

COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE
SESSION DE 1939.

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES,
RAPPORT ET ANNEXES.

PRÉSIDENT
du Comité international des Poids et Mesures :
M. LE SÉNATEUR V. VOLTERRA.

LISTE DES MEMBRES
DU
COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE.

Président :

M. CHARLES FABRY, Membre de l'Institut de France,
Directeur général de l'Institut d'Optique théorique
et appliquée, *Paris*.

Membres :

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :
M. KORTE, Directeur du Laboratoire de Photométrie
de la Reichsanstalt.

Pour le National Bureau of Standards, *Washington* :
M. E. C. CRITTENDEN, Directeur-adjoint du National
Bureau of Standards.

Pour le National Physical Laboratory, *Teddington* :
M. J. E. SEARS, Superintendant de la Section de
Métrologie du National Physical Laboratory.

Pour le Laboratoire central d'Électricité, *Paris* :
M. R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire central.

Pour le Laboratoire Électrotechnique, *Tokio. Observa-
teur* : M. I. HAYASHI, Ingénieur au Bureau du
Ministère des Communications du Japon à Paris.

Pour l'Institut de Métrologie, *Léninegrad* : M. P.
TIKHODEEV, Directeur du Laboratoire de Photométrie
de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.

M. le Prof. U. BORDONI, 10, Viale Parioli, *Rome*.
(Excusé.)

M. le Prof. M. PIRANI, 24, Montpelier Rise, *Wembley*,
Middlesex. (Excusé.)

M. le Prof. C. ZWIKKER, Julianalaan, 14, *Delft*.

M. A. PÉRARD, Directeur du Bureau international des
Poids et Mesures, *Sèvres*.

Délégués adjoints des Laboratoires :

M. le Prof. HOFFMANN, Chef du Laboratoire de Pyro-
métrie optique de la Physikalisch-Technische Reich-
sanstalt, *Berlin*.

M. J. W. T. WALSH, Membre du National Physical
Laboratory, *Teddington*.

Invités :

MM. CH. VOLET et A. BONHOUR, Adjoints du Bureau
international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

MM. J. TERRIEN, H. MOREAU et N. CARRERA, Assistants du
Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.



COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE.

SESSION DE 1939.

PROCÈS-VERBAL

DE LA SÉANCE

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL

le jeudi 8 juin 1939.

PRÉSIDENCE DE M. CH. FABRY.

Sont présents : M. B. CABRERA, Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures ;

MM. CRITTENDEN, HAYASHI, JOUAUST, KORTE, PÉRARD, SEARS, TIKHODEEV, ZWIKKER, membres du Comité consultatif;

MM. HOFFMANN, WALSH, adjoints ;

MM. VOLET, TERRIEN, MOREAU, N. CABRERA, invités.

Sont excusés : MM. BORDONI, PIRANI, BONHOURE.

Le quorum étant atteint, la séance est ouverte à 15^h15^m.

M. CABRERA expose que M. VOLTERRA, empêché par la maladie d'assister à cette séance, a adressé au Comité consultatif un télégramme de cordiales salutations et de vœux; déjà, le Comité consultatif d'Électricité a décidé d'envoyer à M. VOLTERRA un télégramme lui exprimant ses vœux de prompt rétablissement. M. CABRERA espère que

le Comité consultatif de Photométrie voudra bien s'associer à cette démarche.

M. le PRÉSIDENT remercie M. CABRERA de sa communication et répond que le Comité consultatif de Photométrie est unanime à souhaiter à M. VOLTERRA une guérison complète et très prochaine.

M. le PRÉSIDENT adresse ses souhaits de bienvenue à tous les membres présents, et en particulier à MM. HAYASHI, HOFFMANN, KORTE et TIKHODEEV, qui participent pour la première fois aux travaux du Comité consultatif.

M. le PRÉSIDENT signale que MM. BORDONI et PIRANI lui ont fait part de leurs regrets de ne pouvoir assister à cette séance.

Sur la proposition de M. le PRÉSIDENT, M. VOLET est désigné pour remplir les fonctions de Secrétaire du Comité consultatif.

M. WALSH accepte les fonctions de Rapporteur.

M. PÉRARD signale au Comité consultatif que la plupart des rapports qui vont lui être soumis sont arrivés au Bureau international dans les tout derniers jours qui ont précédé la session, de sorte qu'il a été très difficile d'en assurer la reproduction en un temps aussi court, et que, chose plus grave, on n'a pu en prendre qu'une connaissance trop rapide. M. PÉRARD demande que, à l'avenir, ces rapports parviennent au Bureau international au plus tard quinze jours avant l'ouverture de la session.

M. le PRÉSIDENT appuie l'observation de M. PÉRARD et remercie le personnel du Bureau international de l'effort qu'il a dû s'imposer pour assurer la reproduction des rapports en un temps très court.

EXAMEN DES NOUVELLES COMPARAISONS FAITES
PAR LES LABORATOIRES ENTRE LEURS ÉTALONS NATIONAUX
ET LA BRILLANCE DU CORPS NOIR,
A LA TEMPÉRATURE DE SOLIDIFICATION DU PLATINE.

M. HOFFMANN rend compte des observations qui ont été faites à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt avec un groupe de 6 lampes (*Voir* Annexe P 1, p. P 36). Il expose que des expériences sont encore en cours, dont les résultats ne pourront pas être connus avant la fin de cette année. Puis il attire l'attention sur le fait que la concordance actuelle des mesures est peut-être plus apparente que réelle. Il signale des causes d'erreurs systématiques qu'il y aurait lieu d'étudier, en particulier : la pureté du platine, la profondeur du tube de visée dans le bain de platine, l'épaisseur des parois du creuset, etc. M. HOFFMANN a trouvé des différences de température de 1 à 1,5 degré, suivant les conditions de l'expérience.

A une question de M. le Président, M. HOFFMANN répond que l'on observe des écarts atteignant 0,7 pour 100 avec les lampes à basse température et 0,8 pour 100 avec les lampes à température plus élevée.

M. PÉRARD lit la conclusion du travail effectué par le Laboratoire Électrotechnique (Annexe P 2, p. P 41), qui fait ressortir la bonne concordance des déterminations faites au Japon ⁽¹⁾ et au National Bureau of Standards.

M. le PRÉSIDENT constate que, dans l'ensemble, les résultats obtenus sont satisfaisants.

⁽¹⁾ *Voir* aussi les travaux du Laboratoire Électrotechnique relatés aux Annexes P 3 (p. P 44) et P 12 (p. P 82).

EXAMEN DES COMPARAISONS
FAITES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
ENTRE LES ÉTALONS ENVOYÉS PAR LES DIVERS LABORATOIRES
ET FONCTIONNANT A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR
DU CORPS NOIR AU POINT DE SOLIDIFICATION DU PLATINE.

M. WALSH commente quelques points du rapport présenté par le National Physical Laboratory (*Voir Annexe P 3*, p. P 49). Il signale que les comparaisons internationales de lampes seraient plus faciles et plus précises si un seul type de lampe était adopté.

M. PÉRARD insiste sur la nécessité d'effectuer ces comparaisons avec plus de symétrie dans le temps, en soumettant les étalons voyageurs à une nouvelle étude lors de leur retour dans leurs laboratoires respectifs.

M. CRITTENDEN exprime le même avis. Les lampes envoyées par le National Bureau of Standards n'ont pas toutes montré une bonne stabilité. Avec un nouveau type de lampe, que M. CRITTENDEN présente au Comité, le National Bureau of Standards espère obtenir de meilleurs résultats. Il pense que les écarts révélés entre le National Bureau of Standards et le National Physical Laboratory sont peut-être dus à de petites différences entre les procédés d'examen ou à des accidents.

M. le PRÉSIDENT demande s'il est possible actuellement de recommander un type de lampe qui soit supérieur aux autres, ainsi que le désire M. WALSH.

M. HOFFMANN pense que les études sur les lampes étalons ne sont pas assez avancées pour qu'on puisse dès maintenant préconiser un type rationnel. Il est nécessaire de poursuivre encore des recherches sur l'influence de

plusieurs causes perturbatrices, avant d'effectuer cette unification, qui actuellement n'est pas désirable.

M. PÉRARD suggère que chaque Laboratoire reçoive un modèle de lampe de tous les autres Laboratoires.

M. ZWIKKER demande si les lampes qui ont été envoyées au National Physical Laboratory sont les mêmes que celles qui ont servi précédemment aux comparaisons avec le corps noir, et si les écarts actuellement constatés entre les Laboratoires correspondent à ceux que l'on avait alors observés.

M. JOUAUST répond que, pour le Laboratoire central d'Électricité, les deux groupes de lampes étaient différents.

M. CRITTENDEN, tout en reconnaissant l'intérêt de la deuxième question posée par M. ZWIKKER, ne pense pas qu'il soit possible d'y répondre d'une façon catégorique, eu égard au manque de précision des expériences.

EXAMEN DES COMPARAISONS
FAITES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
ENTRE LES ÉTALONS DES DIVERS LABORATOIRES,
FONCTIONNANT A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR DE 2360° K
VALEURS EN FONCTION DE LA NOUVELLE UNITÉ.

M. le PRÉSIDENT demande s'il est possible dès maintenant d'attribuer des valeurs aux étalons fonctionnant à la température de solidification du platine et à 2360° K.

M. WALSH dit que cela est possible avec une approximation de 0,5 pour 100. Puis il insiste sur l'intérêt qu'il y aurait à entreprendre dès maintenant des comparaisons

de lampes fonctionnant à une température de 2800° K, qui sont les plus intéressantes pour l'industrie.

M. PÉRARD constate que si l'on adopte la valeur de l'unité moyenne, il sera bien facile au Bureau international de donner aux Laboratoires la valeur de leurs lampes en fonction de cette unité.

M. le PRÉSIDENT appuie cette procédure, et précise que les nombres donnés représenteront, jusqu'à plus ample informé, la valeur moyenne des groupes de lampes, en bougies nouvelles.

M. SEARS estime qu'il vaudrait mieux ne rien changer pour le moment; car les divergences qui existent encore entre les diverses réalisations du corps noir pourraient dans un avenir prochain nous conduire à effectuer un autre changement, ce qui serait déplorable. Mieux vaudrait attendre d'être en mesure de faire ces changements ensemble.

M. JOUAUST signale que les industriels français insistent avec la plus grande énergie pour qu'on arrive à une unification rapide de la bougie.

M. le PRÉSIDENT souligne l'intérêt que cela présenterait pour tout le monde.

M. KORTE est certainement de cet avis, mais à la condition que l'unification soit faite à toutes les températures.

M. PÉRARD, reconnaissant la difficulté qu'il y aurait pour l'Allemagne à changer son unité d'environ 10 pour 100 à la date qui avait primitivement été fixée, propose que l'on conserve cette date du 1^{er} janvier 1940 pour la promulgation de la loi, en spécifiant que celle-ci n'entrerait en vigueur que le 1^{er} janvier 1941.

M. CRITTENDEN partage l'opinion qu'il n'est pas possible d'introduire l'unité nouvelle, tant qu'elle n'aura pas été fixée aux températures plus élevées. Il signale qu'un groupe de 30 lampes Philips fonctionnant à 2800° K ont montré une stabilité supérieure à 0,5 pour 100, sauf trois d'entre elles. Il pense qu'il conviendrait d'organiser à cette température des intercomparaisons, de préférence avec un type unique de lampe. On arriverait probablement dans ces conditions à un résultat satisfaisant dans le cours de l'année prochaine.

M. JOUAUST pense qu'on pourrait se limiter pour le moment aux lampes à 2360° K, celles à 2800° K étant encore exceptionnelles. Il n'a jamais eu à en déterminer dans son laboratoire.

M. le PRÉSIDENT craint, si l'on n'adopte pas la bougie nouvelle pour la raison que les études sur la lampe à 2800° K ne sont pas assez avancées, que l'on puisse objecter à ce moment-là que les lampes à températures encore plus hautes ne sont pas suffisamment connues. Il estime, dans l'incertitude actuelle, où des unités différentes portent le même nom, que ce serait déjà un résultat très important que de faire adopter effectivement la bougie nouvelle.

M. HOFFMANN signale qu'il y a déjà des lampes fonctionnant à une température de couleur supérieure à 2800° K.

Il remarque qu'il serait vain d'établir une unité sans envisager aussi la possibilité de l'utiliser dans la pratique.

M. HOFFMANN pense qu'en remettant au 1^{er} janvier 1941 la mise en usage de la bougie nouvelle, cela donnerait suffisamment de temps pour permettre d'obtenir des résultats plus concluants.

Après un échange de vues entre les membres du

Comité, M. PÉRARD dit avoir le sentiment que l'accord est unanime, et que c'est l'expression de la pensée qui diffère. Même en France, l'application au 1^{er} janvier 1940 serait à peu près impossible, et pourtant la France adoptera la bougie nouvelle. L'Angleterre l'adoptera également, parce que, pour elle la différence est très petite. Mais il n'en est pas de même pour l'Allemagne; pourquoi, dès lors, ne pas laisser à ce pays le soin de faire la loi le plus tôt possible, pour application au 1^{er} janvier 1941?

M. HOFFMANN se déclare d'accord avec cette manière de voir.

M. KORTE assure que son laboratoire pourrait, dès le 1^{er} janvier 1940, mesurer en bougies nouvelles des lampes fonctionnant à la température de couleur de 2046° K et à celle de 2360° K. Mais il lui sera impossible de mesurer des lampes fonctionnant à une température de couleur plus élevée; il ne suffit pas, en effet, d'appliquer aux étalons actuels le facteur de conversion résultant des comparaisons qui viennent d'être faites sur des lampes fonctionnant à une température plus basse; les divers laboratoires ne procèdent pas de la même manière pour le passage aux étalons à température élevée, et des lampes, vérifiées dans divers laboratoires, recevraient des valeurs différentes.

M. CRITTENDEN souligne que les différences atteignent 5 pour 100.

M. le PRÉSIDENT observe que les différences sont actuellement de 15 pour 100. Même si les 5 pour 100 dont parle M. CRITTENDEN subsistent, il y aura un acheminement de 10 pour 100 vers l'unification. La situation ne serait, en aucun cas, aggravée.

M. PÉRARD est du même avis, et insiste sur la nécessité de faire quelque chose.

M. KORTE admet qu'il est souhaitable de changer l'unité, mais avec mise en application le 1^{er} janvier 1941.

M. HOFFMANN estime que la question devrait être traitée en vue de donner satisfaction à l'industrie.

M. SEARS pense que, lorsque la nouvelle unité aura été adoptée, les industriels auront la pensée que tous les Laboratoires sont d'accord; si on leur dit qu'il y a des points de vue différents pour les lampes à haute température, ils auront une déception.

M. SEARS comprend bien que la situation ne serait pas plus mauvaise qu'aujourd'hui; mais il pourrait y avoir, chez les industriels, une méprise qu'il convient d'éviter.

M. le PRÉSIDENT constate que cette opinion est celle de la plupart des membres du Comité et demande à M. HOFFMANN de faire une proposition.

M. HOFFMANN propose, conformément à l'opinion exprimée par M. PÉRARD, d'établir l'unité nouvelle, pour mise en application le 1^{er} janvier 1941.

M. KORTE dit que des lampes pourront être échangées avant cette date.

M. PÉRARD propose au Comité consultatif une résolution ainsi conçue :

« Le Comité consultatif de Photométrie estime désirable que
« les différents pays introduisent la bougie nouvelle dans leur
« législation, à partir du 1^{er} janvier 1940, et que la mise en
« application de la loi soit reportée au 1^{er} janvier 1941 ».

