

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME XX.

Sessions de 1945 et de 1946.

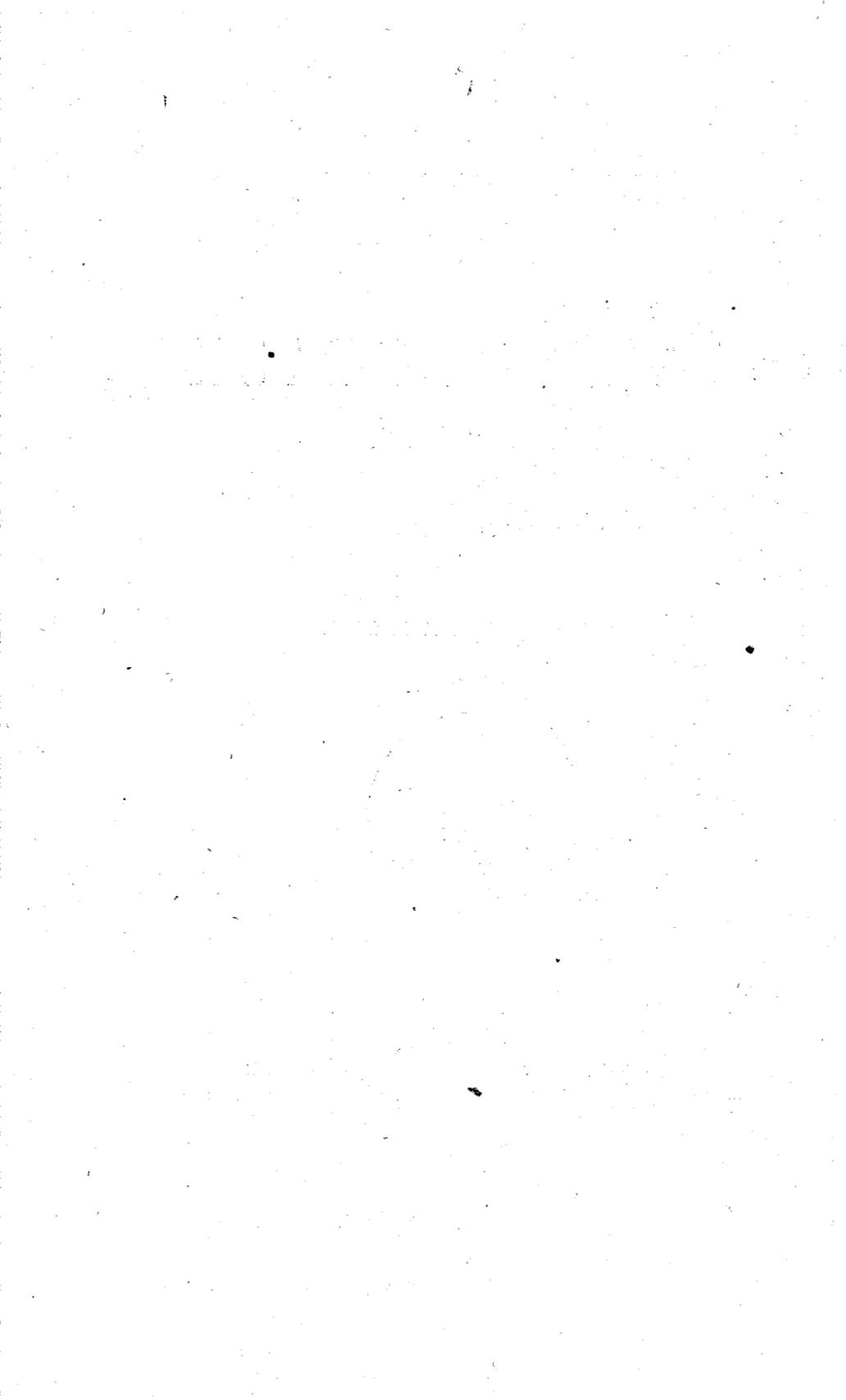


PARIS

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

LIBRAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

1947



LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 30 OCTOBRE 1946.

Président :

1. M. J. E. SEARS, Ancien Superintendant de la Section de Métrologie du National Physical Laboratory, The Grey House, 52, Saint-James' Avenue, *Hampton Hill*, Middlesex.

Secrétaire :

2. M. M. DEHALU, Administrateur-Inspecteur honoraire de l'Université de Liège, 17, quai du Halage, *Visé*.

Membres :

3. M. L. DE BROGLIE, Directeur de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94, rue Perronet, *Neuilly-sur-Seine* (Seine).
4. M. G. CASSINIS, Recteur et Professeur à l'École Polytechnique de Milan, Commissione Geodetica Italiana, Piazza Leonardo da Vinci, 32, *Milan*.
5. M. M. CHATELAIN, Institut Polytechnique, *Leningrad*, 21.
6. M. E. C. CRITTENDEN, Associate Director au National Bureau of Standards, *Washington*, 25.
7. M. W. J. de HAAS, Directeur du Kamerlingh-Onnes Laboratorium der Rijks-Universiteit, Rijnsburgerweg, 20, *Leyde*.
8. M. E. S. JOHANSEN, Professeur à l'École Polytechnique, 1, Heilsmindevej, *Charlottenlund* (Copenhague).

9. M. C. KARGATCHIN, Chef de Section au Ministère du Commerce, Brescenskoga, 8, *Zagreb*.
10. M. W. KÖSTERS, Directeur de la Section des Poids et Mesures de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 8-10, Werner Siemensstrasse, *Berlin-Charlottenburg*, 2.
11. M. H. NAGAOKA, Institut de recherches physiques et chimiques, 10, Nishikata-machi, Hongo-ku, *Tokio-To*.
12. M. Z. RAUSZER, Directeur du Bureau National des Mesures, Rynek, 9, *Katowice*.
13. M. M. ROŠ, Président de la Direction du Laboratoire fédéral d'essai des Matériaux et Institut de Recherches, 27, Leonhardstrasse, *Zürich*.
14. M. M. SIEGBAHN, Professeur à l'Université d'Upsala, Forskningsinstitutet för Fysik, Vetenskapsakademien, *Stockholm*, 50.
15. M. C. STATESCU, Conseiller technique du Service des Poids et Mesures de Roumanie, Str. N. Ionescu, 10, *Bucarest*, II.
16. M. A. PÉRARD, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres* (S.-et-O.).

Membre honoraire :

1. M. A. TANAKADATE, Membre de l'Académie des Sciences de Tokio, 144, Zōsigayamati, Koisikawa-ku, *Tokio*.
-

LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 30 OCTOBRE 1946.

	MM.
Directeur.....	A. PÉRARD.
Adjoints.....	{ CH. VOLET (nommé Ss-Direct. le 1 ^{er} janvier 1947). A. BONHOURE. M. ROMANOWSKI.
Archiviste-comptable.....	G. MINAULT.
Assistants.....	{ J. TERRIEN (nommé adjoint le 1 ^{er} janvier 1947). N. CABRERA. H. MOREAU.
Secrétaires-dactylographes.	{ M ^{me} C. BABOLAT. M ^{me} G. BROCHARD.
Calculateurs.....	{ G. LECLERC. J. HAMON. G. GIRARD.
Mécaniciens.....	{ R. HANOCQ. R. MICHARD.

Membre honoraire :

Adjoint honoraire..... L. MAUDET.

Les lettres, notes ou mémorandums, publiés dans les *Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, n'engagent que leur auteur. Leur insertion n'implique, de la part du Comité, ni adhésion aux idées exposées, ni reconnaissance des termes techniques spéciaux ou néologismes qui peuvent y figurer.

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

SESSION OFFICIEUSE DE 1945.

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Mardi 13 novembre 1945.

La séance est ouverte à 15^h.

Sont présents : MM. DEHALU, PÉRARD, ROŠ, SEARS, COTTON, remplaçant M. FABRY malade, MALIGE, délégué par l'Ambassade des États-Unis, KOLLBERG, délégué par la Légation de Suède.

M. DEHALU, retardé par un accident de voyage, arrive au cours de la réunion.

M. PÉRARD souhaite la bienvenue à tous les présents et les remercie d'être venus malgré les difficultés actuelles. Il propose de désigner M. SEARS (d'ailleurs le plus ancien des membres du Comité présents) comme président de séance, et M. ROŠ comme secrétaire. Adopté à l'unanimité.

M. PÉRARD expose d'abord la situation des membres du Comité international des Poids et Mesures qui ne sont pas présents :

3 Membres n'ont pu être convoqués (MM. KÖSTERS, NAGAOKA, RAUSZER);

2 membres n'ont donné aucune réponse (MM. STATESCU, KARGATCHIN);

1 membre s'est excusé pour raison de maladie (M. JOHANSEN).

Enfin, M. CHATELAIN, accompagné de deux collègues russes, a annoncé sa venue du 12 au 20 novembre, mais n'est pas encore là.

La présente session du Comité international ne pourra ainsi délibérer que d'une manière officieuse, puisque d'une part, tous les membres n'ont pu être convoqués, et que, d'autre part, le quorum nécessaire aux délibérations officielles (au moins la moitié des membres élus) n'est pas atteint.

