIPM has a measurement capability. In their replies to questionnaires a majority of laboratories has expressed interest in the measurement of the spectral responsivity of silicon photodiodes. There is discussion over the use of laser and non-laser wavelengths, and it is noted both that not all laboratories have suitable lasers and that windowless diodes circulated in a previous comparison at laser wavelengths showed stability problems.

The committee regards the developing use of cryogenic radiometers as an area for future comparisons, but within a four to eight-year period rather than the coming four-year period, particularly given current efforts develop trap detectors as high accuracy transfer devices. It is also noted that the BIPM does not currently possess a cryogenic radiometer. Mr Quinn expresses interest in the development of a portable cryogenic radiometer for comparison work.

Little interest is shown in further spectral radiance/irradiance measurements at this time, particularly as the current spectral irradiance comparison has yet to be completed.

9.2 Photometric measurements

There is general agreement that the next photometric comparison should concern illuminance, measuring the response of a photometer consisting of a $V(\lambda)$ filter and a photodetector to radiation from an incandescent source of colour temperature $\approx 2\,800$ K. Mr Moore suggests that spectral responsivity should be compared first, as problems exist with the supply of well corrected $V(\lambda)$ filters. There is little support among members for the idea of circulating lamps as it is felt that detectors and filters offer promise of greater stability. Seven laboratories present indicate that they produce their own $V(\lambda)$ filters, but none are liquid; VNIIOFI work in this area is noted.

It is not thought necessary to carry out a comparison in the coming four years, but it is agreed that development work should be undertaken in preparation for the next period. The success of using a small group to prepare preliminary information, as in the comparison of spectral response at optical fibre wavelengths, is noted by Mr Blevin.

A Working Group on $V(\lambda)$ Corrected Detectors is formed, consisting of the OMH, NIST, NPL and the PTB, with the OMH as convenor. Mr Dezsi will confer with his OMH colleagues and notify the President and the BIPM of the name of the convenor.

Terms of reference are :

— to assess the availability of $V(\lambda)$ corrected detectors suitable for international comparisons of illuminance scales and, if necessary, to carry out experiments with a view to making recommendations to the CCPR ;

— to make a preliminary report to CCPR by September 1991.

9.3 Stability of silicon photodiodes

Mr Nettleton reports preliminary results on stability measurements on UDT, AEG, Centronics, Hamamatsu and EG&G silicon photodiodes over a four-year period under a BCR contract. All diodes had windows, which were not cleaned. The UDT, AEG and EG&G diodes tested showed large changes in UV responsivity over the four-year period, but the Centronics/5 and Hamamatsu 1227 diodes showed changes of less than 1 % to 250 nm. Mr Möstl confirms similar findings with Hamamatsu 1227 and 1337 diodes, with the 1227 used only at wavelengths of less than 900 nm. Type 1337 was found to be non linear at power levels near 1 mW at short wavelengths (633 nm). Mr Gardner shows stability results of less than 0,6 % over a four-year period for UDT UV100

cells, with and without windows, for 250 nm to 800 nm. Operation at longer wavelengths requires reverse bias to overcome non-linearity due to recombination. Mr Nettleton notes that the UDT cells tested for the BCR report were not of type UV100. The NPL had used UV100 cells for monitoring and had found them stable.

Mr Saunders questions the uniformity of such cells. The BCR report shows 0,2 % to be typical. Mr Köhler has observed 0,1 %. Mr Möstl observes that uniformity is strongly wavelength dependent.

Mr Blevin concludes from the discussion that silicon photodiodes of good stability and uniformity are available.

9.4 Spectral responsivity comparison

The President invites discussion of the range of wavelengths to be considered for a comparison of spectral responsivity. It is generally agreed that measurements should be at regular wavelength intervals using incoherent radiation so that windowed detectors can be circulated.

Mr Nettleton suggests that the range should cover both silicon and germanium diodes as a check on systematic errors from stray light, particularly as much of the detector selection required has already been done for the current responsivity comparison at fibre optic wavelengths. Messrs. Gardner and Boivin express concern that temperature stabilization would be required and that the results would be likely to repeat the moderately large scatter ($\approx 2\%$) seen in the full germanium international comparison. Canvassing of the members finds majority support for restriction to silicon diodes only, with a lower limit of 250 nm set by BIPM capabilities. Mr Moore says that the luminous intensity comparison shows the need for more than one artefact to be compared.

The meeting decides that the BIPM (Mr Köhler) should convene the work, with working details to be determined by a working party of the BIPM, NPL and the PTB. All laboratories present, with the exception of the CSIR, express interest in participating. Mr Blevin suggests that the working party should draft specifications and call for comment among CCPR members. The working party should aim to prepare a final report on the comparison results by June 1994.

9.5 Standard lamps

Mr Mielenz raises the question of general lack of availability of standard lamps, and asks whether the BIPM should provide a role in the evaluation of sources of supply and of the performance of new devices. He is aware of new lamps being available within the People's Rep. of China and the USSR. Mr Bonhoure has obtained some of the USSR lamps for evaluation. Mr Quinn sees the need to investigate the performance of new lamps, but needs assistance in determining the sources of supply: he notes that the cost of acquiring large numbers of lamps for testing may be a problem for the BIPM.

Mr Moore feels that the CIE study on standard lamps shows that there is no shortage of suppliers. Mr Mielenz disagrees and notes that a national committee within the USA (CORM) is currently discussing this problem which he sees as global rather than national. Mr Blevin is concerned with the supply of good quality luminous intensity lamps.

A Working Group on Standard Lamps is formed, consisting of the laboratories of the BIPM, NIM, NIST, NPL and the NRC, with Mr Bonhoure of the BIPM as convener. The VNIIOFI is to be asked to participate in this Working Group.