M. HOFFMANN demande d'ajouter à ce texte une référence à ce qui a été décidé précédemment.

M. PÉRARD propose d'ajouter, au début, les mots :

« Conformément à la décision du Comité international des
« Poids et Mesures ».

M. le PRÉSIDENT consulte le Comité sur le texte
ci-dessous, qui est adopté à l'unanimité.

RÉSOLUTION 1.

Conformément à la résolution votée par le Comité international dans sa session de 1937 (Procès-Verbaux du Comité international, 1937, pp. 236 et 64), le Comité consultatif de Photométrie estime désirable que les différents pays introduisent la « bougie nouvelle » dans leur législation à partir du 1^{er} janvier 1940, et que la mise en application de la loi soit reportée au 1^{er} janvier 1941 (1).

EXAMEN DES COMPARAISONS FAITES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY ENTRE LES LAMPES DES DIVERS LABORATOIRES POUR LESQUELLES A ÉTÉ DÉTERMINÉ LE RAPPORT ENTRE L'INTENSITÉ DANS UNE DIRECTION DONNÉE ET L'INTENSITÉ MOYENNE SPHÉRIQUE.

M. WALSH expose que le National Physical Laboratory a reçu des groupes de lampes de quatre Laboratoires. Les résultats de ces comparaisons (Voir Annexe P 6, p. P 64) eussent été plus satisfaisants si les températures de cou-

(1) Dans une lettre en date du 1^{er} janvier 1940 adressée aux Gouvernements des Hautes Parties Contractantes et aux Laboratoires intéressés, le bureau du Comité international a exprimé l'opinion qu'en raison de la situation internationale actuelle, aucun changement d'unités ne devrait être accompli dès maintenant; il conviendrait d'attendre un nouvel avis, que ne manquera pas d'émettre au moment opportun l'organisme international qualifié.

leur des lampes avaient été plus uniformes, au lieu de présenter des écarts atteignant, comme on l'a observé, 50 degrés. Néanmoins, la concordance obtenue, de l'ordre de 0,5 pour 100, doit être considérée comme assez satisfaisante.

M. KORTE indique que les mesures de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt ont été faites en tournant progressivement les lampes de 2 en 2 degrés.

M. le PRÉSIDENT constate que le résultat est assez bon ; mais il s'étonne de la discordance de certaines déterminations exécutées dans des Laboratoires différents. On est d'accord, dit-il, sur l'intensité lumineuse et sur le facteur de passage de l'intensité au flux. Comment n'est-on pas d'accord sur le produit ?

M. CRITTENDEN répond que la discordance est due à la différence de couleur.

M. HOFFMANN informe le Comité que des expériences sont projetées à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, au moyen d'un four au tungstène dans lequel on peut tenir une température à 1 degré près jusqu'à 2165°, et grâce auquel il sera possible d'établir prochainement une échelle de température de couleur jusqu'à cette température élevée.

M. CRITTENDEN dit que, de son côté, le National Bureau of Standards a fait des essais à la température de fusion de l'iridium (2727° K).

M. TIKHODEEV signale que les expériences faites à l'Institut de Métrologie ont montré que le flux est plus grand lorsque la lampe tourne que lorsqu'elle est immobile.

M. WALSH dit qu'il n'a pas observé un tel phénomène.

M. TIKHODEEV précise que ses observations ont été faites sur des lampes de provenances diverses, que la vitesse de rotation était de 120 tours à la minute, et que les variations de flux dues à cette rotation ont été environ de 1 à 1,5 pour 100 pour les lampes à vide et de 1,3 à 2 pour 100 pour les lampes à atmosphère gazeuse.

Il résulte de la discussion qui suit, que la cause de cette variation n'est pas connue avec certitude (¹).

INSTALLATIONS EN VOIE D'ACHÈVEMENT
AU BUREAU INTERNATIONAL, POUR LA COMPARAISON
DES ÉTALONS D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

M. PÉRARD rappelle que, dans sa dernière session, en 1937, le Comité consultatif avait chargé le Bureau international d'installer un laboratoire de photométrie, qui aurait pour mission de faire la comparaison entre les étalons des divers États. Cette installation a été faite, et M. TERRIEN, qui en a été chargé, va présenter au Comité consultatif un rapport sur ce travail.

M. PÉRARD signale que l'expérience acquise dans d'autres laboratoires a été mise à profit à Sèvres. Il adresse des remerciements particuliers à M. JOUAUST, qui a associé M. TERRIEN à ses propres mesures, au laboratoire de M. RIBAUD, au National Physical Laboratory, spécialement à M. WALSH, qui a bien voulu faire l'instruction de M. TERRIEN, et à tous les laboratoires qui ont été mis ainsi à contribution.

M. TERRIEN donne lecture du rapport, publié en Annexe P 7 (voir page P 70).

M. le PRÉSIDENT remercie M. PÉRARD et M. TERRIEN des

(¹) Voir aussi l'Annexe P 4 (p. P 47) du Laboratoire Électrotechnique.

indications qu'ils viennent de fournir au Comité consultatif.

M. PÉRARD ajoute que, dans quelques jours, le nouveau laboratoire sera en mesure de faire des comparaisons d'intensité lumineuse. Des Laboratoires ont déjà envoyé des lampes, ce dont M. PÉRARD les remercie. Les autres Laboratoires sont priés de vouloir bien en envoyer également.

M. le PRÉSIDENT constate que le Bureau international remplit ainsi tout à fait son rôle de coordination et d'unification.

ÉCHANGE DE VUES AU SUJET DE LA COORDINATION DES UNITÉS
DES DIVERS PAYS DANS L'AVENIR.

M. PÉRARD indique que le Comité se trouve en présence de deux propositions, qui sont d'ailleurs très semblables : celle du Laboratoire Électrotechnique (p. P 75) et celle du National Physical Laboratory (p. P 72).

La première proposition, plus précise que la seconde, demande que des comparaisons soient faites tous les deux ans, et que tous les six ans il y ait une détermination par le corps noir.

M. PÉRARD déclare que cela n'a pas encore été envisagé par le Bureau international, mais qu'il serait prêt à le faire, si le Comité consultatif le lui demandait.

M. le PRÉSIDENT dit que l'accord est unanime sur le principe des comparaisons périodiques; mais il demande aux membres du Comité quelle est leur opinion sur la période envisagée de deux ans.

M. ZWIKKER pense que cet intervalle est trop court.

M. SEARS estime qu'il n'est pas nécessaire de préciser dès maintenant cette période, et que les expériences pourront être faites quand le besoin s'en fera sentir.

M. PÉRARD précise que les comparaisons pourraient avoir lieu à la diligence du Bureau international, après consultation des différents Laboratoires.

Quant à la référence au corps noir, le Bureau n'aurait à prendre aucune initiative, le travail étant effectué par les Laboratoires.

M. le PRÉSIDENT constate que tous les membres du Comité consultatif acceptent cette proposition.

M. le PRÉSIDENT ayant évoqué à nouveau l'établissement d'étalons à 2800° K, M. KORTE mentionne qu'il utilise les verres bleus; pour les lampes fluorescentes, la méthode de papillotement est appliquée dans son laboratoire.

M. CRITTENDEN est d'avis que les trois méthodes qui font appel, soit aux verres bleus, soit à un photomètre physique fondé sur la courbe de visibilité, soit à un corps noir à température élevée, donnent des résultats concordants.

M. KORTE estime que les différences ne sont pas négligeables.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite lecture d'une lettre du Professeur BORDONI (Annexe P 11, p. P 80), et le Comité s'associe aux désirs qu'elle exprime.

M. PÉRARD rappelle alors que trois Laboratoires : le National Physical Laboratory, le Laboratoire Électro-technique, et l'Institut de Métrologie (Annexes P 8, P 9 et P 10, pp. P 72, P 75 et P 78) ont proposé des textes

susceptibles d'être incorporés dans la législation ou la réglementation des pays qui en désireraient.

Dans le texte qu'il a présenté, l'Institut de Métrologie considère l'unité de flux comme fondamentale. Lors de la session de 1937, ce même Institut avait déjà soumis un rapport très intéressant, exprimant la même idée, et qui fut longuement considéré par le Comité. Ce dernier, en l'absence de délégué de l'U. R. S. S., s'était pourtant décidé, pour des motifs d'importance peut-être secondaire, en faveur de l'intensité lumineuse comme grandeur fondamentale, la grandeur même des unités étant d'ailleurs la même que voulait le texte proposé par cet Institut. Le Comité pourrait difficilement revenir sur cette décision.

M. CRITTENDEN déclare qu'il ne méconnaît pas l'importance des arguments invoqués par l'Institut de Métrologie, mais qu'il est obligé de tenir compte des traditions qui ont fait de l'unité d'intensité l'unité fondamentale.

M. PÉRARD : Les rapports du Laboratoire Électrotechnique et du National Physical Laboratory sont très semblables; ce dernier rapport pourrait être pris comme base de discussion.

M. HAYASHI accepte.

M. PÉRARD pense que, si personne n'a d'objection grave à faire à ce texte, il y aurait lieu de tenir compte simplement de la remarque faite par l'Institut de Métrologie, qui constate qu'on se réfère, pour définir l'unité d'intensité, à la brillance sans l'avoir préalablement définie. Il propose d'adjoindre au texte en discussion la définition de la brillance donnée en 1924 par la Commission internationale de l'Éclairage.

Après un échange de vues, au cours duquel M. TIKHODEEV maintient son opinion et déclare qu'il s'abstiendra, les

autres délégués ne voient pas d'objection à garder le texte du National Physical Laboratory.

M. le PRÉSIDENT rappelle qu'il ne s'agit que de donner des indications aux législateurs.

M. SEARS demande d'apporter au projet de résolution concernant les unités photométriques présenté par le National Physical Laboratory, deux modifications de rédaction. Dans le paragraphe 3, deuxième phrase, les mots « consiste à utiliser un filtre coloré », sont remplacés par « consiste à utiliser un procédé tenant compte « de la courbe des facteurs de visibilité (luminosité) « adoptée par ce Comité; on emploiera par exemple un « filtre coloré... ».

De même, dans le paragraphe 4, la définition de la bougie nouvelle est ainsi modifiée : « La grandeur de la « bougie nouvelle est telle que la brillance du radiateur « intégral... ».

Ces légères modifications étant acceptées, le Comité adopte l'ensemble de la Résolution 3 (1).

M. ZWIKKER demande comment les constructeurs des pays ne possédant pas de laboratoire national pourront obtenir les valeurs de leurs étalons en fonction de l'unité nouvelle.

M. PÉRARD répond que ce sera le rôle du Bureau international, qui, dans peu de temps, sera susceptible de vérifier des lampes dans les mêmes conditions qu'il vérifie déjà des étalons d'autres grandeurs.

M. SEARS demande que le Comité prenne une résolution chargeant le Bureau international d'organiser des

(1) Le texte de cette résolution est donné dans le Rapport (p. P 32).

intercomparaisons de lampes fonctionnant à 2800° K entre les divers Laboratoires nationaux.

M. PÉRARD rédige le texte suivant, qui est adopté :

RÉSOLUTION 2.

Le Comité consultatif de Photométrie propose que le Bureau international organise entre les Laboratoires nationaux des échanges de lampes fonctionnant à une température de couleur voisine de 2800° K, en attendant que lui-même soit outillé pour exécuter de semblables comparaisons.

PROCHAINE SESSION.

M. PÉRARD fait observer que la date de la prochaine session est subordonnée à diverses considérations. Le Japon et les États-Unis d'Amérique demandent que les divers Comités consultatifs aient lieu à peu près dans la même période. En outre, il doivent précéder le Comité international, de façon que les conseils donnés puissent être mis tout de suite en discussion.

M. PÉRARD demande si le Comité consultatif envisage de se réunir en 1941 ou s'il laisse à son Président le soin de prendre une décision à cet égard, en consultant les divers Laboratoires.

M. HOFFMANN ne fait pas d'objection à cette dernière formule; mais il pense qu'une réunion en 1941 sera certainement très utile, parce que les Laboratoires auront défini à cette époque des valeurs nouvelles.

M. le PRÉSIDENT constate l'accord du Comité sur la formule proposée par M. PÉRARD.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le PRÉSIDENT, remercie ses collègues de la bonne volonté qu'ils ont apportée aux discussions qui viennent de se dérouler; il se félicite de ce que les questions envisagées ont fait un pas assez sérieux. Il exprime le vœu que les Laboratoires travaillent et arrivent à résoudre même les questions les plus difficiles. Il espère que des résultats nouveaux et importants auront été atteints en 1941.

Il demande aux membres du Comité s'il acceptent, pour la simplification du travail, que le Procès-verbal soit approuvé par le Président, après consultation du Rapporteur et des Laboratoires qui exprimeraient le désir d'en prendre connaissance au préalable.

Cette procédure est adoptée.

M. SEARS, au nom de tous ses collègues, remercie M. le Président FABRY de l'amiabilité et du tact qu'il a su apporter à la conduite des débats.

La séance est levée à 17^h 50^m.

DEUXIÈME RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Par M. J. W. T. WALSH, rapporteur.

Le Comité consultatif de Photométrie a tenu sa seconde session au Pavillon de Breteuil à Sèvres, le jeudi 8 juin 1939, sous la présidence de M. le Professeur Ch. Fabry, membre du Comité international des Poids et Mesures.

Les membres présents étaient : MM. Crittenden, Hayashi, Jouaust, Korte, Pérard, Sears, Tikhodeev, Zwikker.

Assistaient à la séance, les délégués adjoints des Laboratoires, MM. Hoffmann et Walsh, ainsi que les invités, MM. Volet, Terrien, Moreau et N. Cabrera.

Le Professeur B. Cabrera, Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures prit également part à la séance.

MM. Bordoni et Pirani, membres du Comité consultatif, ainsi que M. Bonhoure, invité, s'étaient excusés.

M. V. Volterra, Président du Comité international des Poids et Mesures, malheureusement retenu à Rome par son état de santé, envoya au Comité consultatif un message de bienvenue et ses bons vœux de réussite. Le Comité s'est joint au Comité consultatif d'Électricité pour

envoyer à M. Volterra un message regrettant son absence et exprimant l'espoir d'une convalescence rapide.

M. le Président souhaite la bienvenue aux membres du Comité, avec une attention spéciale pour ceux d'entre eux qui siégeaient pour la première fois, MM. Hayashi, Hoffmann, Korte et Tikhodeev. Sur sa proposition, M. Volet fut nommé secrétaire et M. Walsh rapporteur.

M. Pérard, en énumérant les documents remis aux membres du Comité, indiqua que plusieurs rapports étaient arrivés trop tard pour être suffisamment étudiés. Il souligna la nécessité de réunir les rapports en temps utile et demanda qu'à l'avenir les documents fussent tous parvenus au Bureau international aussitôt que possible, et, en tout cas, au moins 15 jours avant la session.

Les questions en instance à cette réunion étaient de deux catégories. C'était d'abord l'examen des rapports sur les travaux exécutés à propos de l'institution des unités photométriques nouvelles et la confirmation de la résolution, prise en 1937, d'adopter la bougie nouvelle au 1^{er} janvier 1940. En second lieu il convenait de considérer le travail futur du Comité et, en particulier, de prévoir les étapes de la mise en application des unités nouvelles.