Le Directeur du Bureau présente ensuite un rapport succinct sur la gestion du Bureau du 1^{er} septembre 1939 au 31 octobre 1945.

(Ce Rapport, dont tous les éléments sont contenus dans le Rapport plus complet sur la gestion du Bureau pendant la période comprise entre le 1^{er} septembre 1939 et le 31 août 1946, n'est pas reproduit ici.)

Ce Rapport suggère diverses décisions à prendre par le Comité officieux sous forme de motions. M. PÉRARD propose qu'aucun vote n'intervienne dans la séance de ce jour, mais seulement dans la réunion prévue pour le 15 novembre.

M. le PRÉSIDENT approuve cette façon de procéder, mais désire cependant que la séance actuelle comporte, après l'exposé des questions, une première discussion en particulier pour les questions financières.

M. PÉRARD communique alors des informations sur les mesures financières prises par le Comité après la guerre 1914-1918.

CONTRIBUTIONS DES ÉTATS.

Revenant sur le paiement des contributions, le Directeur fait l'analyse de la situation des États qui ont des cotisations arriérées et en tire des conclusions relativement optimistes pour l'avenir.

M. ROŠ demande si le prochain budget a été établi en vue de la remise en marche complète de notre institut.

M. PÉRARD répond affirmativement en ce qui concerne l'activité normale du Bureau, mais précise que l'extension des attributions du Bureau ne sera possible que si l'on envisage une augmentation des ressources annuelles.

M. ROŠ demande encore quel est le montant total des contributions arriérées et ce que pourrait faire le Comité si ces cotisations n'étaient pas réglées. Il désire aussi savoir comment le Bureau a pu maintenir son activité pendant la durée de la guerre.

M. PÉRARD communique le tableau des contributions dues et indique que, d'après la Convention du Mètre, si un État laisse passer trois années sans acquitter ses contributions, celles-ci sont réparties entre les autres États. Il ajoute que, durant la guerre, on a réalisé toutes les économies qui n'entraient pas gravement l'activité, et que, d'autre part, notre institut a bénéficié d'une subvention de 75 000^F or et d'avances remboursables consenties par le Trésor Français.

PERSONNEL DU BUREAU.

M. PÉRARD rappelle les divers avancements qui ont été accordés pendant la guerre et approuvés depuis par M. SEARS. Il indique ceux que le Comité pourrait prononcer actuellement, sous réserve de la ratification ultérieure du Comité siégeant en séance plénière.

En ce qui concerne les traitements, le montant évalué en francs français pourra être relevé progressivement au fur et à mesure des paiements de contributions en francs suisses, par l'application d'une formule soumise à l'approbation du Comité.

La limite d'âge pour les indemnités de charges de famille est actuellement de 18 ans; elle pourrait être relevée à 20 ans en faveur des enfants qui poursuivent leurs études théoriques.

Enfin, M. PÉRARD soumet au Comité une question fiscale.

BUDGET POUR 1946.

Pendant la guerre, on a volontairement maintenu le budget des dépenses aux chiffres arrêtés pour le budget de 1938.

M. PÉRARD a préparé pour 1946 un projet de budget qui tient compte de modifications à apporter à quelques chapitres de dépenses (traitements, indemnité du Secrétaire, frais divers).

UNITÉS DE LUMIÈRE, DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ.

La date de mise en vigueur des nouvelles unités n'a pas pu être fixée par le Comité après la réunion des Comités consultatifs en juin-juillet 1939. M. PÉRARD indique qu'une décision serait assez urgente, au moins pour l'unité de lumière.

M. le PRÉSIDENT pense qu'il y a lieu d'abord d'avoir les avis des Comités consultatifs intéressés.

M. PÉRARD observe que les propositions adressées à ces Comités doivent être rédigées en termes très précis, si l'on veut éviter les réponses divergentes et les objections.

Après un échange de vues, le Comité incline à ajourner toute décision pour l'unité de chaleur.

M. le PRÉSIDENT remarque que des spécifications recommandées doivent être établies pour les étalons électriques. M. PÉRARD ajoute que le Bureau international est à la disposition des Services nationaux pour la détermination des étalons d'électricité et de lumière.

COMITÉS CONSULTATIFS.

M. PÉRARD donne des nouvelles des membres de ces Comités. Il mentionne aussi deux lettres émanant du Ministère des Affaires Étrangères de France demandant que le Conservatoire des Arts et Métiers soit considéré comme le Laboratoire national français de Métrologie (Annexe p. 140).

ÉLECTIONS AU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Actuellement, 12 membres, au plus, du Comité sont vivants.

M. le Directeur du Bureau estime qu'il y a lieu d'envisager, dès maintenant, l'élection de quelques membres (particulièrement États-Unis d'Amérique, Italie, Hollande, peut-être Espagne).

Au cours d'un échange de vues à ce sujet, différents noms sont prononcés.

QUESTIONS DIVERSES.

Secours pécuniaire éventuel à tout membre du personnel du Bureau se trouvant dans la nécessité.

Dates à prévoir pour les prochaines réunions du Comité international et de la Conférence Générale.

M. ROŠ demande si des étalons autres que ceux de longueur et de masse ne pourraient être fournis par le Bureau international des Poids et Mesures aux Services

nationaux des différents pays afin de mieux assurer l'unification des mesures.

Réponse affirmative.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le PRÉSIDENT lève la séance à 17^h 10^m, après avoir fixé la prochaine séance au jeudi 15 novembre, à 14^h 30^m.

PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL

Jeudi 15 novembre 1945.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

Sont présents : MM. COTTON, DEHALU. ROŠ, MALIGE, délégué par l'Ambassade des États-Unis, KOLLBERG, délégué par la Légation de Suède, PÉRARD, Directeur du Bureau.

La séance est ouverte à 15^h.

Il est donné lecture du Procès-verbal de la séance précédente, qui est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne alors la parole à M. le Directeur du Bureau, qui demande l'approbation des rapports qu'il a présentés au Comité le 13 novembre 1945, en précisant que cela comporte, en particulier :

- approbation des travaux énumérés et projetés,
- invitation à certains États d'envoyer au Bureau international leurs Kilogrammes à vérifier,
- approbation des avancements et augmentations de traitement déjà prononcés,
- autorisation d'appliquer éventuellement le sixième alinéa de l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre (répartition de la contribution des États en retard de plus de trois années),

application immédiate de la formule indiquée pour le calcul des traitements suivant versements des États.

Cette énumération n'est pas limitative ; toutefois, il est spécifié que les comptes en sont exclus, puisque le Comité n'a pas eu le temps matériel de les vérifier.

M. le PRÉSIDENT met aux voix l'approbation ainsi définie, qui est prononcée à l'unanimité.

M. PÉRARD demande encore que l'autorisation générale soit accordée au Directeur du Bureau, après approbation du membre faisant fonction de Président du Comité, d'apporter les suppléments temporaires qu'il jugerait indispensables à certains traitements et aux allocations familiales.

M. le PRÉSIDENT pense qu'il y a lieu d'accorder cette autorisation sans attendre la reconstitution de la Commission Administrative Permanente qui demandera sans doute quelque temps.

M. COTTON est du même avis et ajoute qu'en cette matière il vaut mieux éviter des limitations trop étroites.

M. ROŠ demande si aucune décision antérieure ne s'oppose à l'adoption de cette mesure, et après avoir reçu de M. PÉRARD une réponse rassurante, se déclare en faveur de l'autorisation.

M. le PRÉSIDENT fait encore observer que le Comité, qui siège en ce moment à titre officieux et n'atteint pas le quorum, n'a pas qualité pour prendre des décisions définitives ; mais il peut et doit prendre des décisions provisoires, qui seront soumises ultérieurement à la ratification du Comité international.

L'autorisation ci-dessus est alors votée à l'unanimité.

M. le DIRECTEUR du Bureau indique que l'ordre du jour appelle maintenant un vote sur différents projets de motions dont le texte a été remis à tous les présents dans la séance précédente.

1° CONTRIBUTIONS DES ÉTATS.

M. PÉRARD donne lecture du projet de motion suivant :

« Dans les circonstances actuelles si difficiles pour le Bureau international, le Comité croit devoir adresser, aux États signataires de la Convention du Mètre, une demande pressante tendant à obtenir d'eux le versement intégral de toutes les contributions, arriérées ou actuelles, qu'ils se sont (inconditionnellement) engagés à verser pour l'entretien du Bureau. »

« Il exprime, à Monsieur le Ministre des Finances de France, sa gratitude pour le bienveillant appui apporté à l'institution internationale des Poids et Mesures, et particulièrement pour les facilités de change accordées au Bureau. »

« Pour permettre de profiter de ces facilités, le Comité s'associe à la requête présentée par le Bureau International à tous les États signataires de la Convention, de verser en francs suisses leur contribution libellée en francs-or ; et il émet le vœu que les États, à qui il ne conviendrait pas de s'acquitter en cette devise monétaire, veuillent bien, en compensation, porter au triple le montant de leur contribution en francs français » (1).

M. PÉRARD précise qu'il a légèrement modifié le libellé du dernier paragraphe.

Le Comité approuve cette modification.

Sur une demande de M. DEHALU, le Directeur du Bureau indique comment on détermine le montant des contributions en francs français en se basant sur le cours officiel du dollar (49,56 FF).