Terms of reference are :

- to examine the supply of standard lamps, collect experience gained with them and, if necessary, carry out experiments with a view to recommending lamps suitable for use in national laboratories for maintaining and comparing their photometric and radiometric units ;
- to make a preliminary report to CCPR by September 1991.

10. Other matters

Documents CCPR/90-2, 3, 7 and 10 are noted, but produce few comments.

Mr Quinn expands on Document CCPR/90-9, in which a blackbody cavity with a specular reflector is considered for the improvement of blackbody performance, particularly in reducing the need for precise temperature uniformity over the whole of the cavity surface. Such a device is only useful at temperatures such that the surface can be maintained as a good specular reflector.

Mr Blevin and Mr Gardner extend an invitation to members attending the CIE Quadrennial Session in Melbourne, Australia, in 1991 also to visit the CSIRO laboratories in Sydney.

11. Publication of documents

Mr Quinn states that papers submitted to the meeting as working documents will not be published. All members will receive bound copies as a supplement to the session report, and a copy will be maintained at the BIPM for reference.

The President thanks members for their participation and contributions, and thanks the BIPM staff for their cooperation. The meeting is closed.

APPENDIX P 1

Working documents submitted to the CCPR at its 12th Meeting

(see the list of documents on page P 19)

TABLE DES MATIÈRES
TABLE OF CONTENTS

COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE
ET RADIOMÉTRIE

12^e session (1990)

	Pages
Le BIPM et la Convention du Mètre	V
Liste des sigles	VII
Liste des membres	IX
Ordre du jour	XII
Rapport au Comité international des poids et mesures, par J. L. Gardner	P 1
1. Discussion des résultats de la sixième comparaison internationale d'étalons d'intensité lumineuse (1985)	2
1.1 Introduction	2
1.2 Rapport du groupe de travail sur la sixième comparaison internationale d'étalons d'intensité lumineuse	3
1.3 Discussion générale	3
2. Rapport sur la comparaison internationale d'étalons d'éclairement énergétique spectral	4
2.1 Présentation des résultats	4
2.2 Discussion	5
2.3 Autres comparaisons de sources	6
3. Rapport sur la comparaison internationale de mesures de puissance rayonnante à trois longueurs d'onde dans l'infrarouge	6
3.1 Présentation des résultats	6
3.2 Discussion des résultats	7
4. Problèmes posés dans le compte rendu de la réunion d'information sur les fibres optiques	8
5. Revue des progrès réalisés dans les laboratoires nationaux, depuis la 11 ^e session, en vue d'établir des étalons de premier ordre concernant	
a) les grandeurs radiométriques,	
b) les grandeurs spectroradiométriques,	
c) l'intensité lumineuse,	
d) le flux lumineux	8

6. Discussion sur l'utilisation et l'intérêt futur des synchrotrons et des anneaux de stockage d'électrons comme étalons primaires de flux énergétique spectral	10
6.1 Le rayonnement du synchrotron	10
6.2 Rayonnement du synchrotron dans les autres laboratoires nationaux ..	11
6.3 Activités futures du CCPR concernant le rayonnement du synchrotron.	12
7. Revue des travaux radiométriques et photométriques du BIPM	13
8. Rapport sur l'activité développée dans le cadre de la CIE	14
9. Programme de travail du CCPR pour les années à venir (nouvelles comparaisons internationales et réunions de travail)	14
9.1 Discussion générale	14
9.2 Mesures photométriques	15
9.3 Stabilité des photodiodes au silicium	15
9.4 Comparaison de sensibilité spectrale	16
9.5 Lampes étalons	17
10. Questions diverses	17
11. Publication des documents	18

Annexe

P 1. Documents de travail présentés à la 12 ^e session du CCPR	19
--	----

English text of the Report

Note on the use of the English text. Note sur l'utilisation du texte anglais	23
The BIPM and the Convention du Mètre	25
Agenda	28
Report to the Comité International des Poids et Mesures, by J. L. Gardner	29
1. Discussion of the sixth luminous intensity international comparison (1985).	30
1.1 Introduction	30
1.2 Report of the working party on the sixth luminous intensity international comparison	31
1.3 General discussion	31
2. Report on the international comparison of standards of spectral irradiance.	32
2.1 Presentation of the results	32
2.2 Discussion	33
2.3 Other source comparisons	33
3. Report on the international comparison of radiant power measurements at three infrared wavelengths	33
3.1 Presentation of results	33
3.2 Discussion of results	34
4. Matters arising in the minutes of the fact-finding meeting on optical fibres.	35

5. Review of progress by the national laboratories, since the 11th meeting, in realizing first-level standards of	
a) broad-band radiometric quantities,	
b) spectral radiometric quantities,	
c) luminous intensity,	
d) luminous flux	35
6. Discussion of the use and future potential of synchrotrons and electron storage rings as primary standards of spectral radiant flux	37
6.1 Overview of synchrotron radiation	37
6.2 Synchrotron radiation in other national laboratories	38
6.3 Future CCPR activities involving synchrotron radiation	39
7. Review of radiometric and photometric work at the BIPM	39
8. Report on related work within the framework of the CIE	40
9. Planning the future working programme of the CCPR, including new international comparisons and working parties	40
9.1 General discussion	40
9.2 Photometric measurements	41
9.3 Stability of silicon photodiodes	41
9.4 Spectral responsivity comparison	42
9.5 Standard lamps	42
10. Other matters	43
11. Publication of documents	43

Appendix

P 1. Working documents submitted to the CCPR at its 12th Meeting (<i>see</i> page P 19)	44
--	----



IMPRIMERIE DURAND

28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal : Imprimeur, 1991, n° 7593
ISBN 92-822-2117-2

ACHEVÉ D'IMPRIMER : JUILLET 1991

Imprimé en France