A. EXAMEN DES RAPPORTS.

1. *Travaux nouveaux sur l'étalon primaire.* — M. le Président demanda si certains Laboratoires nationaux avaient récemment comparé leurs étalons à l'étalon primaire.

M. Hoffmann déclara qu'à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, six lampes avaient été étalonnées par comparaison avec le corps noir et huit autres lampes seraient aussi étalonnées prochainement. Il insista sur la nécessité de rechercher si les différences qui pourraient se pré-

senter étaient systématiques ou accidentelles, et il mentionna, parmi les causes possibles d'erreurs systématiques, le degré de pureté du platine, la profondeur d'immersion du tube de platine, l'épaisseur des parois, etc.

M. Pérard résuma les travaux qui avaient été exécutés au Laboratoire Électrotechnique de Tokio et qui sont décrits dans le rapport annexé (Annexes P 2, P 3 et P 4, pp. P 41, P 44 et P 47).

Aucun autre travail sur l'étalon primaire n'avait été fait dans les autres Laboratoires.

2. *Comparaison des lampes mesurées dans les divers Laboratoires nationaux en fonction de la bougie nouvelle.* — Sur la demande de M. le Président, M. Walsh présenta deux rapports du National Physical Laboratory (voir Annexes P 5 et P 6, pp. P 49 et P 64). Conformément à la décision prise à la session de 1937 (*Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, 1937, p. 239), les Laboratoires nationaux avaient envoyé à Teddington des groupes de six lampes fonctionnant respectivement à la température de couleur de l'étalon primaire et à une température de couleur d'environ 2360°K. Les groupes de lampes de chacune de ces températures de couleur ont été comparés au National Physical Laboratory, et les résultats obtenus ont été donnés en détail dans ces deux rapports.

M. Pérard fit remarquer qu'il y avait, dans certains cas, des différences assez considérables entre les résultats individuels obtenus sur des lampes prises dans un même groupe et il fit allusion aux lampes de la température de couleur la plus basse provenant du Bureau of Standards. M. Crittenden déclara que ces lampes avaient été réexpédiées en Amérique et avaient été mesurées à nouveau. Une lampe avait varié d'environ 0,5 pour 100. On était en train de rechercher les causes possibles de ces diffé-

rences. Il se pourrait que celles-ci résident dans la méthode de mesure ou dans des variations accidentelles.

M. Pérard exprima l'opinion que dans toutes les comparaisons de ce genre, les lampes devraient être renvoyées aux Laboratoires d'origine pour être remesurées. Il déclara que ceci avait été jugé nécessaire dans le cas d'autres étalons; et l'on fut généralement d'accord pour que cette manière de faire fut respectée dans l'avenir.

En ce qui concerne la possibilité de recommander un type particulier de construction pour les lampes employées dans de telles comparaisons, on convint que dans l'état actuel de nos connaissances sur les causes probables de légères variations, il n'était pas possible de faire de pareilles spécifications.

M. Zwikker demanda si les différences constatées entre les divers Laboratoires ne présentaient pas une analogie avec les différences trouvées par eux sur la valeur de l'étalon primaire; mais M. Sears précisa que les valeurs en question étaient exprimées en fonction de l'ancienne unité, et qu'ainsi elles ne fournissaient pas de base de comparaison.

A la demande de M. le Président, le Comité examina alors la possibilité d'assigner des valeurs aux divers groupes d'étalons fonctionnant aux deux températures de couleur.

On fit la remarque que pour les applications commerciales on avait surtout besoin d'un accord sur l'unité de flux lumineux à une température de couleur d'environ 2800°K . Certains membres du Comité pensèrent qu'il vaudrait mieux différer toute tentative de sanctionner des valeurs pour les étalons nationaux, jusqu'à ce qu'on ait terminé la comparaison des étalons de flux fonctionnant à cette température de couleur. M. Jouaust fit quelques objections à cette proposition; car celle-ci laisserait,

pendant un délai supplémentaire, la question dans son état défectueux actuel.

M. Korte remarqua que pour rendre effective l'adoption de l'unité nouvelle, les Laboratoires nationaux devraient être en possession d'étalons fonctionnant dans la totalité du domaine pratique des températures de couleur; cette opinion fut partagée par les représentants des autres Laboratoires nationaux.

Le Président insista sur l'importance qu'il y aurait à mettre en usage, aussitôt que possible, une seule unité universelle, et M. Pérard proposa, tout en maintenant le 1^{er} janvier 1940 comme date d'introduction de l'unité nouvelle dans les législations, de reporter sa mise en vigueur dans tous les pays jusqu'au 1^{er} janvier 1941.

Faisant allusion à la comparaison à une température de couleur de 2800°K, M. Crittenden déclara que le National Bureau of Standards possédait 30 lampes d'un modèle spécial, à ampoule opale, fabriquées par Philips à Eindhoven. Ces lampes se sont montrées très stables, à moins de 0,5 pour 100 près dans tous les cas, et sont généralement bien meilleures encore. Il suggéra que des lampes de ce modèle fussent commandées et réparties dans tous les Laboratoires en vue de la comparaison présentement envisagée.

Il y eut alors une discussion générale sur les avantages relatifs des deux procédures proposées, savoir : 1° introduire la bougie nouvelle au 1^{er} janvier 1940 sans attendre l'intercomparaison à la température de couleur de 2800°K; 2° différer l'application de l'unité nouvelle jusqu'au 1^{er} janvier 1941, de façon à donner du temps pour cette intercomparaison et à permettre aux Laboratoires nationaux de s'organiser pour mesurer des lampes à toutes les températures de couleur, jusqu'à 2800°K, en fonction de la bougie nouvelle.

En conclusion il apparut que la seconde façon de procéder était jugée préférable par la majorité des membres; et, sur la proposition de M. Hoffmann, on accepta à l'unanimité la résolution suivante.

RÉSOLUTION 1.

Conformément à la résolution votée par le Comité international dans sa session de 1937 (Procès-Verbaux du Comité international, 1937, pp. 236 et 64), le Comité consultatif de Photométrie estime désirable que les différents pays introduisent la « bougie nouvelle », dans leur législation à partir « du 1^{er} janvier 1940, et que la mise en application de la loi soit reportée au 1^{er} janvier 1941 ⁽¹⁾.

3. *Comparaison des mesures du rapport de l'intensité moyenne sphérique, à l'intensité dans une direction spécifiée.* — Conformément à la décision prise à la session de 1937 (*Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, 1937, p. 240), les Laboratoires nationaux avaient envoyé au National Physical Laboratory à Teddington, des groupes de trois lampes, pour lesquelles ils avaient mesuré le rapport de l'intensité moyenne sphérique à l'intensité lumineuse dans une direction spécifiée. La concordance entre les résultats obtenus par les différents Laboratoires dans le passage de l'intensité dans une direction à l'intensité moyenne sphérique a été déterminée, et les résultats ont été donnés dans un rapport (Annexe P 6, p. P 64) qui a été présenté par M. Walsh. Ce dernier mentionna que les groupes de

(¹) Voir Note au bas de la page P 14.

lampes envoyés étaient loin d'avoir la même température de couleur, les différences atteignant 50 degrés.

M. Korte fit remarquer que, pour les lampes provenant de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, l'intensité moyenne horizontale avait été déterminée, la lampe étant immobile, en faisant la moyenne des valeurs obtenues après des rotations successives de 2 en 2 degrés.

M. Tikhodeev déclara qu'à l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. on avait trouvé que l'intensité lumineuse d'une lampe était modifiée quand on la mettait en rotation. A une vitesse de 120 tours par minute, la variation du flux lumineux était de 1 à 1,5 pour 100 pour les lampes à vide, et de 1,3 à 2 pour 100 pour les lampes remplies de gaz. D'autres membres déclarèrent qu'ils n'avaient trouvé aucune variation dans le cas des lampes à vide.

4. Dispositions prises au Bureau international des Poids et Mesures pour la comparaison des étalons d'intensité lumineuse. — M. Pérard rappela qu'en 1937 le Comité consultatif avait demandé au Bureau international des Poids et Mesures d'établir un laboratoire de photométrie pour la comparaison des étalons nationaux. Il déclara que ce travail était la tâche de M. Terrien, et il exprima ses remerciements à ceux qui l'avaient aidé en lui communiquant avec empressement des renseignements sur les méthodes et l'outillage en usage dans les principaux laboratoires photométriques existants.

M. Terrien présenta alors son rapport, reproduit en annexe (Annexe P 7, p. P 70).

M. Pérard déclara que le nouveau laboratoire serait très prochainement en état de faire des comparaisons d'intensité lumineuse. Certains Laboratoires avaient déjà envoyé des lampes étalons, et il espérait que d'autres en feraient autant.

B. TRAVAUX FUTURS.

En vue de maintenir la concordance entre les étalons nationaux d'intensité lumineuse, deux propositions avaient été faites au Comité émanant l'une du National Physical Laboratory (Annexe P 8, p. P 72) et l'autre du Laboratoire Électrotechnique de Tokio (Annexe P 9, p. P 75). Cette dernière préconisait l'intercomparaison de lampes tous les deux ans et la redétermination par rapport à l'étalon primaire, tous les six ans. La proposition du National Physical Laboratory ne précisait aucune périodicité pour ces déterminations.

Après discussion, on convint que, puisqu'un délai de deux ans était probablement trop bref, il n'était pas nécessaire d'imposer une périodicité définie. On a donc laissé au Bureau international des Poids et Mesures le soin d'organiser des intercomparaisons après consultation des divers Laboratoires.

M. le Président revint alors sur la question de l'établissement d'étalons à la température de couleur de 2800°K , et M. Korte déclara qu'à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, le passage de 2360°K à cette température de couleur serait effectué au moyen des filtres internationaux en verre bleu.

M. Crittenden ajouta que le National Bureau of Standards employait trois méthodes utilisant respectivement : 1° un filtre en verre bleu; 2° un corps noir à température fixe plus élevée; 3° un photomètre physique conçu en vue de donner des résultats en accord avec la courbe de visibilité. Les résultats obtenus par ces trois méthodes ont été trouvés en bonne concordance.

M. Zwikker demanda si les pays ne possédant pas de laboratoire national auraient la possibilité de se procurer

des étalons ; à quoi M. Pérard répondit qu'un travail de ce genre serait l'une des fonctions du Bureau international des Poids et Mesures, comme c'est le cas pour d'autres catégories d'étalons.

Finalement la résolution suivante fut adoptée à l'unanimité.

RÉSOLUTION 2.

Le Comité consultatif de Photométrie propose que le Bureau international des Poids et Mesures organise, entre les Laboratoires nationaux, un échange de lampes étalons fonctionnant à une température de couleur voisine de 2800°K, en attendant que lui-même soit outillé pour exécuter de semblables comparaisons.

M. le Président lut alors une lettre de M. Bordoni (Annexe P 11, p. P 80), soulignant l'importance qu'il y aurait à s'accorder sur une méthode de photométrie hétérochrome, en vue, particulièrement, de la mesure des lampes à décharge.

A propos de la législation nécessaire dans certains pays pour préparer l'introduction des unités nouvelles, M. Pérard déclara que trois Laboratoires (National Physical Laboratory de Grande-Bretagne, Laboratoire Électrotechnique du Japon et Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.) avaient soumis des projets de textes à incorporer dans les dispositions législatives qui pourraient être nécessaires. Dans le texte de l'Institut de Métrologie (Annexe P 10, p. P 78), l'unité de flux lumineux avait été placée au rang d'unité fondamentale, en conformité avec une proposition qui avait été reçue d'U. R. S. S. en 1937. A cette époque, le Comité, après examen attentif, avait décidé de conserver l'unité d'intensité lumineuse comme unité fondamentale.

Après discussion, on s'accorda pour maintenir cette

décision; M. Tikhodcev s'étant abstenu dans le vote, le texte soumis par le National Physical Laboratory (Annexe P 8, p. P 72) fut approuvé avec les modifications suivantes :

Dans la seconde phrase du paragraphe 3, les mots « consiste à utiliser un filtre coloré » doivent être remplacés par « consiste à utiliser un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité (luminosité) adoptée par ce Comité; on emploiera par exemple un filtre coloré... ».

Dans le paragraphe 4, on a modifié la définition de la bougie nouvelle comme suit : « La grandeur de la bougie nouvelle est telle que la brillance du radiateur intégral... ».

Le texte ainsi amendé est adopté sous la forme suivante.

RESOLUTION 3.

CONCERNANT LES UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES

(en vue de son adoption par le Comité international
des Poids et Mesures).

1. LA SITUATION ACTUELLE. — *A l'heure actuelle, les unités d'intensité lumineuse en usage dans les différents pays sont fondées sur des étalons à flamme, ou sur les valeurs assignées à certaines lampes électriques à filament incandescent, conservées dans les Laboratoires nationaux. La France, la Grande-Bretagne et les États-Unis d'Amérique se sont mis d'accord en 1909 pour adopter une unité commune, qui fut par la suite adoptée dans certains autres pays. Bien des projets ont été proposés en vue d'établir une unité qui serait fondée sur une source-étalon primaire, c'est-à-dire reproductible au moyen de certaines spécifications. Cependant, ce n'est que dans ces dernières*

années, qu'un tel étalon s'est montré pratiquement réalisable.

2. L'ÉTALON PRIMAIRE. — *Cet étalon, adopté en principe par le Comité international des Poids et Mesures en 1930 et en 1933, est un radiateur de Planck (corps noir), à la température de solidification du platine, et la valeur de l'unité d'intensité lumineuse (adoptée en 1937) est telle que la brillance de l'étalon soit de 60 unités par centimètre carré. La forme, sous laquelle cet étalon est réalisé actuellement est, dans ses traits essentiels, celle qui a été conçue par le National Bureau of Standards, à Washington, et qui se trouve décrite dans les Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures de 1931 (p. 249). La couleur de la lumière fournie par l'étalon ne diffère pas sensiblement de celle qui est émise par les étalons à flamme et les lampes à filament dont il est question au paragraphe 1.*

3. MESURE DES SOURCES LUMINEUSES AYANT UNE TEMPÉRATURE DE COULEUR AUTRE QUE CELLE DE L'ÉTALON PRIMAIRE. — *Les sources lumineuses modernes (même si l'on met à part celles qui présentent une coloration marquée) ont une température de couleur beaucoup plus élevée que l'étalon primaire, et il est par conséquent nécessaire de définir le procédé suivant lequel ces sources doivent être évaluées. La méthode approuvée par le Comité international des Poids et Mesures, en 1937, consiste à utiliser un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité (luminosité) adoptée par ce Comité; on emploiera par exemple un filtre coloré, qui, intercalé entre l'étalon primaire et le photomètre, donne une couleur comparable à celle de la lumière à mesurer. Le facteur de transmission de ce*

filtre est déterminé à partir de sa courbe de transmission spectrale, au moyen des facteurs de luminosité adoptés en 1933 par le Comité international des Poids et Mesures (Procès-Verbaux, 1933, p. 62).