M. ROŠ demande ce que l'on fera si, dans l'avenir, la devise monétaire française perd encore de son pouvoir

(1) Voir page 113.

d'achat et que le coefficient désirable pour le paiement des cotisations passe par exempté de 3 à 4.

M. PÉRARD répond que dans les indications complémentaires sur le paiement des contributions qui accompagnent le Rapport Annuel, 1^{re} Partie, il est toujours spécifié que les renseignements fournis sont valables *dans les circonstances actuelles* et sont susceptibles de modifications ultérieures.

Le texte de la motion est alors mis aux voix et adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT conseille de ne pas mettre le mot *inconditionnellement*, qui figure dans la motion, dans la correspondance avec les États contractants. Le Comité approuve cette observation.

2° BUDGET POUR L'EXERCICE 1946.

Le projet du budget, présenté par M. le Directeur, est adopté à l'unanimité sous la forme ci-après :

A. <i>Personnel :</i>	Francs-or.
Traitements et indemnités.....	104 000
B. <i>Indemnité du Secrétaire.....</i>	
C. <i>Frais généraux d'Administration :</i>	
Bâtiments.....	15 000
Entretien du mobilier.....	1 000
Frais d'atelier et de laboratoire.....	16 000
Chauffage, éclairage, force motrice.....	6 000
Primes d'assurance.....	2 000
Bibliothèque.....	2 000
Impressions et publications.....	7 000
Frais de bureau et de secrétariat.....	3 000
Déplacements.....	2 000
Frais divers et imprévus.....	1 400
Versement à la Caisse de retraites.....	13 000
Total.....	172 400

3° MESURES EN FAVEUR DES MOBILISÉS.

M. le PRÉSIDENT juge qu'il y a là une question de principe, qui doit être considérée par le Comité international siégeant en séance plénière. Il est d'avis que, présentement, le Comité accorde son approbation *provisoire* aux mesures prises.

M. Roš ne pense pas qu'une désapprobation par le Comité international soit possible ; si le Comité modifie les mesures prises, ce sera plutôt dans le sens d'une extension que d'une restriction. C'est pourquoi il propose de substituer le mot *actuellement* à celui de *provisoirement* suggéré par M. le Président.

Le texte suivant est alors mis aux voix .

« Le Comité déclare approuver actuellement les mesures « décidées en 1938 pour le cas de guerre et confirmées en 1939 « par feu M. le Président Volterra en faveur des mobilisés. »

Il est adopté à l'unanimité.

4° ALLOCATIONS FAMILIALES.

Après une brève intervention de M. COTTON, le projet présenté par M. le Directeur est adopté à l'unanimité, sous la forme ci-après :

« La limite d'âge pour l'attribution des allocations familiales « est portée de 18 ans à 20 ans en faveur des enfants qui pour- « suivent des études postsecondaires non rétribuées ».

5° QUESTION FISCALE.

La motion suivante est adoptée à l'unanimité :

« Au point de vue fiscal, et à titre provisoire, dans le traite- « ment du Directeur, une somme de 1500 francs-or par an doit « être considérée comme représentant le remboursement des frais « de la voiture, qui lui est indispensable pour les déplacements « imposés à sa situation, et pour les transports légers du Bureau ».

6° NOMINATION D'UN ADJOINT.

L'ordre du jour appelle maintenant l'examen de l'avancement qui pourrait être accordé par le Comité à certains membres du personnel scientifique.

M. PÉRARD donne lecture des deux rapports qu'il a établis et qui présentent M. ROMANOWSKI en première ligne et M. TERRIEN en seconde ligne. Il fait l'éloge des deux candidats. Après une longue délibération, où sont soigneusement examinés les titres, les travaux et l'ancienneté de chacun d'eux, il est procédé au scrutin, qui nomme par 5 voix sur 5 suffrages, M. ROMANOWSKI au poste d'Adjoint. La motion suivante est adoptée :

« M. ROMANOWSKI est nommé, à titre provisoire, Adjoint de 3^e classe du Bureau international des Poids et Mesures ».

« Cette nomination, qui prendra date au 1^{er} janvier 1946, ne sera définitive qu'après ratification à obtenir du Comité à sa prochaine session officielle. Jusque-là, M. ROMANOWSKI jouira des traitement et prérogatives attachés à ce poste.

« La nomination ne sera communiquée aux Gouvernements signataires qu'après la ratification ».

M. Nicolas CABRERA est confirmé à titre définitif comme Assistant.

7° SECOURS.

Après intervention de M. Roš, qui est d'avis de donner pouvoir à M. le Directeur, sans condition restrictive d'approbation par M. le Président, le texte suivant est voté à l'unanimité :

« Si l'un des fonctionnaires du Bureau international éprouvait des difficultés graves d'existence, au point que les autres membres de ce personnel croient nécessaire de l'aider pécuniairement, le Directeur du Bureau serait autorisé à apporter à ce fonctionnaire l'aide du Bureau lui-même, pour une somme

« au plus égale à celle qui serait réunie par tout le personnel
« (valable dès maintenant jusqu'à la prochaine réunion du
« Comité). »

8° DATE DE MISE EN VIGUEUR DES NOUVELLES UNITÉS
DE LUMIÈRE ET D'ÉLECTRICITÉ.

M. le PRÉSIDENT observe que six ans se sont écoulés depuis la dernière réunion des Comités consultatifs; il lui paraît convenable de donner à ces Comités l'opportunité de faire connaître à nouveau leur avis sur la question. Quand ces réponses seront parvenues, on les communiquera au Comité international, qui pourra voter par correspondance ou se prononcer en séance plénière.

Il propose, comme date à soumettre à l'approbation, le 1^{er} janvier 1947 pour les unités de lumière et d'électricité.

Il a déjà été entendu que la décision était ajournée en ce qui concerne l'unité de chaleur.

MM. Roš et PÉRARD sont d'accord sur ces propositions, qui sont adoptées. M. le DIRECTEUR sera chargé de la correspondance nécessaire avec les membres des Comités intéressés.

9° ÉLECTIONS ÉVENTUELLES DE MEMBRES DU COMITÉ.

Au cours d'un nouvel échange de vues, diverses suggestions sont émises par les membres présents du Comité et résumées ci-après :

Amérique (E.-U.). — Le nom de M. Crittenden paraît devoir retenir l'attention du Comité. Incidemment, M. Malige, délégué par l'Ambassade des États-Unis, fait connaître que l'approbation de son Gouvernement ne semble pas douteuse si le choix du Comité se portait sur M. Crittenden.

Italie. — Il est convenu que MM. Sears et Pérard prendront des informations complémentaires concernant le savant italien dont il a été question et auront toute compétence pour le proposer éventuellement au choix du Comité.

Hollande. — M. Dehalu prendra divers renseignements concernant une personnalité hollandaise et les communiquera à M. le Directeur.

Espagne. — La question est à envisager pour l'avenir (trois noms ont été prononcés).

10° DATES DES PROCHAINES RÉUNIONS INTERNATIONALES.

M. le PRÉSIDENT suggère d'envisager le début d'octobre 1946 pour la prochaine session du Comité international, qui décidera la date de convocation de la Conférence générale des Poids et Mesures.

Cette proposition est adoptée.

11° QUESTIONS DIVERSES.

M. PÉRARD donne lecture des réponses qu'il a adressées à M. le Ministre des Affaires Étrangères de France comme suite aux lettres figurant au Procès-verbal de la séance du 13 novembre 1945 (Annexe p. 140) et relatives au Conservatoire des Arts et Métiers. Il indique qu'il a eu récemment un entretien à ce sujet avec un représentant de M. le Ministre des Affaires Étrangères afin de savoir si le point de vue du Gouvernement Français est toujours le même. Si la réponse attendue est affirmative, il fera les communications nécessaires aux grands Laboratoires nationaux.

M. DEHALU annonce que le Gouvernement Belge envisage l'adhésion prochaine du Congo Belge à la Convention

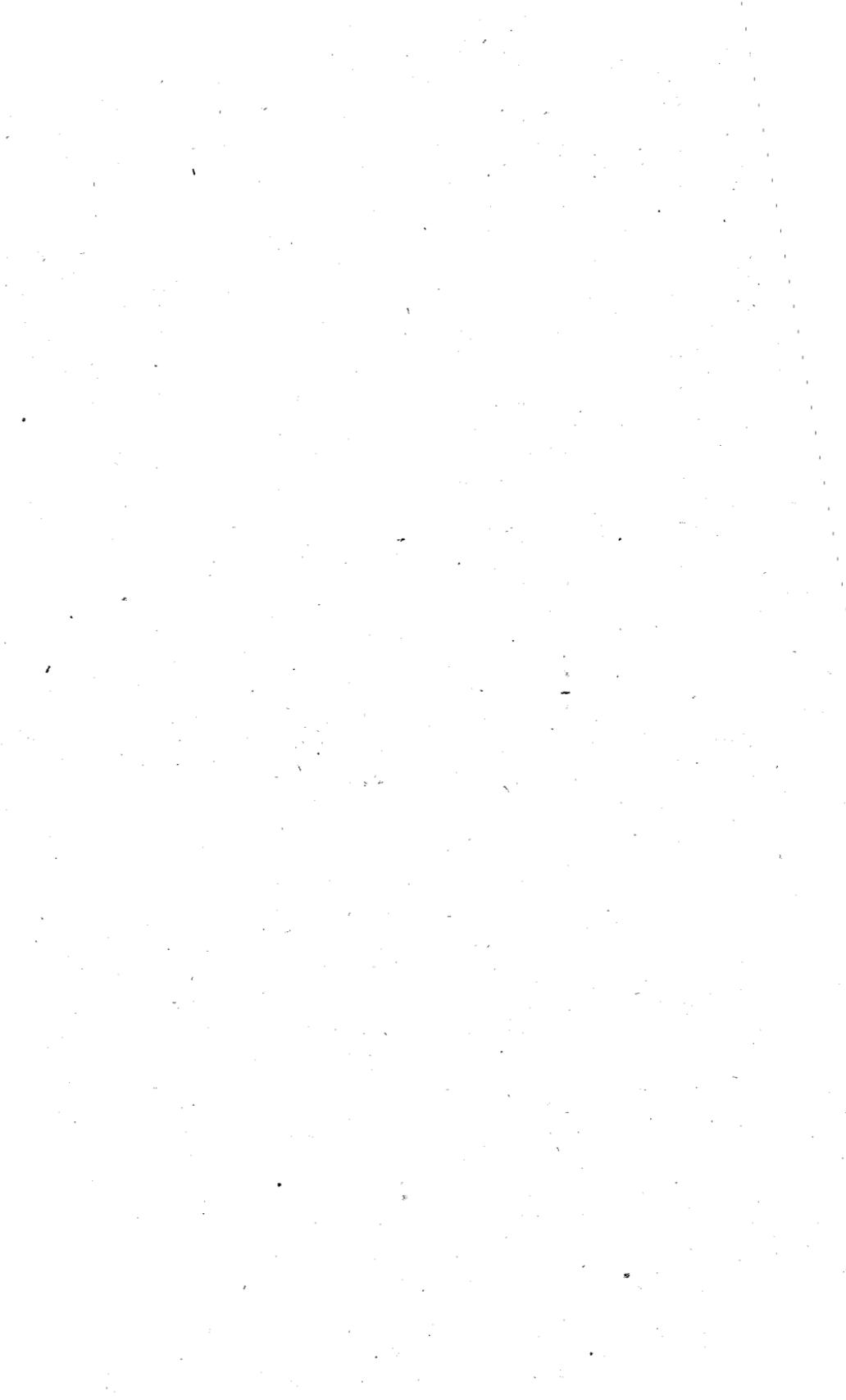
du Mètre, en application de l'article 20 du Règlement annexé à ladite Convention. M. le DIRECTEUR croit savoir que, de son côté, le Gouvernement Français a les mêmes intentions pour certaines colonies françaises.

M. Roš exprime à M. le PRÉSIDENT et à M. le DIRECTEUR les remerciements du Comité pour leur activité et le soin avec lequel la présente réunion a été préparée.

M. COTTON exprime tous les regrets de M. FABRY de n'avoir pu se joindre à ses collègues.

M. le PRÉSIDENT constate avec satisfaction que le Comité a accompli rapidement un travail important. Il remercie tous les présents du concours qu'ils lui ont apporté et déclare la session close.

La séance est levée à 17 heures.



SESSION DE 1946

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Mardi 22 octobre 1946.

Sont présents : MM. de BROGLIE, CASSINIS, CHATELAIN, CRITTENDEN, DEHALU, de HAAS, JOHANSEN, PÉRARD, RAUSZER, ROŠ, SEARS.

La séance est ouverte à 15^h par M. le Directeur du Bureau international. Il souhaite la bienvenue aux membres du Comité, particulièrement aux nouveaux élus : MM. Louis de BROGLIE, CASSINIS, CRITTENDEN, de HAAS, et les remercie d'être venus malgré les difficultés actuelles. Il souligne l'effort considérable fait par le Bureau pendant la guerre. Il envoie un témoignage de sympathie à ceux qui ont souffert des événements et à leurs familles.

M. le DIRECTEUR rappelle que le Comité doit, en premier lieu, élire un Président et un Secrétaire. D'après la conversation qu'il a eue avec quelques-uns des Membres du Comité, il remarque que ceux-ci ne se connaissent pas encore suffisamment pour désigner aussitôt un Président à titre définitif ; et il suggère que l'on élise actuellement un

Président à titre intérimaire, jusqu'à la session suivante, où l'on procédera à la désignation définitive. Cependant, il faut au Comité un élément de continuité; ce serait le Secrétaire que l'on devrait élire à titre définitif. Ainsi en est-il décidé.

Pour le premier poste, il suggère M. SEARS, qui porte un grand nom de la métrologie, et qui, depuis la libération, a rendu d'importants services au Bureau international. Pour les secondes fonctions, il propose M. DEHALU.

Il est procédé au vote par bulletin secret.

M. SEARS est élu Président par intérim jusqu'à la session suivante, par 10 voix contre 1 à M. JOHANSEN.

M. SEARS prend le fauteuil de la présidence. Il remercie ses collègues et promet de faire tous ses efforts pour diriger les travaux au mieux des intérêts de l'institution internationale.

On vote pour l'élection du Secrétaire à titre définitif.

M. DEHALU est élu par 10 voix contre 1 à M. Roš. Il prononce quelques mots de remerciement.

M. le PRÉSIDENT demande une minute de silence pour rendre hommage aux collègues disparus depuis la dernière session : MM. CABRERA, FABRY, ISAACHSEN, KENNELLY, VOLTERRA, ZEEMAN.

M. le DIRECTEUR a communiqué aux membres du Comité le texte du Rapport suivant, dont il se borne à résumer les principaux passages :

RAPPORT
PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR
SUR LA GESTION DU BUREAU
PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE
ENTRE LE 1^{er} SEPTEMBRE 1939 ET LE 31 AOUT 1946.

Depuis la démission de M. Cabrera, au mois d'août 1941, le Comité international des Poids et Mesures n'a plus de Secrétaire. A défaut du rapport qui, suivant la tradition, est présenté par le Secrétaire à chaque session, je crois utile de mentionner brièvement au début de mon exposé, les divers points qui auraient dû normalement être soumis à l'attention du Comité par notre collègue.

Plus de neuf années se sont écoulées depuis la dernière réunion plénière de juin 1937. Pendant cette longue période, les circonstances ont rendu impossible toute réunion internationale. La gestion du Bureau a dû être assurée en fait par le Directeur, avec le concours des quelques membres du Comité avec lesquels les relations pouvaient être maintenues. Certes, notre institution a connu de 1940 à 1944, des jours difficiles; mais son activité a pu être maintenue sans interruption. Malgré les bombardements répétés et tout proches (trois bombes sont tombées dans l'enclos même du Pavillon), elle n'a pas souffert de graves dommages de guerre, et depuis le début de cette année, sa situation financière s'est beaucoup améliorée. En songeant aux ruines innombrables accumulées par le conflit mondial, nous pouvons être heureux de retrouver le Bureau international épargné dans son personnel et dans ses installations matérielles, et en état de continuer son œuvre.

Cependant, la satisfaction que nous éprouvons à reprendre nos travaux est assombrie par bien des regrets; au cours de ces années de séparation, notre Comité a subi des pertes multiples et très douloureuses.

Ce fut d'abord, au mois de juin 1939, le décès du Professeur A. E. Kennelly, membre du Comité depuis 1933, qui avait pris une part importante dans les délibérations relatives à l'adoption internationale des unités électriques absolues et qui était Président de notre Comité consultatif d'Électricité.

Au mois d'octobre 1940, le Président Volterra s'éteignait à Rome, après une longue maladie. Ses travaux de mathématicien lui avaient valu un renom universel. Élu Président du Comité en 1921, la sûreté de son jugement et son impartialité l'avaient aussitôt imposé à l'estime et à la sympathie de tous ses collègues qui l'avaient constamment réélu à chaque renouvellement du bureau. Sa mort est pour notre institution une très grande perte.

Moins d'un an après, c'est notre savant Secrétaire, B. Cabrera qui nous quittait pour aller résider au Mexique, en donnant sa démission de membre du Comité, dont il faisait partie depuis 1928. Et nous avons eu la tristesse d'apprendre ultérieurement son décès, survenu au mois d'août 1945.

Un nouveau deuil nous a frappés au mois d'octobre 1943 en la personne du Professeur Zeeman, physicien illustre, qui assurait par intérim la présidence du Comité depuis la mort de Volterra.

Une lettre reçue de Norvège, en février 1944, nous a encore apporté la nouvelle du décès de D. Isaachsen, qui avait été élu en 1922 et qui avait assumé avec tant de dévouement les fonctions de Secrétaire de 1927 à 1933.

Enfin, au mois de décembre 1945, notre collègue français, Ch. Fabry, membre de l'Académie des Sciences de Paris et Directeur de l'Institut d'Optique, s'est éteint après une cruelle maladie. Vous savez avec quelle compétence il dirigeait notre Comité consultatif de Photométrie.

Donnons un souvenir ému à la mémoire de tous ces amis disparus.