4. DÉFINITION DES UNITÉS. — *Les unités photométriques peuvent être définies comme suit :*

I. LA BOUGIE NOUVELLE (unité d'intensité lumineuse). — *La grandeur de la bougie nouvelle est telle que la brillance du radiateur intégral à la température de solidification du platine, soit de 60 bougies nouvelles par centimètre carré.*

II. LE LUMEN NOUVEAU (unité de flux lumineux). — *Le lumen nouveau est le flux lumineux émis dans l'angle solide unité (stéradian), par une source ponctuelle uniforme ayant une intensité lumineuse de 1 bougie nouvelle.*

5. RÉALISATION PRATIQUE DES UNITÉS. — *Bien qu'il soit possible de réaliser l'étalon primaire à tout instant et dans tout laboratoire possédant l'appareillage nécessaire, pour la plupart des buts pratiques les étalons de référence seront des lampes étalons secondaires à filament de carbone ou de tungstène, lampes dont les valeurs auront été déterminées par rapport à l'étalon primaire. La précision des comparaisons de ces lampes entre elles est plus élevée que la précision avec laquelle on peut reproduire actuellement l'étalon primaire.*

Des lampes étalons secondaires de ce type seront conservées dans les divers Laboratoires nationaux et au Bureau international des Poids et Mesures. Les valeurs attribuées à ces étalons secondaires seront déterminées par rapport à l'étalon primaire, soit par comparaison directe dans un ou plusieurs des princi-

paux Laboratoires nationaux, soit indirectement par intercomparaison avec d'autres lampes similaires dont les valeurs auront été déterminées de cette façon. Ainsi, les valeurs assignées aux étalons secondaires conservés au Bureau international et dans chacun des Laboratoires nationaux, seront exprimées au moyen de l'unité moyenne, telle qu'elle aura été déterminée dans tous les Laboratoires où l'étalon primaire aura été réalisé.

On procédera d'une façon analogue dans le cas des lampes fonctionnant à une température de couleur plus élevée que l'étalon primaire, ainsi que pour la réalisation du lumen à partir de la bougie.

A propos de la réunion future du Comité, on a laissé au Président le soin d'en décider l'époque après consultation des divers Laboratoires; cependant, il a été reconnu qu'une session serait probablement nécessaire en 1941.

ANNEXE P1.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

LES TRAVAUX PRÉPARATOIRES

POUR

LA NOUVELLE UNITÉ DE LUMIÈRE

Par M. H. WILLENBERG.

(Résumé du Mémoire original qui a paru dans *Phys. Zeits.*, 40, 1939, p. 391-394.)

Pour l'établissement et la conservation de la nouvelle unité de lumière, on a installé à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, un montage photométrique tout à fait semblable dans ses traits essentiels à ceux des Laboratoires nationaux des autres pays, et qui ont déjà été décrits. Sur certains points, il y a quelques différences que nous allons rapporter ici brièvement.

1. *Le corps noir.* — La figure 1 représente, en coupe, le radiateur creux qui a été utilisé. La disposition est celle qui a été adoptée par Hoffmann et Tingwaldt ⁽¹⁾ pour le rattachement du point de solidification du platine au point de solidification de l'or.

Le tube en oxyde de thorium servant de radiateur creux est ajusté à force dans le couvercle du creuset. Il plonge de 23^{mm} dans le bain de platine; il ne va pas jusqu'au fond du creuset, et son extrémité inférieure fermée est entourée de métal de tous côtés. Le diamètre intérieur du tube est de 2^{mm}, et l'épaisseur des parois de 0^{mm},6 environ. Pour le point de solidification du

(¹) *Physikalische Zeitschrift*, 35, 1934, p. 434.

platine utilisé, on a trouvé, peu de temps avant les mesures photométriques, et par rattachement pyrométrique au point de solidification de l'or, la valeur 2047°K ; cette valeur est en bon accord avec celle qui avait été déterminée auparavant par Hoffmann et Tingwaldt.

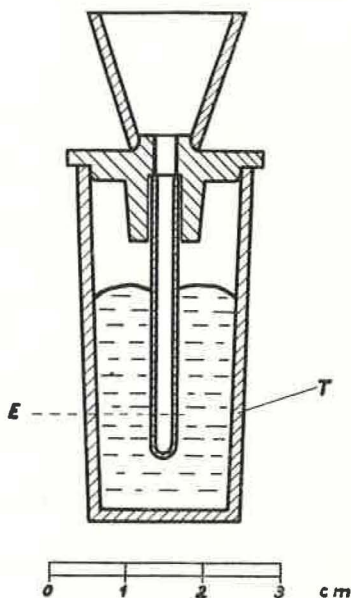


Fig. 1.

2. *Le dispositif optique.* — Pour dévier le faisceau lumineux, et former l'image du radiateur creux sur l'écran récepteur du photomètre, on utilise généralement un prisme à réflexion totale auquel est fixée, au moyen d'un mastic, une lentille achromatique. Pour rendre aussi petit que possible le nombre des surfaces réfléchissantes, la P. T. R. (d'après les indications de M. Dziobek) utilise, au lieu de ce système double, un prisme à réflexion totale dont l'une des faces de l'angle droit est taillée en surface convexe de sorte que ce système possède les propriétés d'une lentille (distance focale 45cm). L'image de la partie interne du radiateur, grossie environ 10 fois, se forme à travers ce « prisme-lentille »

sur l'écran récepteur du photomètre. Par suite de la distance focale assez élevée du prisme-lentille, la distance du radiateur au prisme-lentille est d'environ 50^{cm}. De cette façon il se forme, en plus de l'image du fond du tube, une image assez nette de son ouverture, de sorte que l'on peut toujours, pendant les mesures, se rendre bien compte si l'image circulaire de cette ouverture reste invariablement et exactement centrée sur l'écran de plâtre. Pour les mesures photométriques, on n'utilise qu'une petite plage d'environ 5^{mm} de diamètre au centre de cette image. Cette région de l'écran n'est éclairée que par les radiations émises par la partie située au-dessous du plan E représenté sur la figure 1. La partie de la surface du radiateur, qui intervient au point de vue photométrique, se trouve donc bien au fond du bain de platine, tandis que l'image de la partie moyenne, et *a fortiori* de la partie supérieure du tube qui émerge du bain de platine, se forme en dehors de la zone utile de l'écran de plâtre. On arrive ainsi à éviter que la partie la plus froide du radiateur, située devant, n'influence sensiblement le rayonnement utilisé photométriquement. (Pour réaliser cet avantage, il faut adopter des distances optiques, objet et image, assez considérables, et disposer d'une grande longueur de banc.)

3. *Les lampes photométriques.* — Après des recherches préliminaires prolongées avec des lampes photométriques de différents types, on a utilisé pour les mesures un type spécial. Afin d'éviter les réflexions parasites, l'ampoule conique de ces lampes est partiellement noircie, et inclinée par rapport à l'axe de la douille. Les lampes présentent la construction intérieure bien connue, avec fil de tungstène replié en zigzag dans un seul plan et un culot à vis du type Edison normal. Elles sont alimentées à intensité constante, et de plus on contrôle la tension.

4. *Les mesures.* — Conformément à la résolution adoptée par le Comité consultatif de Photométrie de 1937, deux groupes de six lampes photométriques ont été rattachés au corps noir. Avant le commencement des mesures, le montage a été réglé géométriquement en renversant le sens de propagation de la lumière. A la fin des mesures, on a toujours vérifié que le réglage s'était bien maintenu. Pour les mesures, on a utilisé un photomètre universel de la Maison Schmidt et Haensch, de Berlin, avec un cube de Lummer-Brodhun, une lampe témoin fixe, et un dispo-

sitif de mesure à secteur (faisceau lumineux tournant et secteur réglable muni d'une échelle à 100 divisions). L'écran récepteur était une plaquette de plâtre fixée rigidement au photomètre et protégée contre la lumière parasite par des écrans. Les mesures photométriques ont été exécutées par deux observateurs (M. Schmidt et H. Willenberg). Avec le montage ainsi conçu, elles consistaient donc à réaliser une égalité d'éclairement des plages en agissant sur le secteur réglable. Les pointés étaient relevés par un collaborateur, au moyen d'une lunette. La transparence du prisme-lentille a été déterminée au moyen d'une source auxiliaire. Celle-ci se compose d'une boîte entièrement tapissée à l'intérieur de papier blanc et munie d'une fenêtre en verre opale, qui est éclairée très uniformément par la lumière indirecte d'une petite lampe à incandescence installée dans la boîte; l'intensité du courant dans la lampe est réglée de façon que la lumière émise par la fenêtre en verre opale possède la même température de couleur que le radiateur creux. Pour la détermination de la transparence, on a mesuré la brillance de cette fenêtre, d'abord directement, puis après introduction du prisme-lentille. Le rapport des deux valeurs de brillance ainsi obtenues fournit le facteur de transmission D du prisme-lentille. Cette méthode est semblable à celle qui est utilisée au National Bureau of Standards, sous le nom de « box-method ». Grâce à l'utilisation de distances appropriées entre le photomètre, le prisme-lentille et la fenêtre en verre opale (chacune d'environ $1^m,50$), on a pu obtenir que, dans les deux cas, le rayonnement provienne de la même partie de la surface de la fenêtre, ainsi qu'on a pu s'en rendre compte en renversant le sens de propagation de la lumière. Comme valeur moyenne de 40 mesures différentes, on a obtenu, pour le facteur de transmission, la valeur $D = 0,9060$; il n'y a pas lieu, à cause de la simplicité du dispositif optique, de chercher à corriger cette valeur mesurée directement pour tenir compte des réflexions multiples sur le prisme-lentille. Le plus fort reflet existant est dû à une image très petite du corps noir (dans la mesure du facteur de transmission il s'agit de l'image de la fenêtre), image qui se trouve à une distance assez faible du prisme-lentille. Cette réflexion introduit, pendant la mesure du corps noir, une erreur de $+3.10^{-7}$ et, pendant la mesure du facteur de transmission, une erreur de $+9.10^{-5}$. Le prisme-lentille est très bien protégé contre la poussière par une boîte, de sorte que les mesures souvent

répétées du facteur de transmission ont toujours donné, au cours d'un laps de temps d'une demi-année, des valeurs très concordantes; elles n'ont montré aucune progression bien que, intentionnellement, le prisme-lentille n'ait manifestement jamais été nettoyé pendant ce temps. Après la fin des mesures, les deux groupes de lampes ont été envoyés au National Physical Laboratory, pour exécution des comparaisons selon le programme prévu.



ANNEXE P 2.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

SUR LA MESURE
DE
LA BRILLANCE DU CORPS NOIR
A LA TEMPÉRATURE DE SOLIDIFICATION DU PLATINE

Par MM. ZIRO YAMAUTI et TOSIO IIZUKA.

Nous avons réalisé, au Laboratoire Électrotechnique, l'étalon primaire d'intensité lumineuse, conformément à la spécification du corps noir à la température de solidification du platine pur présentée par le National Bureau of Standards, et nous en avons fait la mesure de la brillance. Ce rapport indique sommairement les résultats des mesures faites.

1. *Appareillage.* — Pour le four du corps noir, des creusets en thorine fondue et des tubes de visée tout à fait semblables à ceux offerts aimablement par le National Bureau of Standards ont été faits au Laboratoire Électrotechnique. La fusion et la solidification du platine pur ont été effectuées dans un four à induction à haute fréquence.

Le platine utilisé dans nos mesures a été purifié à la Section de chimie du Laboratoire Électrotechnique.

Le photomètre utilisé était un photomètre à contraste de Lummer-Brodhun, et nous avons fait la mesure en diminuant le champ visuel du photomètre afin qu'il soit identique à l'image du corps noir.

Les quatre lampes au tungstène dans le vide, utilisées dans nos mesures comme lampes-étalons, étaient bien sélectionnées, et les valeurs de ces lampes ont été déterminées d'après la lampe-étalon d'intensité lumineuse conservée au Laboratoire Électro-technique. L'image du tube de visée était formée sur l'écran du photomètre, au moyen d'un prisme et d'une lentille masquée par un diaphragme dont l'aire était connue.

Le nombre des lingots préparés pour les mesures était de deux ; chacun était formé d'environ 180^g de platine.

La valeur obtenue comme facteur de transmission de la lentille et du prisme, en employant la méthode de la boîte et le pyromètre, a été 67,49 %. L'aire du diaphragme était de 3^{cm²}, 4636 ; elle a été déterminée à l'Institut de Recherches Physiques et Chimiques.

2. *Résultat de la mesure de brillance.* — Le nombre des observateurs qui se sont occupés de faire la mesure a été de trois. La fusion et la solidification ont été répétées plus de 100 fois, et les valeurs déterminées finalement ont été obtenues après que chaque observateur eut répété plus de 10 fois les fusions et solidifications pour chaque lingot.

Les moyennes sont indiquées dans le tableau suivant :

Observateurs.	Lingots.		Moyennes.
	N° 1.	N° 2.	
Y. I.	59,64	59,74	59,69
T. I.	59,64	59,58	59,61
S. K.	59,52	59,51	59,51
Moyenne.....	59,60	59,61	59,60

La moyenne des deux valeurs est 59,60 bougies par centimètre carré, comme il est indiqué ci-dessus.

Le résultat des mesures déjà faites au National Physical Laboratory et au National Bureau of Standards est 58,91 bougies par centimètre carré. En conséquence, le rapport de notre valeur à celle de ces deux Laboratoires est $\frac{59,60}{58,91} = 1,012$.

Comme il est indiqué dans l'Annexe P 3, si l'on prend comme unité la valeur du National Physical Laboratory et du National

Bureau of Standards, la bougie du Laboratoire Électrotechnique est 1,009; par conséquent, nous pensons que la valeur de la brillance du corps noir du Laboratoire Électrotechnique (59,60) est en bonne concordance avec la moyenne (58,91) obtenue aux États-Unis d'Amérique et en Angleterre, en considération de l'exactitude des mesures photométriques.



ANNEXE P 3.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

SUR

L'UNITÉ D'INTENSITÉ LUMINEUSE

A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR DE 2360°K

Par MM. Z. YAMAUTI, S. SAITO et S. YAMANAKA.

1. *Étalonnage en fonction de la bougie nouvelle.* — Pour déterminer l'intensité lumineuse de la lampe-étalon à la température de couleur de 2360°K par la lampe-étalon à la température de couleur de 2080°K, mesurée elle-même par rapport à l'étalon primaire d'intensité lumineuse, le photomètre à contraste de Lummer-Brodhun a été utilisé avec le verre bleu B817, sélectionné par le Laboratoire Électrotechnique.

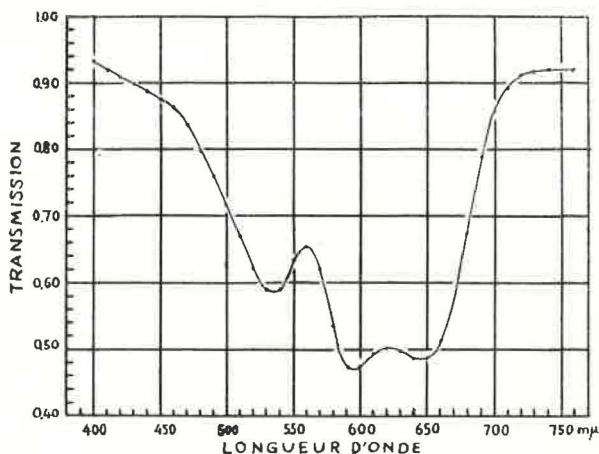
Le nombre des observateurs qui se sont occupés de faire les mesures photométriques a été de trois.

TABLEAU I.