Après l'évocation de ces tristesses, j'ai maintenant le plaisir de souhaiter une cordiale bienvenue aux nouveaux membres du Comité : à M. L. de Broglie (France) élu en remplacement de Ch. Fabry, à M. G. Cassinis (Italie) successeur de V. Volterra, à M. E. C. Crittenden (E. U.) remplaçant de A. E. Kennelly et à M. W. J. de Haas (Pays-Bas) qui succède à P. Zeeman.

Diverses mesures ont été prises pendant les années où le Comité n'a pu se réunir, afin de maintenir l'existence même et l'activité du Bureau. Une session officieuse du Comité a cependant eu lieu au mois de novembre 1945. Les membres présents à cette

réunion ont pris connaissance des dispositions en question et les ont approuvées. Ils ont adopté en outre quelques décisions nouvelles, qui présentaient un caractère d'urgence.

Toutes ces mesures, déjà anciennes ou récentes, doivent maintenant être soumises à la ratification de votre assemblée. Elles concernent notamment l'avancement du personnel, les avances à titre remboursable consenties au Bureau par le Gouvernement Français, les dommages de guerre pris en charge par ce même Gouvernement et la protection du caveau des prototypes contre les effets des bombardements.

Au cours de la présente session, le Comité devra procéder à l'élection du Président et du Secrétaire. Il aura à reconstituer un Comité consultatif d'Électricité, de Photométrie, de Thermométrie et aussi, s'il le juge utile, la Commission administrative permanente.

Dans sa session officieuse de novembre 1945, le Comité a voté le budget des recettes et des dépenses pour l'année 1946, qui est arrêté aux chiffres ci-après :

RECETTES PRÉVUES.

	francs-or.
Contributions des États.....	166 400
Intérêts des titres et des fonds :	
Compte I.....	3 600
Compte II.....	500
Deux tiers des taxes de vérification.....	1 900
	<hr/>
Total.....	172400
	<hr/> <hr/>

DÉPENSES PRÉVUES.

A. Personnel :

Directeur.....	}	104 000
Adjoints (indemnité de logement comprise)...		
Assistants, Archiviste-comptable, Calculateurs, Dactylographes, Mécaniciens, Garçons de bureau et de laboratoire.....		
Indemnités pour charges de famille.....		

B. Indemnité du Secrétaire.....

A reporter.....

 104 000

	francs-or
<i>Report</i>	104 000
<i>C. Frais généraux d'Administration :</i>	
Bâtiments, travaux urgents de réparation.....	15 000
Entretien du mobilier.....	1 000
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	16 000
Chauffage, éclairage et force motrice.....	6 000
Primes d'assurances.....	2 000
Bibliothèque.....	2 000
Impressions et publications.....	7 000
Frais de bureau et de secrétariat.....	3 000
Déplacements.....	2 000
Frais divers et imprévus.....	1 400
Versement à la Caisse des retraites pour reconstitution de la réservé.....	13 000
Total	<u>172 400</u>

La seconde Partie du Rapport Financier 1945-1946, que vous avez entre les mains, présente de façon complète les résultats de l'exercice 1945 et la situation à la date du 31 décembre 1945. Le tableau ci-dessous, qui donne l'actif du Bureau au 1^{er} janvier de chacune des années 1939 à 1946 inclus, permet de porter une appréciation sur la situation financière.

TABLEAU I.
Actifs du Bureau.

	Fonds		Caisse de retraites (fr.-or).	Total (fr.-or).
	disponibles (fr.-or).	de réserve (fr.-or).		
Au 1 ^{er} janvier 1939....	195 928,07	56 728,73	26 278,46	278 935,26
» 1940....	183 540,01	56 728,73	28 659,13	268 927,87
» 1941....	165 327,38	56 728,73	30 551,65	252 607,76
» 1942....	144 978,51	56 642,44	36 720,53	238 341,48
» 1943....	210 288,12	56 332,19	41 884,71	308 505,02
» 1944....	155 708,97	56 332,19	48 006,88	260 048,04
» 1945....	102 631,73	56 332,19	53 168,76	212 132,68
» 1946....	207 128,65	36 441,72	56 140,79	299 711,16

Il faut observer que, dans l'évaluation de l'actif au 1^{er} janvier 1946, les titres appartenant aux Fonds Disponibles ou aux Fonds de Réserve ont été estimés d'après les cours de la Bourse du 31 décembre 1945, alors que, précédemment, ils figuraient au bilan pour la valeur d'achat, ce qui se traduit par une diminution de 72'345,86 francs-or sur la valeur totale du portefeuille Titres. Compte tenu de cette remarque, l'examen des chiffres ci-dessus montre que la situation financière actuelle est relativement satisfaisante, malgré les dépenses immédiates actuellement nécessaires.

Cependant, nous devons signaler à votre attention que l'entretien des bâtiments a dû, par raison d'économie, être réduit au minimum indispensable, depuis 1939. On peut maintenant envisager un programme de travaux assez importants sur ce chapitre du budget, pendant plusieurs années. D'autre part, la rénovation du matériel scientifique des laboratoires et le remplacement d'une partie de l'outillage de l'atelier de mécanique entraîneront aussi des dépenses considérables mais absolument nécessaires. Pour ces motifs, nous sommes conduits non seulement à maintenir la dotation annuelle du Bureau International à la somme de 150 000 francs-or, mais encore à prévoir qu'une augmentation de cette dotation pourra être nécessaire pour maintenir le Bureau à la hauteur de sa tâche. Les charges auxquelles a dû faire face la Caisse de retraites n'ont pas varié sensiblement : la pension de notre ancien archiviste-comptable, L. Reverchon, a cessé d'être versée à la mort du titulaire, en décembre 1940, mais, par ailleurs, M. Gillon, gardien du Bureau, a été mis à la retraite au mois d'avril 1943. Cependant, le décès de M. Roux va entraîner maintenant l'attribution d'une pension à sa veuve et à ses deux enfants, d'où une augmentation annuelle de dépenses de l'ordre de 1200 francs-or.

Les versements des États ont marqué des fluctuations sensibles de 1940 à 1945. Dans l'ensemble, ils ont été bien inférieurs aux prévisions budgétaires, et le montant total des contributions arriérées dues au Bureau est passé de 19 786 francs-or au 31 décembre 1938 à 400 908 francs-or au 31 décembre 1945. Cette situation anormale ne présente pourtant aucun caractère alarmant : elle est la conséquence directe des événements dont nous venons d'être témoins. Les résultats des premiers mois de l'exercice 1946 montrent que plusieurs des États, qui avaient momentanément cessé de verser le montant de leurs cotisations

TABLEAU II.

Tableau des versements des États (francs-or).

Années.	Versements au titre de l'exercice en cours.	Versements au titre des exercices antérieurs.	Versements par anticipation.	Total des versements.	Provisions budgétaires.	Montant des contributions arriérées dues en fin d'exercice.
1938. ...						19 786
1939....	107 775	4 973	—	112 748	166 400	73 439
1940....	77 182	6 021	—	83 203	166 400	156 636
1941....	25 467	47 361	—	72 828	166 400	250 208
1942....	62 101	56 244	—	118 345	166 400	298 263
1943....	54 074	9 064	—	63 138	166 400	401 525
1944....	35 983	32 339	—	68 322	166 400	499 603
1945....	84 379	158 216	22 500	265 095	166 400	400 908

reprennent maintenant leurs versements réguliers. Nous pouvons légitimement espérer que l'expérience déjà faite après la première guerre mondiale se répétera, et qu'en quelques années le total des contributions arriérées sera ramené à un chiffre négligeable (1). Cependant, pour arriver à ce résultat, nous ne devons pas nous borner à attendre passivement le paiement des cotisations des exercices antérieurs. A cet égard, il semble qu'il y ait lieu d'établir une discrimination entre les États, en tenant compte des circonstances de fait :

1° un premier groupe d'États débiteurs est formé de pays qui n'ont pas souffert directement de la guerre et paraissent en situation de verser dès maintenant les contributions laissées en suspens. Il sera normal de poursuivre le recouvrement de ces arriérés;

2° une seconde catégorie est constituée par des pays longtemps occupés par une puissance étrangère et qui ont subi de très

(1) Rappelons à ce sujet que l'entretien du Bureau international est pour les États contractants une charge extrêmement légère : environ 23 centimes-or par an et par millier d'habitants.

graves dommages. Plusieurs ont déjà demandé l'exonération ou au moins une réduction de leur dette vis-à-vis du Bureau international. Il semble que notre institution soit fondée à demander d'abord la reprise des paiements réguliers, à partir de l'exercice 1945 inclus, la question des cotisations 1940 à 1944 étant momentanément réservée;

3^o le dernier groupe comprend des Etats qui n'ont plus actuellement de gouvernement autonome. Il paraît difficile, pour le moment, de faire autre chose que rappeler régulièrement la créance du Bureau international, à l'occasion de l'envoi de la Première Partie du Rapport annuel.

J'aborde, maintenant, ce qui constitue habituellement le rapport du Directeur.

I. — PERSONNEL.

Un de nos assistants, M. N. Cabrera, qui avait été engagé à titre temporaire et qui était en surnombre, a été titularisé dans sa fonction, à la suite de la promotion de M. Romanowski au rang d'adjoint. Je rappelle que, dans l'intervalle, M. Cabrera a soutenu avec succès une thèse de doctorat ès sciences physiques, me réservant de revenir ultérieurement sur ses travaux scientifiques. M. Chemidlin, calculateur de 2^e classe, qui avait quitté le Bureau au mois d'octobre 1938 pour accomplir son service militaire, et qui avait été maintenu sous les drapeaux en 1939, puis fait prisonnier en 1940, et libéré en 1941, n'a pas repris ses fonctions. Pour le remplacer, nous avons engagé, comme calculateur stagiaire, M. Georges Girard, au mois d'octobre 1945. Le travail et le dévouement de ce jeune collaborateur nous donnent toute satisfaction.

Le plus ancien gardien du Bureau, M. J. Leveugle, atteint par la limite d'âge, a pris sa retraite au mois d'octobre 1939. Son successeur, M. Diaz, nous a rendu dans son modeste emploi les plus précieux services, au cours de la période difficile de ces dernières années; par son zèle et sa manière de servir, il ne mérite que des éloges.

Le second gardien, M. Gillon, dont l'état de santé laissait à désirer, a dû, après un congé de maladie, faire valoir prématurément ses droits à la retraite le 31 mars 1943. Il a été remplacé, d'abord à titre temporaire par M. G. Toutant du 1^{er} juillet 1943

au 17 novembre 1945, puis à partir du 1^{er} janvier 1946 par M. Souriman. Toutefois, en raison de son âge (53 ans), ce dernier n'a pas été affilié à la Caisse de retraites du Bureau; il est inscrit aux Assurances sociales, selon la loi française. J'ajoute que M. Souriman s'est mis rapidement et avec intelligence au courant des multiples détails de ses fonctions; il a été spécialement chargé du petit atelier de menuiserie. Ses aptitudes techniques paraissent devoir compléter très heureusement celles de M. Diaz.

Au mois de juillet dernier, le personnel du Bureau a appris avec une profonde tristesse la mort de M. Michel Roux, dont l'état de santé causait depuis quelque temps des inquiétudes. M. Roux, ingénieur diplômé de l'École Supérieure des Mines de Paris, était entré au Bureau comme assistant de 3^e classe en 1933. Doué d'une vive intelligence, d'esprit ouvert et curieux de toutes les nouveautés scientifiques, ce qui l'entraînait parfois à un peu de dispersion dans ses efforts, il s'était particulièrement attaché, depuis un an, à la recherche d'une plus grande précision des pointés dans la détermination des longueurs à traits, et ses travaux dans cette voie avaient déjà abouti à des résultats remarquables. On verra ci-dessous, dans l'exposé des travaux, la multiplicité des questions auxquelles il s'était appliqué. C'est avec une véritable consternation que nous avons connu sa fin.

L'avancement du personnel scientifique, régi par le statut adopté par le Comité dans sa session de 1935, avait été suspendu, en raison de l'état de guerre, à partir du mois de septembre 1939. Mais avec la longue durée des hostilités, la nécessité de ne pas retarder indéfiniment des promotions méritées s'imposa à la fois par mesure d'équité envers les fonctionnaires du Bureau et dans le souci d'assurer la bonne marche de notre institution. Des avancements furent ainsi prononcés, toujours en accord avec le membre du Comité faisant fonction de Président, mais sous réserve de l'approbation ultérieure du Comité, notamment au mois de novembre 1942 et au mois de novembre 1945. Je crois utile de donner ci-après la liste de ces promotions, qui sont maintenant soumises à votre ratification :

M. **VOLET**, nommé adjoint de 1^{re} classe à compter du 1^{er} octobre 1942.

M. **BONHOURE**, promu adjoint de 2^{me} classe à partir du 1^{er} avril 1945.

- M. ROMANOWSKI, nommé chef de travaux avec effet du 1^{er} juillet 1943, puis adjoint de 3^{me} classe à compter du 1^{er} janvier 1946.
- M. TERRIEN, promu assistant de 2^{me} classe avec ancienneté du 1^{er} janvier 1941 et devenu assistant chef de travaux le 1^{er} juin 1946.
- M. ROUX, nommé assistant de 2^{me} classe avec ancienneté du 1^{er} avril 1942.
- M. CABRERA, devenu assistant de 3^{me} classe avec ancienneté du 1^{er} juillet 1941, et promu à la 2^{me} classe à partir du 1^{er} décembre 1945.
- M. MOREAU, nommé assistant de 3^{me} classe, avec ancienneté du 1^{er} janvier 1942.
- M. LECLERC, successivement nommé calculateur stagiaire de 2^{me} classe le 1^{er} août 1938, calculateur stagiaire de 1^{re} classe le 1^{er} juin 1940, calculateur de 3^{me} classe le 1^{er} novembre 1943 et calculateur de 2^{me} classe le 1^{er} mai 1945.
- M. HAMON, promu calculateur stagiaire de 2^{me} classe le 1^{er} avril 1940, calculateur stagiaire de 1^{re} classe le 1^{er} juillet 1942 (avec ancienneté du 1^{er} mars 1942), et calculateur de 3^{me} classe à compter du 1^{er} septembre 1944.

II. — BATIMENTS

Quelques mesures de sécurité furent prises dès les premiers mois de la guerre, tant pour la protection du personnel du Bureau que pour celle du matériel scientifique. Elles consistaient principalement dans l'aménagement et le renforcement d'un abri en sous-sol pour le personnel et la construction d'une sorte de tablier destiné à former couche d'éclatement au-dessus de l'entrée de l'ancien Observatoire. Mais, après le bombardement du 3 mars 1942, force fut de reconnaître que la protection du caveau des prototypes était insuffisante. Un projet de coffrage épais en béton armé fut alors étudié par un spécialiste de la défense passive et par notre architecte M. Louvet; il fut mis à exécution en décembre 1942 et janvier 1943. Les travaux ont été

limités au renforcement de la protection, les surfaces de béton sont restées brutes. Les frais se sont élevés à environ 7500 francs-or. Le Comité aura maintenant à décider s'il y a lieu ou non de conserver cet ouvrage; sa démolition serait sans doute assez longue, coûteuse et elle occasionnerait une poussière dont il serait difficile de protéger les instruments; en outre le transport des prototypes et leur garde en un autre lieu ne seraient pas sans risques. Dans le cas du maintien du blindage, il faudrait envisager l'égrenage et la peinture des surfaces brutes, ou un revêtement en carreaux de céramique semblable à celui qui existait auparavant dans le caveau.

Afin de rendre plus difficile l'accès au caveau, dans l'hypothèse d'une tentative de vol, une porte de fer supplémentaire à serrure de sûreté a été installée au bas de l'escalier conduisant aux deux caveaux.

La chaudière du chauffage central du Petit Pavillon, qui était hors d'usage après 20 ans de service, a dû être remplacée. La cheminée de ce chauffage a été reconstruite à neuf.

L'installation nouvelle pour l'étuvage des fils, transférée de l'Observatoire au sous-sol du Petit Pavillon, a nécessité quelques travaux d'aménagement de ce dernier local : consolidation du plancher supérieur, réfection des surfaces craquelées, porte et fenêtre, éclairage, amenées d'eau et de gaz.

Au cours des hivers 1942-1943 et 1945-1946, des chutes de neige d'une abondance et d'une durée exceptionnelles ont causé des dommages à nos toitures : de longues portions de gouttières ont été retournées et mises hors d'usage par le poids de la couche de neige gelée. Les dégâts les plus récents ont été de beaucoup les plus importants; la remise en état est actuellement en cours d'exécution et se traduira par une dépense d'environ 3500 francs-or.

L'entretien des bâtiments a, pour des raisons majeures, été réduit, pendant sept années, à l'indispensable. Il est maintenant nécessaire d'envisager un programme de travaux échelonnés sur trois ou quatre exercices et auquel devrait correspondre une augmentation d'environ 5000 francs-or du crédit annuel porté au budget au chapitre : Entretien des bâtiments. Sauf imprévu, ce plan porterait sur les points suivants :

Observatoire. — Réfection des deux entrées et du couloir principal, réfection des salles 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14.

Grand Pavillon. — Couloir des bureaux au rez-de-chaussée et grande salle : protection contre l'humidité du mur de façade Ouest. Réfection des bureaux du 2^e étage et de quelques pièces de l'appartement du Directeur.

Petit Pavillon. — Réfection du logement du gardien, de deux ou trois pièces de l'appartement de l'adjoint, et d'un petit local attenant à l'atelier des mécaniciens. Ravalement de la façade Ouest de ce pavillon.

Dommages de guerre. — La réparation de ces dommages a été prise en charge par le Gouvernement Français, propriétaire des bâtiments du Pavillon de Breteuil, qui a versé au Bureau international à titre d'indemnisation une somme de 17785 francs-or. Tous les gros travaux de remise en état ont été effectués en 1942 et 1943. Il reste disponible un reliquat de 2171 francs-or, pour l'exécution de quelques réparations (toiture du garage, raccords de peinture) retardées jusqu'ici en raison des difficultés d'approvisionnement de matériaux de qualité satisfaisante.