Numéro des lampes.	Volts. (V).	Ampère. (A).	Intensité de lumière.		Rapport*.
			Bougie nouvelle.	Bougie ancienne.	
DS. 701....	97,735	0,37584	10,715	10,65	1,006
DS. 702....	97,188	0,37618	10,63	10,56	1,007
DS. 703....	97,168	0,37543	10,62	10,56	1,006
DS. 708....	98,646	0,37666	11,04	10,99	1,005
* Rapport $\frac{\text{bougie nouvelle}}{\text{bougie ancienne}}$					

Nous avons mesuré le facteur de transmission spectrale du verre bleu B817 (voir *figure 1*) par un photomètre photoélectrique, et calculé le facteur de transmission totale pour la lumière à la

température de couleur de 2080°K. Le facteur de transmission totale est 56,04 pour 100.



2. *Comparaison internationale de 1932-1933.* — Les trois lampes-étalons (100 V, 20 b.) à filament de tungstène dans le vide du Laboratoire Électrotechnique ont été apportées, de l'automne 1932 au commencement de 1933, aux quatre Laboratoires nationaux, savoir L.C.E., N.P.L., P.T.R. et N.B.S., pour la comparaison internationale; les résultats obtenus sont inscrits dans le Tableau II. Cependant une de ces lampes, détruite au cours des transports, a été exclue.

TABLEAU II.

N° des lampes...	S. 4066 T.		S. 4074 T.		Rapport**
	Intensité lumineuse (b).	Ampère (A).	Intensité lumineuse (b).	Ampère (A).	
Laboratoire.					
E. T. L.	19,73	0,2482	18,70	0,2566	1,000
L. C. E.	19,8	0,2480	18,9	0,2562	1,008
N. P. L.	19,53	0,2481	18,53	0,2560	0,991
N. B. S.	19,46	0,2477	18,58	0,2560	0,991
P. T. R.*	22,43	0,2476	21,29	0,2558	1,138
E. T. L.	19,63	0,2478	18,76	0,2560	1,000

* Les valeurs de la P. T. R. sont données en bougies Hefner.

** Rapport $\frac{(\text{moyenne des deux}) \text{ valeurs de chaque Laboratoire}}{\text{E. T. L. moyenne des valeurs avant et après}}$

Si l'on prend la valeur moyenne du Laboratoire Électro-technique comme unité, la valeur du N.P.L. et du N.B.S. est 0,991; en conséquence, une bougie du Laboratoire Électro-technique est égale à 1,009 en bougie internationale.

TABLEAU III.
Comparaison internationale de flux lumineux total.

N° des lampes.....	D. S. 604.		D. S. 605.		D. S. 606.		Rapport**.
	Flux lumineux total (lm).	Ampère (A).	Flux lumineux total (lm).	Ampère (A).	Flux lumineux total (lm).	Ampère (A).	
Laboratoire.							
E. T. L.....	1166	1,0183	1204	1,0098	1229	1,0159	0,996
L. C. E.....	1180	1,019	1205	1,010	1255	1,016	1,007
N. P. L.....	1201	1,0182	1225	1,0098	1251	1,0157	1,017
P. T. R*....	1400	1,0181	1430	1,0095	1450	1,0153	1,184
N. B. S.....	1207	1,0179	1227	1,0095	1262	1,0153	1,023
E. T. L.....	1186	1,0179	1209	1,0092	1234	1,0153	1,004

* Les valeurs de la P.T.R. sont données en lumen Hefner.

** Rapport $\frac{\text{valeur de chaque Laboratoire}}{\text{E.T.L. moyenne des valeurs avant et après}}$.

Il est regrettable que les lampes utilisées dans les comparaisons internationales aient été si peu nombreuses. Néanmoins les résultats obtenus sont très intéressants; et nous profitons de cette occasion pour exprimer nos remerciements aux Laboratoires nationaux, savoir : L.C.E., N.P.L., N.B.S. et P.T.R., pour leur aimable coopération. D'ailleurs, nous avons fait, en même temps, des comparaisons internationales d'unités de flux lumineux par la lampe à atmosphère gazeuse (100V, 100W), et obtenu les résultats indiqués dans le Tableau III.

ANNEXE P 4.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

SUR

LA MÉTHODE DE DETERMINATION

DE

L'UNITÉ DE FLUX LUMINEUX

Par M. ZIRO YAMAUTI.

La méthode au moyen de laquelle le Laboratoire Electro-technique détermine l'unité de flux lumineux total est la suivante :

1. *Détermination de la valeur de la lampe-étalon primaire de flux lumineux total.* — Nous allumons la lampe 100 V, 50 W à filament de tungstène cage d'écureuil, dans le vide, à la température de couleur d'environ 2400°K; et nous obtenons, en tournant la lampe au-dessus du photomètre horizontal, la moyenne des intensités lumineuses dans une direction définie par rapport à la verticale; nous obtenons ensuite la valeur du flux lumineux total par le calcul. Pour l'intégration approximative, nous appliquons la méthode de Gauss avec 10 ordonnées dans chaque hémisphère. Le Tableau ci-après indique la direction de mesure et les facteurs qui doivent multiplier les moyennes des intensités lumineuses dans la direction de mesure.

2. *Détermination de la valeur du flux lumineux total de la lampe-étalon secondaire de flux lumineux total.* — Au moyen d'un groupe de lampes-étalons primaires, telles qu'elles

sont indiquées plus haut, nous mesurons la valeur du flux lumineux total de la lampe au tungstène à atmosphère gazeuse, en utilisant un photomètre à sphère de 1^m,5 de diamètre.

Direction de mesure.		
Hémisphère inférieur.	Hémisphère supérieur.	Facteur de flux lumineux.
0	0	
1,2	178,8	0,00674
6,1	173,9	0,07801
14,4	165,6	0,2694
25,5	154,5	0,5720
38,3	141,7	0,9039
51,7	128,3	1,1447
64,5	115,5	1,1994
75,6	104,4	1,0471
83,9	96,1	0,7334
88,8	91,2	0,3289



ANNEXE P 5.

National Physical Laboratory.

INTERCOMPARAISON DES LAMPES

I.

ÉTALONS D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

1. INTRODUCTION.

A la réunion du Comité consultatif de Photométrie tenue en juin 1937, la résolution suivante a été adoptée (Comité international des Poids et Mesures, *Procès-Verbaux*, 1937, p. 239).

« Il est demandé aux Laboratoires nationaux de préparer deux groupes de 6 lampes fonctionnant l'un à la température de couleur de solidification du platine, l'autre à la température de couleur de 2360°K, et dont les intensités lumineuses seront évaluées en fonction de la bougie nouvelle ».

« Il est demandé que ces lampes soient envoyées avant le 1^{er} avril 1938 au National Physical Laboratory, en vue des comparaisons à exécuter entre elles ».

Cette résolution a été ensuite approuvée par le Comité international des Poids et Mesures (*Procès-Verbaux*, 1937, p. 64), et conformément à celle-ci, deux groupes de 6 lampes ont été envoyés au National Physical Laboratory par le National Bureau of Standards et par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Les certificats reçus avec ces lampes sont reproduits dans les Appendices à la fin de ce rapport. Les lampes de chaque groupe ont été comparées aux lampes qui avaient été évaluées précédemment au National Physical Laboratory en fonction de la « bougie nouvelle » et le présent rapport rend compte du travail exécuté et des résultats obtenus dans cette comparaison.

2. DESCRIPTION DES LAMPES UTILISÉES POUR LA COMPARAISON A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR LA PLUS BASSE.

a. Lampes envoyées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. — Les 6 lampes envoyées avaient des filaments de tungstène, montés dans un plan à l'intérieur d'une ampoule conique et étaient munies de culots à vis. L'axe du cône faisait un angle d'environ 15° avec le plan du filament et la surface extérieure de l'ampoule était recouverte de peinture noire, de telle sorte que les images du filament formées dans l'ampoule n'affectaient pas l'intensité lumineuse de la lampe lorsqu'on la mesurait dans une direction perpendiculaire au plan du filament.

Conformément aux instructions reçues, les lampes ont été mesurées avec le plan du filament vertical et le culot au-dessous du filament.

b. Lampes envoyées par le National Bureau of Standards. — Les 6 lampes envoyées étaient munies d'un filament unique de carbone en « U » monté dans une ampoule de verre clair en forme de poire avec culot à vis. La position de la lampe était déterminée par deux traits verticaux gravés, un de chaque côté de l'ampoule. Un cercle gravé sur l'un des traits indique le côté de la lampe qui doit être tourné du côté opposé au photomètre, et, conformément aux instructions, ces lampes ont été montées avec le filament vertical et le culot au-dessus du filament.

c. Lampes utilisées par le National Physical Laboratory. — C'était un jeu de 7 lampes à filament de tungstène, faisant partie d'un groupe plus nombreux utilisé dans notre Laboratoire pour la conservation de l'unité d'intensité lumineuse à une température de couleur de 2046°K . Les filaments étaient dans un même plan et montés dans des ampoules cylindriques. Les culots des lampes étaient soudés dans des montures de laiton, qui

s'adaptaient dans une position bien définie sur le chariot du banc photométrique, de telle sorte que le plan du filament était perpendiculaire à la direction de mesure.

3. DESCRIPTION DES LAMPES UTILISÉES POUR LA COMPARAISON A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR LA PLUS ÉLEVÉE.

d. Lampes envoyées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. — Les 6 lampes envoyées étaient identiques par leur construction à celles qui sont décrites ci-dessus pour la température de couleur la plus basse, et elles étaient mises en place pour la mesure de la même manière.

e. Lampes envoyées par le National Bureau of Standards. — Les 6 lampes envoyées étaient munies d'un filament de tungstène, en forme de cage cylindrique. Pendant la mesure, on faisait tourner les lampes autour de leur axe vertical; la vitesse de rotation étant réglée au minimum requis pour éviter un papillotement nuisible dans le champ du photomètre. La distance utilisée pour calculer l'intensité moyenne horizontale était comptée du centre de rotation de la lampe à la surface blanche diffusante du photomètre.

f. Lampes utilisées par le National Physical Laboratory. — On a utilisé un jeu de 10 lampes à filament de tungstène, qui fait partie d'un groupe plus nombreux utilisé dans notre Laboratoire pour la conservation de l'unité d'intensité à une température de couleur d'environ 2360°K. Les filaments étaient dans un plan et le montage de la lampe était identique à celui qui est décrit ci-dessus (c). Les valeurs assignées à leur intensité horizontale étaient déduites de mesures utilisant le groupe plus nombreux de lampes fonctionnant à la température de couleur de 2046°K avec le filtre coloré en verre bleu R. 3.28 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Le facteur de transmission utilisé pour ce filtre coloré était celui qui a été adopté à la suite de comparaisons internationales (Comité international des Poids et Mesures, *Procès-Verbaux*, 1933, Annexes, p. 301). On a fait les corrections qui tiennent compte des réflexions multiples et du changement de chemin optique résultant de l'utilisation du filtre.

4. MÉTHODE DE COMPARAISON.

On a utilisé dans tout le cours des comparaisons une méthode de substitution, et toutes les distances entre les filaments de lampe et la surface blanche diffusante du photomètre étaient telles que l'éclairement produit sur ce dernier fût de 10 lux. Pour les lampes à température de couleur plus élevée, reçues de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, la distance du photomètre était fixée à 2307^{mm},3 lorsque les lampes ont été mesurées en Allemagne. La distance utilisée pour la comparaison actuelle (c'est-à-dire la distance qui donne un éclairement de 10 lux) était comprise entre 1600 et 1890^{mm}, selon l'intensité lumineuse de chaque lampe individuelle.

On a utilisé un photomètre de Lummer-Brodhun à contraste dont le champ avait l'étendue normale (environ 10°), et six observateurs expérimentés ont pris part à l'ensemble des comparaisons.

La mise en place des lampes et les ajustages électriques ont été faits conformément aux instructions communiquées par le Laboratoire correspondant. Pour les lampes du National Bureau of Standards et du National Physical Laboratory, on maintenait entre les contacts des lampes un potentiel défini (*voir* colonne 2 des Tableaux I et III), et l'on procédait à des mesures de courant pendant la période occupée par les pointés photométriques. Dans le cas des lampes de la Reichsanstalt, on maintenait un courant défini (*voir* colonne 2 des Tableaux II et IV), et des mesures de potentiel aux contacts des lampes étaient faites périodiquement.

En effectuant les expériences de comparaison, on a mesuré quelques-unes des lampes du N. P. L. au commencement et d'autres au milieu et à la fin de la série complète, tandis que dans l'intervalle de ces périodes, des lampes de chacun des deux autres Laboratoires étaient mesurées alternativement. L'ordre dans lequel des lampes ont été mesurées a été changé à chaque reprise. Chaque lampe était en circuit pendant au moins 10 minutes, avant que son intensité ne fût mesurée.

Les valeurs de l'intensité lumineuse données dans le tableau pour les lampes individuelles envoyées par la P. T. R. et le N. B. S. sont exprimées en fonction de l'intensité *moyenne* du groupe du N. P. L. fonctionnant à la même température de couleur.

5. RÉSULTATS DES COMPARAISONS.

a. Température de couleur la plus basse.

TABLEAU I. — Six lampes à filament de carbone envoyées par le National Bureau of Standards.

Numéro de la lampe.	Volts (fixés).	Bougies nouvelles (dans la direction spécifique).		Rapport des unités N. B. S. N. P. L.	Ampères.		Différence N. B. S. — N. P. L. (ampères %).
		N. B. S.	N. P. L.		N. B. S.	N. P. L.	
B. S. 5492.....	37,1	12,34	12,13	0,9830	1,5364	1,5372	-0,05
B. S. 5493.....	37,0	12,41	12,30	0,9911	1,5963	1,5974	-0,07
B. S. 5495.....	36,8	12,71	12,71 ₅	1,0004	1,5394	1,5404	-0,06
B. S. 5496.....	37,15	12,62	12,64 ₅	1,0020	1,5793	1,5806	-0,08
B. S. 5497.....	37,8	12,52	12,55	1,0024	1,5506	1,5517	-0,07
B. S. 5499.....	36,3	12,40	12,47	1,0056	1,5288	1,5297	-0,06
				0,9974			-0,07

TABLEAU II.

Six lampes à filament de tungstène envoyées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Numéro de la lampe.	Ampères (fixés).	Bougies nouvelles (dans la direction spécifique).		Rapport des unités P. T. R. N. P. L.	Volts.		Différence P. T. R. — N. P. L. (volts %).
		P. T. R.	N. P. L.		P. T. R.	N. P. L.	
1.....	0,86282	6,95	6,92 ₅	0,9964	31,29	31,27	+0,06
2.....	0,86282	6,83	6,79 ₅	0,9949	31,22	31,18	+0,13
3.....	0,86282	6,94	6,92	0,9971	31,34	31,34	0,00
9.....	0,86282	6,99	6,95	0,9943	31,30	31,26	+0,13
14.....	0,86281	6,70	6,66	0,9940	31,20	31,18	+0,06
17.....	0,86281	6,80	6,74 ₅	0,9919	31,20	31,20	0,00
				0,9948			+0,06

6. RÉSULTATS DES COMPARAISONS (suite).

b. Température de couleur la plus élevée.

TABEAU III.

Six lampes à filament de tungstène dans le vide envoyées par le National Bureau of Standards.