III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

Le rajeunissement des instruments et de tout l'outillage du Bureau international, entrepris déjà quelques années avant la guerre, s'est trouvé sinon arrêté, du moins considérablement ralenti tant par l'amenuisement des ressources pécuniaires du Bureau que par l'absence plus ou moins complète des matériaux et par les restrictions, puis, la suppression des sources d'énergie. A ces causes est venue s'ajouter, en 1940, et à partir de mars 1942, l'obligation de maintenir à l'abri des bombardements les instruments les plus précieux.

Sauf le Mètre international et le Kilogramme international, tous les prototypes, y compris deux des Mètres nationaux qui étaient restés chez nous, ont été évacués soigneusement emballés dans des caisses, les 24 et 25 mai 1940, partie sur Saint-Brieuc, partie sur La Roche-sur-Yon, dans des chambres fortes des succursales de la Banque de France. Ils sont revenus de Saint-Brieuc le 25 août et de La Roche-sur-Yon le 26 septembre 1940. Dès septembre 1939, les instruments les plus délicats avaient été démontés et tous leurs organes transportables enfermés dans un local, préalablement aménagé à cet effet, au

Prototypes.

fond de l'une des carrières souterraines de Sèvres, qui bordent la Seine en amont du pont de Sèvres. Cependant, l'humidité saturante de ce local, en même temps que la tranquillité relative en fin 1940, et le besoin de reprendre au mieux le travail interrompu, ont conduit à rapporter ces instruments.

C'est dans ces conditions que nous avons été surpris par le bombardement du 3 mars 1942. J'ai dit plus haut que si les bâtiments en avaient sévèrement souffert, du moins les instruments ont-ils été fort peu atteints. La menace de bombardements ultérieurs subsistant, on a transféré dans les profondes caves de la Banque de France à Paris sous une épaisseur de 28 mètres de terre vierge, la plupart des prototypes.

Les secousses seules, provoquées par les éclatements de bombes rapprochés, pouvaient être préjudiciables aux étalons de masse, par les frottements brusques qu'elles risquaient de provoquer sur leur support. Aussi, pour le Kilogramme international, a-t-on exécuté, à l'atelier du Bureau, un dispositif de suspension à ressorts inspiré des supports de microphone de la radio. Le Kilogramme international est resté ainsi suspendu du 23 juin 1942 au 13 juillet 1945.

*Longueurs
à traits.*

Les essais qui ont précédé l'exécution des nouveaux tracés sur certains de nos prototypes avaient démontré la nécessité d'un ébarbage consécutif au tracé qui, sur un métal tel que le platine iridié, aurait laissé subsister un copeau ou un bourrelet essentiellement néfaste à la netteté du trait. Au moment même des tracés, comme au cours des importantes comparaisons qui ont suivi, on s'est rendu compte de l'inconvénient que comportait par contre l'ébarbage, en arrondissant l'angle vif qui, avant son intervention, marquait le bord extrême du trait. Cet arrondi donne naissance, sur les deux bords du tracé, à une pénombre d'autant plus large que les rayons pénétrant dans l'objectif du microscope affectent des inclinaisons plus variables et plus grandes. Nous n'avions pas été sans remarquer déjà le beau contraste des tracés exécutés sur l'acier trempé et sur certains alliages de texture assez friable pour que la matière enlevée par le tracelet tombât en poudre au lieu de former bourrelets et copeaux. M. Roux a proposé d'essayer le chrome comme métal des mouches. Ce métal, que l'on obtient maintenant à l'état pur électrolytique, aurait d'autres avantages pour la constitution de prototypes de deuxième ordre, et peut-être même de premier

ordre. Les expériences sont en cours, et seront suivies d'essais sur l'emploi du chrome comme matériau constitutif des étalons tout entiers.

Les tentatives pour agrandir l'ouverture numérique des objectifs des microscopes micrométriques s'étaient toujours heurtées à l'importance de la distance frontale que l'on croyait nécessaire, tant à cause de la forme des prototypes de la plupart des règles, que pour faciliter le mouvement d'échange. M. Roux, en faisant des essais sur le degré de précision que pourraient procurer de grandes ouvertures numériques, a imaginé de nouvelles formes de prototypes, avec de nouvelles méthodes de substitution place pour place. Il a aussi proposé de majorer la précision par l'utilisation de la double image fournie par un prisme de Kösters. Ces idées de M. Roux ne seront pas abandonnées; nous allons en poursuivre les expériences.

Après l'importante transformation décrite au rapport précédent, on a seulement fait un essai sur l'un des microscopes du Comparateur Brunner, en vue d'éliminer la lumière parasite. Dans ce but, les surfaces de l'un des objectifs ont été traitées selon les procédés nouveaux, qui suppriment les réflexions gênantes. L'expérience n'a pas montré une amélioration sensible des images.

*Comparateur
Brunner.*

M. Roux a déterminé très exactement le chromatisme des objectifs de ce comparateur, leur astigmatisme et leurs éléments cardinaux. Et, d'autre part, une étude complète des erreurs progressives et périodiques des micromètres, ainsi que de la distorsion des images réticulaires a été faite par M. Volet. Les résultats obtenus ont démontré l'excellence de ces instruments et confirmé que l'on pouvait ne pas tenir compte des erreurs des micromètres dans les opérations ordinaires auxquelles ce comparateur est destiné.

Au cours de l'étalonnage du prototype T_4 , exécuté au petit Comparateur à déplacement longitudinal, M. Moreau a constaté, dans le mouvement, un dérèglement sensible de la mise au point de la règle, principalement lors de l'étalonnage des décimètres et de la division en deux parties. Une partie de ce dérèglement provient de la règle elle-même, dont la surface tracée présente des dénivellations non négligeables. Afin de s'assurer que les imperfections du banc du comparateur n'augmentaient pas exagérément ce dérèglement, l'étude de la rectitude des glissières

*Petit
Comparateur
à étalonnage.*

du banc, dans le plan vertical, a été entreprise en collaboration avec M. Terrien. Cette étude a été faite par deux méthodes : autocollimation et double prisme de Kösters. Les résultats obtenus par les deux méthodes sont en bon accord, et conduisent à des valeurs de dénivellation atteignant au maximum 10^{μ} par rapport à une droite moyenne. L'ordre de grandeur de ces imperfections n'a pas paru justifier une retouche des glissières; un dispositif de mise au point agissant sur la règle et manœuvrable facilement en cours de série est à l'étude. Quant à l'assise du comparateur sur 4 vis calantes, qui le rendait quelque peu déformable, on pense remédier à ce défaut en faisant reposer deux des vis calantes sur un palonnier.

C'est à ce comparateur que M. Roux a fait des tentatives, couronnées de succès, pour augmenter la précision des pointés par l'accroissement de l'ouverture numérique (de 0,15 à 0,5) et du grossissement (de 45 à 350), l'erreur absolue moyenne passe de $0^{\mu},14$ à $0^{\mu},044$. Un certain défaut de stabilité dans les microscopes se manifeste alors; il a été conjuré par M. Roux, au moyen de fortes entretoises.

*Base
géodésique.*

L'alignement des microscopes de la base géodésique a été contrôlé à plusieurs reprises par la méthode du fil tendu (M. Bonheure) et par celle du double prisme de Kösters (M. Roux). La concordance des deux méthodes est de 2 à 3 dixièmes de millimètre; celle qui utilise le double prisme est la plus précise, mais aussi la moins rapide. On a toujours trouvé des écarts d'alignement peu importants, qui conduisent à des corrections tout à fait négligeables sur la longueur totale de la base.

La modification de cette base, qui avait été envisagée en 1939, et en vue de laquelle la Société Genevoise d'Instruments de Physique nous avait soumis un premier projet, n'a pu être réalisée pendant la période de guerre. Ils'agissait de munir notre base primaire de microscopes et de repères amovibles dont la distance serait déterminée avec la seule règle de 4 mètres. Les fils à étudier seraient eux-mêmes comparés directement à la distance de ces repères. On éliminerait ainsi l'usage des fils à traits fins et des 12 fils à traits normaux qui servent d'intermédiaires pour relier la base à repères actuelle à la base à microscopes. Les mesures gagneraient ainsi en rapidité et en sécurité. La question a été reprise dans son ensemble au cours

de ces derniers mois, et nous venons de recevoir une nouvelle proposition de la Société Genevoise.

Notre machine à diviser continue à être utilisée fréquemment pour l'exécution de toutes sortes de graduations, même circulaires, nécessitées par nos recherches. M. Volet a fait une étude de l'erreur périodique de la vis mère de cette machine. Elle atteint une amplitude de 1 à 2 microns et n'est pas rigoureusement périodique. Ainsi que nous l'avons déjà observé dans d'autres instruments, cette erreur se modifie progressivement le long de la vis. Au moyen de la machine à diviser, M. Volet a retracé notre règle en invar N₁, qui est employée dans la mesure des règles géodésiques de 4 mètres et dont l'ancien tracé, ainsi que l'ajustage ne donnaient pas satisfaction.

*Machine
à diviser.*

Signalons, à l'occasion des polis qu'exigent les tracés, qu'à notre atelier l'installation de polissage a été complétée; et nous pouvons maintenant polir des plages de 30^{cm} de longueur, ainsi que des disques.