Numéro de la lampe.	Volts (fixés).	Bougies nouvelles (moyenne horizontale).		Rapport des unités	Ampères.		Différence N. B. S. — N. P. L. (ampères %).
		N. B. S.	N. P. L.		N. B. S.	N. P. L.	
B. S. 4923.....	98,6	23,76	23,79	1,0013	0,3437	0,3440	—0,09
B. S. 4924.....	98,3	23,72	23,69	0,9987	0,3464	0,3467	—0,09
B. S. 4925.....	97,3	24,23	24,21	0,9992	0,3524	0,3529	—0,14
B. S. 4927.....	99,6	23,66	23,59	0,9970	0,3383	0,3387	—0,12
B. S. 4930.....	100,1	23,74	23,67	0,9971	0,3341	0,3345	—0,12
B. S. 4931.....	100,1	24,13	23,95	0,9925	0,3379	0,3381	—0,06
				0,9976			—0,10

TABEAU IV.

Six lampes à filament de tungstène dans le vide envoyées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Numéro de la lampe.	Ampères (fixés).	Bougies nouvelles (dans la direction spécifiée).		Rapport des unités	Volts.		Différence P. T. R. — N. P. L. (volts %).
		P. T. R.	N. P. L.		P. T. R.	N. P. L.	
3.....	1,10813	33,31	33,20	0,9967	47,92	47,91	+0,02
6.....	1,08791	30,79	30,69	0,9968	46,21	46,22	—0,02
16.....	1,08635	30,15	29,75	0,9867	46,47	46,44	+0,06
20.....	1,08725	31,27	30,71	0,9821	46,42	46,41	+0,02
21.....	1,07300	29,07	28,83	0,9917	45,40	45,35	+0,11
22.....	1,07011	27,49	27,32	0,9938	45,48	45,41	+0,15
				0,9913			+0,06

7. RÉSUMÉ.

Voir le Résumé Général au paragraphe 12 (p. P 38).

RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE

8. LAMPES ENVOYÉES PAR LE LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

Ces lampes formaient deux groupes, comportant chacun six lampes, dont le filament est placé dans un plan et monté dans des ampoules coniques munies d'un culot à vis. Pour les mesures, le plan du filament était placé verticalement, le culot étant situé au-dessous du filament. L'un des groupes de lampes, dont le filament était constitué par deux boucles de fil de carbone en épingle à cheveux, fonctionnait à la température de couleur de l'étalon primaire, tandis que l'autre groupe, dont le filament était en tungstène, fonctionnait à une température de couleur de 2360° K (approximativement).

9. MÉTHODE DE COMPARAISON.

Les lampes ont été comparées respectivement aux deux groupes de lampes qui avaient été préparés par le National Physical Laboratory, et utilisés pour les comparaisons des lampes envoyées par le National Bureau of Standards et la Physikalisch-Technische Reichsanstalt (voir pp. P 30 et P 31). La méthode de comparaison était celle qui a été décrite au paragraphe 4 du Rapport principal (p. P 32). Pendant les mesures, on maintenait entre les contacts des lampes un potentiel défini (voir colonne 2 des Tableaux VI et VII), et l'on procédait à des mesures de courant, pendant la période occupée par les pointés photométriques. Les valeurs de l'intensité lumineuse données dans les Tableaux VI et VII pour les lampes individuelles sont exprimées en fonction de l'intensité *moyenne* du groupe du N. P. L. marchant à la même température de couleur.

10. RÉSULTATS DES COMPARAISONS (L. C. E.).

a. Température de couleur la plus basse.

TABEAU VI.

Six lampes à filament de carbone envoyées par le Laboratoire Central d'Électricité.

Numéro de la lampe.	Volts (fixés).	Bougies nouvelles (dans la direction spécifiée).		Rapport des unités L. C. E. N. P. L.	Ampères		Différence L. C. E. — N. P. L. (ampères %).
		L. C. E.	N. P. L.		L. C. E.	N. P. L.	
C. 87.....	97,10	16,1	16,13	1,0019	0,7526	0,7525	+0,01
C. 89.....	99,65	16,65	16,72	1,0042	0,7418	0,7416	+0,03
C. 96.....	98,66	15,8	15,96	1,0101	0,7415	0,7414	+0,01
C. 100.....	97,54	15,4	15,49	1,0058	0,7371	0,7369	+0,03
C. 101.....	96,06	15,7	15,70	1,0000	0,7435	0,7434	+0,01
C. 104.....	98,35	16,85	16,92	1,0042	0,7497	0,7496	+0,01
				<u>1,0044</u>			<u>+0,02</u>

11. RÉSULTATS DES COMPARAISONS (L. C. E.).
b. Température de couleur la plus élevée.

TABLEAU VII.

Six lampes à filament de tungstène envoyées par le Laboratoire Central d'Électricité.

Numéro de la lampe.	Volts (fixés).	Bougies nouvelles (dans la direction spécifiée).		Rapport des unités		Ampères		Différence L. C. E. — N. P. L. (ampères %).
		L. C. E.	N. P. L.	L. C. E.	N. P. L.	L. C. E.	N. P. L.	
W. J. 70.....	115,4	30,4	30,28	0,9961		0,3220	0,3222	—0,06
W. J. 75.....	115,0	29,95	29,74	0,9930		0,3215	0,3215	0,00
W. J. 76.....	114,8	29,95	29,86	0,9970		0,3228	0,3230	—0,06
W. J. 78.....	115,5	29,95	29,84	0,9963		0,3187	0,3189	—0,06
W. J. 84.....	114,5	29,95	29,83	0,9960		0,3209	0,3210	—0,03
W. J. 86.....	115,8	30,5	30,32	0,9941		0,3213	0,3217	—0,12
				0,9954				—0,06

Les valeurs de l'intensité lumineuse, du potentiel et de l'intensité de courant indiquées par le L. C. E. dans les colonnes 3, 2 et 6 respectivement des Tableaux VI et VII sont celles qui figurent sur les certificats reçus en même temps que les lampes et reproduits dans les Appendices à la fin de ce Rapport.

12. RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Le tableau suivant donne, pour chaque température de couleur, la valeur relative de la bougie nouvelle, telle qu'elle a été réalisée dans chacun des quatre Laboratoires, la moyenne des quatre valeurs étant prise comme unité dans chaque cas.

TABLEAU VIII.

Laboratoire.	Valeur relative de la bougie nouvelle.	
	Temp. de couleur la plus basse (2046° K).	Temp. de couleur la plus élevée (2360° K).
N. B. S.	0,9982	1,0015
P. T. R.	0,9956	0,9952
L. C. E.	1,0053	0,9993
N. P. L.	1,0009	1,0040

En considérant ces résultats, il est intéressant de noter que les valeurs de l'écart quadratique moyen, calculé séparément pour les lampes de chacun des huit groupes s'échelonnent de 0,0010 à 0,0078.

Appendices.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS.

CERTIFICAT

DE

SIX LAMPES A FILAMENT DE CARBONE

SOUMISES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
POUR COMPARAISON.

Ces lampes, lorsqu'elles sont alimentées au voltage spécifié, fonctionnent à une couleur identique à celle du corps noir au

platine. Les valeurs données ont été obtenues par la comparaison de ces lampes à un groupe de huit lampes qui ont été étalonnées directement par rapport au corps noir au platine.

Les lampes doivent être orientées de telle sorte que le plan passant par les deux traits gravés sur les côtés opposés de l'ampoule soit parallèle à l'axe du photomètre, le trait qui est accompagné d'un cercle gravé étant tourné du côté opposé à l'écran photométrique.

Lampe n°	Volts.	Ampères.	Bougies nouvelles (dans la direction spécifiée).
B. S. 5492.....	37,1	1,5364	12,34
B. S. 5493.....	37,0	1,5963	12,41
B. S. 5495.....	36,8	1,5394	12,71
B. S. 5496.....	37,15	1,5793	12,62
B. S. 5497.....	37,8	1,5506	12,52
B. S. 5499.....	36,3	1,5288	12,40

(12 mars 1938).

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS.

CERTIFICAT

DE

SIX LAMPES A FILAMENT DE TUNGSTÈNE DANS LE VIDE

SOUMISES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
POUR COMPARAISON.

Ces lampes, lorsqu'elles sont alimentées au voltage spécifié, fonctionnent à une température de couleur de 2360°K. Les valeurs données ont été obtenues par la comparaison de ces lampes à un groupe de huit lampes qui ont été étalonnées directement par rapport au corps noir au platine.

Un filtre de verre bleu, désigné par 15130, a été utilisé pour obtenir l'égalisation de la sensation de couleur. Le verre 15130 avait été comparé aux quatre filtres de la série R-28, au cours du travail international sur ces filtres. Le facteur utilisé pour 15130 avait été obtenu dans ce travail, et est fondé sur la moyenne adoptée pour les quatre filtres R-28. On a fait des corrections

pour tenir compte des réflexions multiples et du changement de chemin optique qui résultent de l'usage du filtre.

Les lampes étaient mises en rotation pendant la mesure afin de fournir l'intensité horizontale moyenne.

Lampe n°	Volts.	Ampères.	Bougies nouvelles (moyenne horizontale).
B. S. 4923.....	98,6	0,3437	23,76
B. S. 4924.....	98,3	0,3464	23,72
B. S. 4925.....	97,3	0,3524	24,23
B. S. 4927.....	99,6	0,3383	23,66
B. S. 4930.....	100,1	0,3341	23,74
B. S. 4931.....	100,1	0,3379	24,13

(12 mars 1938).

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT.

SECTION III (Chaleur et Pression),

CERTIFICAT

DE

DEUX GROUPES DE LAMPES PHOTOMÉTRIQUES.

Rapport sur la détermination de deux groupes, comportant chacun six lampes photométriques à filament de tungstène dans le vide et à ampoule oblique sans réflexions, par rapport au rayonnement du corps noir au point de solidification du platine, constituant l'étalon primaire pour la nouvelle unité lumineuse.

(La méthode de mesure et le montage correspondent en substance à ceux qui ont été décrits déjà auparavant par les autres Laboratoires nationaux. Une communication détaillée sur le dispositif de mesure allemand est en préparation.)

1^{er} Groupe de lampes.

Le rayonnement de ces six lampes a, pour l'intensité de courant utilisée, à peu près la température de couleur de l'étalon primaire. Pendant la comparaison de ces lampes, existait donc pratiquement une égalité de couleur dans le champ photo-

métrique, sans interposition de filtre coloré. Les lampes ont été mesurées debout, la partie verticale de la paroi de l'ampoule étant tournée vers le photomètre. Le plan du filament incandescent était perpendiculaire à la ligne qui joint la lampe au photomètre. La distance du plan du filament au plan de l'écran récepteur du photomètre était de 383^{cm}. Les lampes ont été chauffées par leur courant d'alimentation normal pendant plusieurs minutes avant le commencement des mesures. L'intensité lumineuse a été évaluée à courant constant; simultanément on mesurait la chute de tension dans la lampe.

Résultats.

Numéro de la lampe.	Courant (ampères).	Tension (volts).	Intensité lumineuse (bougies nouvelles).
1.....	0,86282	31,29	6,95
2.....	0,86282	31,22	6,83
3.....	0,86282	31,34	6,94
9.....	0,86282	31,30	6,99
14.....	0,86281	31,20	6,70
17.....	0,86281	31,20	6,80

2^e Groupe de lampes.

Ces six lampes ont été mesurées à une température de couleur d'environ 2360°K. Pour rétablir l'égalité de couleur dans le champ photométrique, on a placé, devant la lampe tare photométrique et devant l'étalon primaire, un filtre bleu au cobalt. La distance du plan du filament au plan de l'écran récepteur du photomètre était de 230^{cm},73. Pour le reste on a opéré comme pour le 1^{er} groupe.

Résultats.

Numéro de la lampe.	Courant (ampères).	Tension (volts).	Intensité lumineuse (bougies nouvelles).
5.....	1,10813	47,92	33,31
6.....	1,08791	46,21	30,79
16.....	1,08635	46,47	30,15
20.....	1,08725	46,42	31,27
21.....	1,07300	45,40	29,07
22.....	1,07011	45,48	27,49

(31 octobre 1938).

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

CERTIFICAT

DE

LAMPES ÉTALONS SECONDAIRES
D'INTENSITÉ LUMINEUSE A FILAMENT DE CARBONE.

La différence de potentiel aux bornes de ces lampes a été déterminée de façon que la température de couleur fût de 2046 degrés absolus.

Désignation de la lampe.	Différence de potentiel (volts).	Intensité du courant (ampères).	Intensité lumineuse (bougies nouvelles).
C. 87.....	97,10	0,7526	16,1
C. 89.....	99,65	0,7418	16,65
C. 96.....	98,66	0,7415	15,8
C. 100.....	97,54	0,7371	15,4
C. 101.....	96,06	0,7435	15,7
C. 104.....	98,35	0,7497	16,85

La détermination de la bougie nouvelle a été effectuée en admettant que la brillance du corps noir à la température de solidification du platine est de 60 bougies nouvelles par centimètre carré et de 58,74 bougies internationales par centimètre carré, tel que cela résulte des mesures effectuées par le Laboratoire Central d'Électricité (*P.-V. du Com. int. des Poids et Mesures*, 1933, p. 270).

(1^{er} mars 1939).

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

CERTIFICAT

DE

**LAMPES ÉTALONS SECONDAIRES
D'INTENSITÉ LUMINEUSE A FILAMENT DE TUNGSTÈNE.**

La différence de potentiel aux bornes de ces lampes a été déterminée de façon que la température de couleur fût de 2360 degrés absolus.

L'intensité lumineuse a été déterminée en fonction de celle de lampes à filament de carbone, à la température de couleur de 2046 degrés absolus.

Cette détermination était effectuée au moyen du verre bleu étalon R2-28, en admettant un facteur de transmission total de 0,5240.

Désignation de la lampe.	Différence de potentiel (volts).	Intensité du courant (ampères).	Intensité lumineuse (bougies nouvelles).
W. J. 70.....	115,4	0,3220	30,4
W. J. 75.....	115,0	0,3215	29,95
W. J. 76.....	114,8	0,3228	29,95
W. J. 78.....	115,5	0,3187	29,95
W. J. 81.....	114,5	0,3209	29,95
W. J. 86.....	115,8	0,3213	30,5

(1^{er} mars 1939).

ANNEXE P 6.

National Physical Laboratory.

INTERCOMPARAISON DES LAMPES

II

RAPPORT DU FLUX LUMINEUX

A

L'INTENSITÉ LUMINEUSE.

1. INTRODUCTION.

A la réunion du Comité consultatif de Photométrie tenue en juin 1937, la résolution suivante a été adoptée (*Proc.-Verb.*, *Com. int. Poids et Mesures*, 1937, p. 240) :

« Par une légère modification au troisième vœu voté par le Comité international dans sa session de 1933 (*Procès-Verbaux*, pp. 66 et 165), le Comité consultatif demande aux Laboratoires nationaux de déterminer, pour trois lampes autungstène dans le vide, le rapport entre l'intensité lumineuse dans une direction spécifiée et l'intensité moyenne sphérique; et il les prie d'envoyer ces lampes au National Physical Laboratory avant le 1^{er} avril 1938 ».

Cette résolution a été ensuite approuvée par le Comité international des Poids et Mesures (*Procès-Verbaux*, 1937, p. 64), et, conformément à celle-ci, des groupes de 3 lampes ont été envoyés au National Physical Laboratory par le National Bureau of Standards, l'Electrotechnical Laboratory, Tokio, et la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Les certificats reçus avec les lampes sont reproduits dans les Appendices à la fin de ce Rapport.

2. DESCRIPTION DES LAMPES.

Toutes les lampes, y compris les trois lampes préparées par le National Physical Laboratory pour ce travail, étaient des lampes à filament de tungstène dans le vide, le filament étant dans chaque cas en forme de *cage d'écureuil*, l'axe de la cage d'écureuil étant en coïncidence approximative avec l'axe géométrique de la lampe. Il y avait une différence considérable (plus de 100° K), entre les températures de couleur auxquelles fonctionnaient les lampes des différents Laboratoires.

3. MÉTHODE DE COMPARAISON.

Les lampes reçues des divers Laboratoires ont été comparées les unes aux autres : (a) pour l'intensité lumineuse, et (b) pour le débit de flux lumineux.

Les comparaisons (a) ont été faites sur un banc photométrique avec un photomètre de Lummer-Brodhun du type usuel, dont le champ mesurait approximativement 10° en diamètre. L'éclairement de l'écran photométrique était d'environ 10 lux. Dans le cas des lampes du National Bureau of Standards et de l'Electrotechnical Laboratory, Tokio, chaque lampe était placée avec le culot en haut et était alignée au moyen de repères gravés sur l'ampoule. Dans le cas des lampes du National Physical Laboratory et de celles qui provenaient de la Physicalisch-Technische Reichsanstalt, chaque lampe était mise en rotation, le culot en haut, à la vitesse minimum nécessaire pour éviter un papillotement nuisible.

Les comparaisons (b) ont été faites dans une sphère d'Ulbricht, de 1 mètre de diamètre, les lampes étant placées au centre de la sphère avec le culot en haut. Ces comparaisons ont été faites par mesures photoélectriques.

Résultats. — Les résultats obtenus dans les deux groupes de comparaisons ont été utilisés pour montrer la valeur relative du lumen, déduite dans chaque Laboratoire, *en supposant que la bougie a la même valeur dans tous les Laboratoires.*

Dans le Tableau I, la colonne (5) donne l'intensité lumineuse relative des lampes, telle qu'elle résulte de la comparaison (a),

TABLEAU I.

Lampes (1).	Volts (fixés) (2).	Ampères		Intensité lumineuse relative (5).	Flux relatif		Moyenne relative (9).
		indiqués (3).	N. P. L. (4).		calculé (6).	mesuré (7).	
N. B. S.							
3218.....	100,0	0,4939	0,4937	39,75	400,0	402,5	1,006
3219.....	100,0	0,4939	0,4939	41,98	403,0	404,1	1,003
3222.....	100,0	0,4898	0,4898	39,70	387,5	389,3	1,005
P. T. R.							
2682 a.....	110,0	0,3674	0,3674	37,79	384,3	389,6	1,014
2682 b.....	110,0	0,3674	0,3675	38,39	389,3	393,9	1,012
2682 c.....	110,0	0,3669	0,3668	38,25	386,8	392,7	1,015
E. T. L.							
3.....	93,0	0,4951	0,4950	31,83	307,1	307,6	1,002
6.....	93,0	0,4948	0,4948	31,56	306,2	304,7	0,995
8.....	93,0	0,4954	0,4953	32,02	308,8	307,7	0,996
N. P. L.							
406 H.....	218,0	—	0,2658	51,62	507,0	506,0	0,998
406 Q.....	222,0	—	0,2676	53,27	525,4	523,7	0,997
406 Y.....	220,0	—	0,2678	52,82	521,2	520,3	0,998

l'unité étant approximativement (mais non exactement) 1 bougie. Les nombres de la colonne (6) ont été déduits de ceux de la colonne (5) en multipliant chacun d'eux par le facteur de réduction sphérique approprié donné par le Laboratoire en question, et en multipliant le résultat par 4π . La colonne (7) donne la valeur relative du flux lumineux des lampes, trouvée au cours de la comparaison (6), l'unité étant *approximativement* 1 lumen.

On a obtenu les nombres de la colonne (8) en divisant les nombres de la colonne (7) par ceux de la colonne (6). La moyenne des nombres de la colonne (8) est 1,0034, et l'on a obtenu les nombres de la colonne (9) en prenant d'abord la moyenne des trois nombres qui figurent dans la colonne (8) pour les lampes provenant de chaque Laboratoire, et en divisant ensuite cette moyenne par 1,0034. Ainsi les nombres de la colonne (9) montrent la valeur relative de l'unité de flux lumineux, le lumen, des différents Laboratoires, fondée sur : 1^o la même valeur de la bougie pour toutes les comparaisons, et 2^o pour le lumen une valeur moyenne de l'unité telle qu'elle a été obtenue dans l'ensemble des Laboratoires.

Appendices.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS.

CERTIFICAT

DE

TROIS LAMPES A FILAMENT DE TUNGSTÈNE DANS LE VIDE

SOUMISES AU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
POUR COMPARAISONS.

Pour ces lampes, on a déterminé le rapport entre l'intensité lumineuse dans une direction spécifiée et l'intensité moyenne sphérique. Ce travail a été divisé en deux parties : (A) détermination du rapport entre l'intensité moyenne sphérique et l'inten-

sité moyenne horizontale et (B) détermination du rapport entre l'intensité dans une direction et l'intensité moyenne horizontale. Le procédé habituel consiste à faire usage de la détermination A (en employant l'appareil photométrique destiné à la mesure de la distribution spatiale et en faisant tourner la lampe). Afin de permettre la comparaison du présent travail avec les travaux antérieurs, on a effectué la détermination des facteurs par les deux moyens; le facteur de réduction habituel relatif à l'intensité moyenne sphérique est, pour cette raison, donné en plus du rapport demandé par le Comité international des Poids et Mesures.

Pour obtenir les valeurs de l'intensité dans une direction, on oriente les lampes de telle sorte que le plan passant par les deux traits gravés sur deux côtés opposés de l'ampoule soit parallèle à l'axe du banc photométrique, le trait qui est accompagné d'un cercle gravé sur lui étant tourné du côté opposé à l'écran photométrique.

Lampe n°	Volts.	Ampères.	Facteur de réduction I_d/I_h	Rapport I_d/I_v
B. S. 3218...	100,0	0,4939	0,7905	1,2487
B. S. 3219...	100,0	0,4939	0,7904	1,3090
B. S. 3222...	100,0	0,4898	0,7944	1,2874

(12 mars 1938).

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT.

(Extrait d'une lettre).

On a déterminé pour ces lampes le rapport $\frac{J_0}{J_h}$. J_0 désigne l'intensité lumineuse moyenne sphérique et J_h l'intensité moyenne perpendiculaire à l'axe de la lampe. Pendant les mesures photométriques, les lampes étaient suspendues (le culot en haut). Les valeurs obtenues sont rassemblées dans le tableau suivant :

Désignation de la lampe.	Tension en volts.	Intensité de courant en ampères.	$\frac{J_0}{J_h}$
P. T. R. 2682 a 1938...	110,00	0,3674	0,8092
P. T. R. 2682 b 1938...	110,00	0,3674	0,8070
P. T. R. 2682 c 1938...	110,00	0,3669	0,8048

(12 mars 1938).

ELECTROTECHNICAL LABORATORY

(Tokio).

Résultats d'étalonnage
de trois lampes à filament de tungstène dans le vide. N^{os} 3, 6 et 8.

N ^o de la lampe.	Voltage appliqué.	Courant.	Intensité lumineuse (bougies)		Rapport $\frac{(II)}{(I)}$
			dans la direction marquée (†)(I).	moyenne sphérique (II).	
3...	93 V	0,4951	31,80	24,41	0,7677
6...	93	0,4948	31,43	24,27	0,7720
8...	93	0,4954	31,82	24,42	0,7674

(17 mai 1938).

ANNEXE P7.

Bureau international des Poids et Mesures.

INSTALLATIONS PHOTOMÉTRIQUES
DU BUREAU INTERNATIONAL.

Par M. J. TERRIEN.

La mission immédiate du Bureau international des Poids et Mesures est de comparer les intensités lumineuses de lampes étalons fonctionnant à la même température de couleur; ses installations ont été conçues dans ce but. On a aménagé pour cela l'une des deux salles du sous-sol (ouvertures d'aération, chauffage au gaz, peinture noire, etc.).

Nous nous sommes documentés auprès des laboratoires spécialisés les plus proches, à Paris et à Teddington; et nous remercions tous ceux qui ont bien voulu nous faire bénéficier de leur expérience. De plus, à la suite d'une lettre que nous avons envoyée aux grands Laboratoires nationaux représentés au Comité consultatif de Photométrie, plusieurs d'entre eux ont répondu par des suggestions dont il a été tenu compte.

L'appareillage pour les mesures d'intensité est à peu près au complet. Sa description peut être très rapide; car on a simplement imité, avec des modifications de détail, les installations déjà réalisées dans les grands Laboratoires de Photométrie.

Alimentation électrique des lampes. — On dispose de deux batteries d'accumulateurs comprenant chacune 64 éléments au plomb ayant une capacité de 120 ampères-heure. Le courant est réglé au moyen de deux gros rhéostats, dont tous les contacts frottants sont très bons; ces contacts se produisent entre balais et plots; leur étude, qui a même en partie précédé la commande, a donné d'excellents résultats. Pour terminer le réglage, on agit sur des rhéostats à lames de graphite placés en série dans le circuit.

Mesures électriques. — Un potentiomètre de bonne qualité sert pour la mesure des grandeurs électriques suivantes :

1° La différence de potentiel aux bornes de chaque lampe, préalablement ramenée au centième de sa valeur au moyen d'un réducteur de tension.

2° L'intensité du courant qui traverse chaque lampe et également un ohm étalon inséré dans chaque circuit.

Les dessins des réducteurs de tension et du potentiomètre ont été établis en collaboration avec M. Romanowski; on a cherché surtout à rendre possible un étalonnage exact de ces appareils et un calcul facile des corrections à appliquer aux lectures.

Mesures des distances. — Les lampes et le photomètre sont montés sur des chariots qui roulent sur un banc de 4^m,50 de long. Les chemins de roulement sont des tubes en métal inoxydable ayant environ 8^{cm} de diamètre; ils sont donc très rigides, et cette qualité a été recherchée également pour tout le montage. L'alignement est obtenu d'abord au moyen des organes de réglage situés sur les quatre piliers en ciment qui supportent le banc, puis par des retouches locales des chemins de roulement. Les chariots portent tous les accessoires nécessaires pour la mise en place exacte des lampes. La position des chariots est repérée par un index qui se déplace devant une règle divisée; mais pour des raisons de commodité, et surtout afin d'éviter l'erreur de parallaxe, la lecture ne se fait pas directement : on observe une image réelle de l'index et de la règle sur un verre dépoli, avec un grossissement égal à deux.

Les précautions prises doivent rendre négligeables les erreurs des mesures électriques et géométriques. La précision doit être par conséquent limitée par la mesure photométrique elle-même ou par la nature des étalons.

Notons que le Bureau international a acquis un photomètre de Lummer et Brodhun, du type courant à grand champ, présentant deux plages en trapèze, avec un contraste normal de 8 %; la bonne qualité de cet instrument a été reconnue.

L'étude détaillée de tous ces appareils, de leurs défauts et des corrections ou améliorations possibles est en cours; mais des mesures d'essai ont montré que l'installation, dans son ensemble, donne dès maintenant des résultats corrects.



ANNEXE P 8.

National Physical Laboratory

PROPOSITION DE RÉSOLUTION

CONCERNANT

LES UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES (1)

SUGGÉRÉE EN VUE DE SON ADOPTION
PAR LE COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

1° *La situation actuelle.* — A l'heure actuelle, les unités d'intensité lumineuse en usage dans les différents pays sont fondées sur des étalons à flamme ou sur les valeurs assignées à certaines lampes électriques à filament incandescent, conservées dans les Laboratoires nationaux. La France, la Grande-Bretagne et les États-Unis d'Amérique se sont mis d'accord en 1909 pour adopter une unité commune, qui fut par la suite, adoptée dans certains autres pays. Bien des projets ont été proposés, en vue d'établir une unité qui serait fondée sur une source-étalon primaire, c'est-à-dire reproductible au moyen de certaines spécifications. Cependant ce n'est que dans ces dernières années qu'un tel étalon s'est montré pratiquement réalisable.

2° *L'étalon primaire.* — Cet étalon, adopté en principe par le Comité international des Poids et Mesures en 1930 et en 1933, est un radiateur de Planck (corps noir) à la température de

(1) Ce document, accompagné d'une proposition analogue concernant les unités électriques, a été transmis avec une lettre d'envoi publiée en annexe des Procès-Verbaux du Comité consultatif d'Électricité (voir Annexe E 11).

solidification du platine, et la valeur de l'unité d'intensité lumineuse (adoptée en 1937) est telle que la brillance de l'étalon soit de 60 unités par centimètre carré. La forme sous laquelle cet étalon est réalisé actuellement, est dans ses traits essentiels, celle qui a été conçue par le National Bureau of Standards à Washington, et qui se trouve décrite dans les Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures de 1931 (p. 249). La couleur de la lumière fournie par l'étalon ne diffère pas sensiblement de celle qui est émise par les étalons à flamme et les lampes à filament dont il est question au paragraphe 1^o.

3^o *Mesure des sources lumineuses ayant une température de couleur autre que celle de l'étalon primaire.* — Les sources lumineuses modernes (même si l'on met à part celles qui présentent une coloration marquée) ont une température de couleur beaucoup plus élevée que l'étalon primaire, et il est par conséquent nécessaire de définir le procédé suivant lequel ces sources doivent être évaluées. La méthode approuvée par le Comité international des Poids et Mesures en 1937 consiste à utiliser un filtre coloré qui, intercalé entre l'étalon primaire et le photomètre, donne une couleur comparable à celle de la lumière à mesurer. Le facteur de transmission de ce filtre est déterminé à partir de sa courbe de transmission spectrale au moyen des facteurs de luminosité adoptés en 1933 par le Comité international des Poids et Mesures, et reproduits dans les Procès-Verbaux p. 62.

4^o *Définition des unités.* — Les unités photométriques peuvent être définies comme suit :

I. *La bougie nouvelle (unité d'intensité lumineuse).*

La bougie nouvelle est l'unité d'intensité lumineuse, et sa grandeur est telle que la brillance du radiateur intégral à la température de solidification du platine est de 60 bougies nouvelles par centimètre carré.

II. *Le lumen nouveau (unité de flux lumineux).*

Le lumen nouveau est le flux lumineux émis dans l'angle solide unité par une source ponctuelle uniforme ayant une intensité lumineuse d'une bougie nouvelle.

5° *Réalisation pratique des unités.* — Bien qu'il soit possible de réaliser l'étalon primaire à tout instant et dans tout laboratoire possédant l'appareillage nécessaire, pour la plupart des buts pratiques, les étalons de référence seront des lampes étalons secondaires à filament de carbone ou de tungstène, lampes dont les valeurs auront été déterminées par rapport à l'étalon primaire. La précision des comparaisons de ces lampes entre elles est plus élevée que la précision avec laquelle on peut reproduire actuellement l'étalon primaire.

Des lampes étalons secondaires de ce type seront conservées dans les divers Laboratoires nationaux et au Bureau international des Poids et Mesures. Les valeurs attribuées à ces étalons secondaires seront déterminées par rapport à l'étalon primaire, soit par comparaison directe dans un ou plusieurs des principaux Laboratoires nationaux, soit indirectement par intercomparaison avec d'autres lampes similaires dont les valeurs auront été déterminées de cette façon. Ainsi, les valeurs assignées aux étalons secondaires conservés au Bureau international et dans chacun des Laboratoires nationaux seront exprimées au moyen de l'unité moyenne, telle qu'elle aura été déterminée dans tous les Laboratoires où l'étalon primaire aura été réalisé.

On procédera d'une façon analogue dans le cas des lampes fonctionnant à une température de couleur plus élevée que l'étalon primaire, ainsi que pour la réalisation du lumen à partir de la bougie.

ANNEXE P 9.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

PROPOSITIONS

DU

LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE.

Proposition I. — A. Le Laboratoire Électrotechnique a déterminé la brillance du corps noir à la température de solidification du platine, et le résultat suivant a été obtenu (*voir* Annexe P 2, p. P 41)

59, 60 bougies du Laboratoire Électrotechnique
par centimètre carré.

La bougie du Laboratoire Électrotechnique est, comme il est indiqué dans l'annexe P 2, un peu plus petite que celles du National Physical Laboratory et du National Bureau of Standards d'environ 1 pour 100. Le résultat des expériences faites au Laboratoire Électrotechnique est donc voisin de ceux obtenus en Angleterre et aux États-Unis d'Amérique. Lors de ces expériences, nous avons constaté que l'étalon primaire d'intensité lumineuse défini par le corps noir possède une haute reproductibilité.

B. Les comparaisons internationales d'un groupe d'étalons fonctionnant à la température de couleur de solidification du platine et d'un groupe d'étalons fonctionnant à la température de 2360° K ont été faites au National Physical Laboratory d'Angleterre. Si nous admettons que l'unité d'intensité lumineuse d'un pays quelconque est 1, on peut obtenir, des résultats des comparaisons internationales mentionnées plus haut, les rapports des unités d'intensité lumineuse de tous les autres pays à l'unité de

ce pays supposée comme fondamentale et, ensuite, obtenir la moyenne de tous les rapports.

Pour unifier la bougie nouvelle, le Laboratoire Électrotechnique pense que chaque Laboratoire national devra modifier son unité d'intensité lumineuse d'une quantité égale à l'écart entre sa valeur et la moyenne indiquée plus haut. Pour l'unité de flux lumineux, la même procédure devrait être suivie.

Proposition II. — A. Dès que l'unité photométrique sera unifiée internationalement, le Laboratoire Électrotechnique pense que chaque Laboratoire national devra présenter au Bureau international, tous les deux ans, des lampes étalons photométriques calibrées par lui-même, afin de participer à des comparaisons internationales destinées à maintenir l'unité photométrique. Le type et le nombre des lampes étalons photométriques qui seraient employés dans ce but pourraient, provisoirement, être les mêmes que ceux prévus par la résolution 2 prise par le Comité consultatif de Photométrie de 1937.

B. Il doit être convenu que chaque Laboratoire national redétermine, tous les six ans, l'unité d'intensité lumineuse d'après la brillance du corps noir à la température de solidification du platine, et que, comme pour les unités électriques, chaque Laboratoire national puisse modifier son unité photométrique selon les décisions que pourrait prendre à ce sujet la Conférence générale qui se réunit précisément tous les six ans.

Proposition III. — Le Laboratoire Électrotechnique désire que les définitions fondamentales indiquées ci-dessous soient mises au point par le Comité consultatif de Photométrie, puis acceptées officiellement par la Neuvième Conférence générale des Poids et Mesures, afin que les lois et règlement concernant les unités photométriques puissent être modifiés en conséquence :

1. L'unité d'intensité lumineuse est la « bougie » et l'unité de flux lumineux est le « lumen ».

2. La « bougie » est telle que la brillance du corps noir à la température de solidification du platine est de 60 bougies par centimètre carré. La valeur d'intensité lumineuse de la source lumineuse ayant une autre couleur que la couleur de l'étalon primaire d'intensité lumineuse est déterminée par un procédé

qui prenne en considération la courbe des facteurs de visibilité choisie par le Comité international des Poids et Mesures.

3. Le « lumen » est égal au flux émis dans l'angle solide unité par une source ponctuelle uniforme de une « bougie ».

Proposition IV. — Le Laboratoire Électrotechnique désire que le Comité consultatif de Photométrie se réunisse, comme par le passé, en même temps que le Comité consultatif d'Électricité.

Proposition V. — A. Pour établir l'unité d'intensité lumineuse de la lampe au tungstène incandescent ayant une autre couleur que celle de l'étalon primaire, la sélection des verres bleus est très importante; et par conséquent, la comparaison internationale de ces verres doit être encore faite rigoureusement. Le Laboratoire Électrotechnique désire, de plus, que les dispositions nécessaires soient prises pour commencer l'unification internationale de l'unité d'intensité lumineuse à la température de couleur voisine de 2800°K .

B. Le Laboratoire Électrotechnique désire qu'un échange de vues ait lieu entre les Laboratoires qui se sont occupés de la photométrie hétérochrome des sources lumineuses non incandescentes telles que les lampes à décharge. Il demande, de plus, que les dispositions nécessaires soient prises pour commencer l'unification internationale des unités d'intensité lumineuse et de flux lumineux s'appliquant à de telles sources de lumière.

ANNEXE P 10

Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.

SUR LA DÉFINITION
DE
L'UNITÉ PHOTOMÉTRIQUE FONDAMENTALE
EN VUE

DE L'ADOPTION D'UN NOUVEL ÉTALON DE LUMIÈRE

Par M. P. M. TIKHODEEV.

(Cette Note, parue intégralement dans les *Publications de l'Institut de Métrologie*, 1939, est résumée ci-dessous.)

Les unités photométriques rendues obligatoires dans l'U. R. S. S. dès 1925 sont basées sur le flux lumineux considéré comme grandeur fondamentale. On a les définitions suivantes :

« *Lumen*, flux lumineux, dont la valeur exacte est déterminée
« d'après les lampes-étalons à filament incandescent, vérifiées et
« conservées à l'Institut de Métrologie ».

« *Bougie internationale*, intensité lumineuse d'une source
« ponctuelle dans les directions dans lesquelles elle émet un flux
« lumineux de 1 lumen réparti uniformément dans un angle solide
« de 1 stéradian. Cette unité a été adoptée par les conventions
« internationales ».

« *Stilb*, brillance d'une surface plane rayonnant uniformément
« en tous ses points dans une direction qui lui est perpendiculaire,
« cette surface ayant dans la même direction une intensité lumi-
« neuse de 1 bougie internationale par centimètre carré ».

La définition de la bougie nouvelle proposée par le Comité consultatif ne peut pas, dans sa rédaction actuelle, être adoptée pour la législation de l'U. R. S. S.

La relation entre les unités d'intensité lumineuse et de brillance devrait être indiquée d'une façon plus explicite, dans les décisions du Comité consultatif.

Il serait préférable de donner une dénomination tout à fait nouvelle à l'unité d'intensité lumineuse.

La définition la plus rationnelle de l'unité photométrique reliée au nouvel étalon de lumière, et appropriée aux besoins de la législation, est la définition suivante de l'unité de flux lumineux :

« L'unité de flux lumineux, *le lumen*, est le flux lumineux émis
« par un radiateur intégral, à la température de solidification du
« platine, d'une aire de $0^{\text{cm}^2}, 005305$ ».

ANNEXE P 11.

LETTRE

DU PROFESSEUR U. BORDONI
AU PRÉSIDENT DU COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE.

(Extrait.)

Rome, le 6 juin 1939.

... J'ai lu la série des rapports très remarquables (et les annexes) compilés par le National Physical Laboratory, que vous avez eu l'amabilité de m'envoyer; et je pense qu'elle constitue une base bien satisfaisante pour les décisions du Comité consultatif de Photométrie, quoique l'accord entre les mesures à la température de couleur de 2360° K soit un peu moins bon que l'accord entre les mesures à 2046° K.

Je crois qu'il conviendra d'envisager, si telle est aussi l'opinion de nos collègues du Comité, l'opportunité de la répétition périodique (avec une fréquence raisonnable) des comparaisons entre l'étalon primaire et les étalons secondaires; car la possession d'un étalon primaire sûrement invariable dans le temps est d'une telle importance qu'il convient d'en tirer tous les avantages possibles au profit de ce que l'on peut attendre des mesures courantes; d'autre part, moyennant ces répétitions, l'on pourra aussi profiter (à l'égard des étalons fonctionnant à la température de couleur de 2360° K) des perfectionnements futurs éventuels de la technique des comparaisons entre sources lumineuses hétérochromes.

Ces perfectionnements, et les accords internationaux qui pourront en dériver, me paraissent d'autant plus souhaitables que la diffusion grandissante des lampes à électroluminescence permet

de prévoir que probablement, dans une époque prochaine, il faudra discuter le problème des comparaisons photométriques entre des sources lumineuses si hétérochromes et d'une composition spectrale si particulière, qu'il est très douteux que des méthodes du type soustractif, comme, par exemple, la méthode des filtres, puissent être encore employées avec avantage. Je laisse toutefois à vous, M. le Président, et à nos collègues du Comité, le soin de décider si ce problème paraît encore tout à fait prématuré



ANNEXE P 12.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

SUR

LA LAMPE-ÉTALON PHOTOMÉTRIQUE

Par M. ZIRO YAMAUTI.

Il va sans dire que les caractéristiques des lampes-étalons photométriques doivent être aussi constantes que possible.

Par conséquent, la lampe-étalon photométrique pour une direction spécifiée et la lampe-étalon de flux lumineux total maintenant employées par le Laboratoire Électrotechnique ont des caractéristiques spéciales, qui ont été réalisées par un manufacturier de lampes, d'après les indications que nous lui avons données.

Il est bien nécessaire de faire attention à la question du transport des lampes-étalons, parce qu'elles doivent souvent être transportées, pour obtenir l'unification internationale des unités photométriques. Nous exprimons nos opinions à ce sujet ainsi qu'il suit :

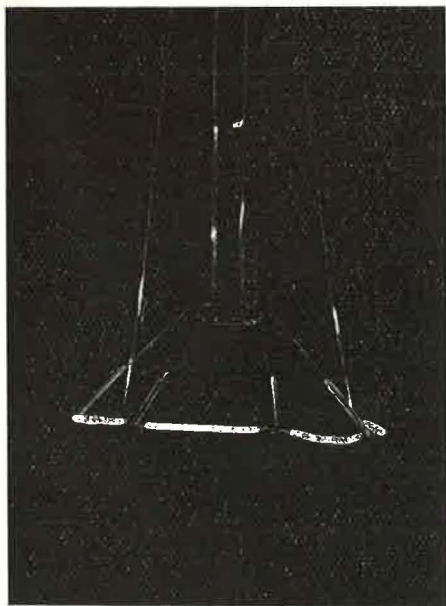
1. *Lampe-étalon pour une direction spécifiée.* — Pour la lampe-étalon dans une direction spécifiée, comme il a déjà été annoncé au Congrès international de l'Éclairage ⁽¹⁾, tenu en 1931, le montage a été fait en forme rectangulaire afin que la répartition horizontale soit aussi uniforme que possible. C'était un grave défaut, en cas de transport, que la lourdeur du montage en verre; et en conséquence, nous employons maintenant un montage en alliage fer-nickel-cobalt.

(¹) Z. YAMAUTI, *Proc. I.C.I.*, 1, 1931, p. 277.

De plus, le filament est soudé aux ancrés, pour que le contact des filaments avec les ancrés soit bien fixe.

Les résultats ainsi obtenus sont considérés comme excellents.

2. *Lampe-étalon de flux lumineux total.* — Pour que les caractéristiques de la lampe à filament de tungstène à atmosphère gazeuse soient constantes, nous avons soudé les bords



des petites spires de filament spécialement traitées aux ancrés voisines, comme il est indiqué dans la figure ci-dessus. Quand nous employons cette méthode, le filament reste toujours de même forme, et les résultats ainsi obtenus sont aussi excellents.



TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Liste des Membres du Comité consultatif de Photométrie.....	P 3
Procès-verbal de la séance, jeudi 8 juin 1939.....	P 5-P 22
Télégramme envoyé par M. Volterra.....	P 5
Bienvenue aux Membres du Comité consultatif de Photométrie. — Excuses de MM. Bordoni et Pirani.....	6
Nomination du Secrétaire et du Rapporteur.....	6
Arrivée trop tardive des rapports à discuter....	6
Nouvelles comparaisons faites par les Laboratoires entre leurs étalons nationaux et la brillance du corps noir, à la température de solidification du platine.....	7
Comparaisons faites au National Physical Laboratory entre les étalons envoyés par les divers Laboratoires et fonctionnant à la température de couleur du corps noir au point de solidification du platine.....	8
Comparaisons faites au National Physical Laboratory entre les étalons des divers Laboratoires, fonctionnant à la température de couleur de 2360°K. Valeurs en fonction de la nouvelle unité (Résolution concernant la date d'introduction de la bougie nouvelle).....	9

Comparaisons faites au National Physical Laboratory entre les lampes des divers Laboratoires pour lesquelles a été déterminé le rapport entre l'intensité dans une direction donnée et l'intensité moyenne sphérique.....	P 14
Installations en voie d'achèvement au Bureau international, pour la comparaison des étalons d'intensité lumineuse.....	16
Échange de vues au sujet de la coordination des unités de divers pays dans l'avenir.....	17
Propositions sur la périodicité des comparaisons...	17
Méthodes utilisées dans l'établissement des étalons à 2800°K. — Lettre du Prof. Bordoni. — Textes susceptibles d'être incorporés dans les réglementations. — Discussion sur la nature de l'unité fondamentale de lumière.....	18
Résolution se rapportant à l'échange de lampes fonctionnant à 2800°K.....	20
Prochaine session.....	21
Clôture de la session.....	22
Deuxième Rapport du Comité consultatif de Photométrie au Comité international des Poids et Mesures; par M. J. W. T. Walsh.....	P 23-P 35
Annexes des Procès-Verbaux du Comité consultatif de Photométrie.....	P 36-P 83
P 1. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — <i>Les travaux préparatoires pour la nouvelle unité de lumière; par M. H. Willenberg.....</i>	36
P 2. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur la mesure de la brillance du corps noir à la température de solidification du platine; par MM. Z. Yamauti et T. Iizuka.....</i>	41
P 3. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur l'unité d'intensité lumineuse à la température de couleur de 2360°K; par MM. Z. Yamauti, S. Saito et S. Yamanaka.....</i>	44

	Pages.
P 4. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur la méthode de détermination de l'unité de flux lumineux; par M. Z. Yamauti.....</i>	P 47
P 5. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Inter- comparaison des lampes : I. Étalons d'intensité lumineuse.....</i>	49
P 6. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Inter- comparaison des lampes : II. Rapport du flux lumineux à l'inten- sité lumineuse.....</i>	64
P 7. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — <i>Installations photométriques du Bureau international; par M. J. Terrien.</i>	70
P 8. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Propo- sition de résolution concernant les unités photométriques.....</i>	72
P 9. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Propositions du Laboratoire Electro- technique.....</i>	75
P 10. INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U.R.S.S. — <i>Sur la définition de l'unité photomé- trique fondamentale en vue de l'adop- tion d'un nouvel étalon de lumière; par M. P. M. Tikhodeev.....</i>	78
P 11. <i>Lettre du Professeur U. Bordoni.....</i>	80
P 12. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur la lampe-étalon photométrique; par M. Z. Yamauti.....</i>	82
TABLE DES MATIÈRES.....	84

IMP. GACHIER-VIGLARD, PARIS.