Dans le but de faciliter en interférométrie les réglages du parallélisme des étalons optiques par la méthode des images multiples et l'observation des franges de superposition, M. Cabrera a fait construire (1941), par les Établissements Secrétan, une lunette présentant les caractéristiques suivantes : limite de séparation 1", grossissement 100, oculaire micrométrique. Cette lunette a d'ailleurs été utilisée dans d'autres travaux.

*Petite lunette
astronomique.*

En vue d'obtenir rapidement des miroirs semi-transparents, pour les interféromètres du Bureau international, MM. Terrien et Cabrera ont construit (1942 à 1943) à la salle 11 une installation permettant la réalisation de couches minces par évaporation dans le vide. Une première installation a été en partie détruite lors du bombardement du 3 mars 1942. L'installation définitive comporte les éléments suivants : une pompe à palettes (pompe Cenco, déjà existante, ou pompe de la Compagnie Générale de Radiologie commandée dernièrement), une pompe à vapeur de mercure (déjà existante), et une pompe à vapeur de phtalate de butyle (vitesse de pompage 10 l/s, vide limite voisin de 10⁻⁵ millimètre de mercure, commandée à la Maison Amate). Pour mesurer la pression, on dispose d'une jauge McLeod dans le domaine de pression de 10⁻² à 10⁻⁶ mm Hg, construite par Amate, et d'un manomètre de Knudsen dans le domaine 10⁻⁴ à 10⁻⁶ mm, cons-

*Métallisation
des miroirs.*

truit à l'atelier du Bureau, sur les plans de MM. Terrien et Cabrera. Le nettoyage chimique des miroirs à métalliser a exigé l'emploi d'une eau distillée très pure; elle est obtenue avec un appareil Soxhlet en verre Pyrex installé dans la nouvelle salle de chimie; l'ancienne Chimie (salle 13) a d'ailleurs reçu, à cette occasion, divers aménagements. Le dispositif d'évaporation du métal comprend un filament chauffant en tungstène ou en tantale, alimenté par deux transformateurs de 6 V en série, donnant un courant de 15 A. Pour mesurer les facteurs de réflexion et de transmission des miroirs obtenus, on utilise le photomètre à cellule construit par M. Terrien, auquel on a adjoint un galvanomètre AOIP de période 2 secondes. Une description plus détaillée de cette installation, à laquelle M. Terrien a collaboré pour une partie, est donnée dans une note que je propose de publier en annexe des Procès-Verbaux.

Cette installation a servi pour renouveler des métallisations des miroirs de l'interféromètre industriel et de l'interféromètre Michelson. Ceux-ci ont été pourvus (1944) d'aluminures stabilisées avec des facteurs optiques tels que les intensités des faisceaux interférents sont pratiquement égales, donnant ainsi le maximum de visibilité des franges d'interférence.

*Inter-
ferométrie.*

L'achèvement des étalons en invar chromé, destinés à la détermination absolue des longueurs d'onde lumineuses, a naturellement été laissé de côté pendant toute la guerre, par la maison anglaise qui en avait été chargée. Tout récemment cependant, les deux plus petits étalons de 250^{mm} ont pu être livrés, mais avec l'aveu que leur réalisation ne donnait pas complète satisfaction, et en particulier ne répondait pas pleinement aux conditions de perfection fixées à la commande. Malgré leur déféctuosité, j'aurais cependant été tenté, à titre d'expérience, de faire leur détermination, si à ce moment-là je n'avais dû constater que les deux plans, également en invar chromé, établis en 1937-1938, par la maison Hilger, avec une remarquable perfection, ne s'étaient eux-mêmes déformés au point de ne plus permettre une adhérence suffisante contre la surface des étalons. D'autre part, les plans en invar chromé, dont je parlais à mon précédent rapport, n'ont pas répondu à l'espoir de meilleure stabilité qu'on avait fondé sur eux. Outre une déformation générale dans le sens de la concavité, il s'y était produit comme une granulation mamelonnée sur toute l'étendue de la surface polie.

Des essais sont en cours sur des plans d'acier-nickel à 42 pour 100 chromés, portés à différentes températures de recuit.

Pour nos deux installations à lumière monochromatique, quatre fentes à ouverture micrométrique et à axe fixe ont été construites à notre atelier, d'après mes indications et sur les plans de M. Roux. Leur principe réside dans l'utilisation d'une vis à tête graduée comportant deux filetages de sens inverse.

A la demande d'une physicienne préparant une thèse, et avec sa collaboration, M. Cabrera a entrepris (1946) la mesure des coefficients de dilatation, entre 0° et 100° C, des cristaux de NO_3Na . A cette occasion, l'appareil Fizeau a été remis en service, sans qu'on y ait fait de modifications importantes.

*Appareil
Fizeau.*

L'excellente stabilité du Kilogramme en acier inoxydable « Uranus 10 », que nous possédons depuis une quinzaine d'années, m'a engagé à faire établir par l'atelier du Bureau, avec cet alliage, une série de poids de précision de 1 à 10^{ks}. Le projet en a été précisé par M. Cabrera; le polissage et l'ajustage ont été effectués avec succès par notre mécanicien M. Hanocq, sous la direction de M. Bonhoure. Ces pièces, qui affectent la forme d'une assiette creuse, s'emboîtent les unes dans les autres et se centrent ainsi très facilement. Le Bureau ne possédait jusqu'alors, au-dessus du kilogramme, qu'une série de poids en bronze de qualité médiocre.

Masses.

Instruments nouveaux. — Le pont double, datant de 1931, a été remplacé par un appareil nouveau, construit également par l'Association des Ouvriers en Instruments de Précision (A.O.I.P.). Cet appareil permet de réaliser non seulement le rapport 1/1, mais également les rapports 1/10 et 10/1. Il comporte 4 bobines de 1000 ohms (récupérées sur le pont précédent), et 4 bobines de 100 ohms. Les combinaisons appropriées sont réalisées au moyen des barrettes extérieures et des bornes disposées sur la platine de l'appareil. De plus, le pont comporte des résistances de 10 et 1 ohms en série avec les bobines de 1000 et 100 ohms; qui interviennent lors des équilibrages secondaires destinés à l'élimination des résistances additionnelles des ohms comparés.

*Instruments
électriques.*

Un pas de plus a été fait dans le domaine des multiples de l'unité: la construction confiée à l'A.O.I.P., d'un instrument de passage de 10 à 100 ohms. Le nouvel appareil est conçu sur

le même principe que celui de 10 fois 1 ohm : la résistance totale est subdivisée en sections égales entre elles et séparées par des bornes de potentiel. Chaque borne de potentiel est flanquée de deux bornes servant à l'adduction du courant, ce qui permet l'addition des résistances sans introduire des résistances parasites. Les résistances sont en manganine; le fil est bobiné sur des supports spéciaux en « Isolantite »: Après bobinage, les résistances ont été recuites à 500° et placées dans une enceinte hermétique remplie d'huile. Cette enceinte peut recevoir des thermomètres grâce aux tubes en cuivre placés le plus près possible des sections elles-mêmes. Le remplissage de l'instrument a été effectué au Bureau avec de l'huile spécialement choisie. Deux des sections se sont montrées instables, probablement par suite de l'utilisation d'un vernis à la bakélite non absolument neutre; elles ont été remplacées par la suite et donnent maintenant toute satisfaction. On peut signaler que les bobines de 10 ohms du pont double ci-dessus ont été choisies dans le lot de celles qui ont été fabriquées pour l'instrument de passage. Celles de 1 ohm sont de même type.

Il a été également construit, à l'atelier du Bureau international, en utilisant ces types de bobines, deux appareils qu'on peut appeler « étalons de variations » (10 ohms). Ces appareils possèdent des contacts amalgamés (pour l'adduction du courant) d'une forme géométrique bien définie et reproductibles avec fidélité. Ils sont destinés à produire grâce à une mise en court-circuit spéciale, une variation de la résistance d'un circuit, variation mesurable en fonction de la valeur d'un étalon à bornes de potentiel. En dehors des étalonnages des boîtes de résistance à manettes ou à fiches, on peut prévoir pour ces instruments des applications diverses, en particulier pour les ponts du type Maxwell-Wien, destinés à la comparaison des inductances (voir plus bas).

Le pont potentiomètre a été doté d'une cuve destinée à recevoir les étalons à comparer. Cette cuve en verre, calorifugée avec du liège, est munie d'un plancher en ébonite. L'huile est agitée par une hélice horizontale placée dans un orifice découpé dans ce plancher. La cuve possède un chauffage électrique qui pourra être facilement adapté aux besoins des expériences futures.

Dans cette même rubrique, il faut signaler l'installation d'un pont de Wheatstone dont le Bureau possédait des éléments constitutifs, et qui a été mis à poste fixe à la salle 16. Cet appa-

reil a été muni d'un galvanomètre du type Assopréci (A. O. I. P.), amélioré par le constructeur dans toute la mesure du possible. Sa sensibilité est actuellement de l'ordre de 10^{-9} A par millimètre de déviation sur une échelle à 1^m du miroir. Le pont de Wheatstone se présente ainsi comme un appareil adapté à un grand nombre de mesures de moyenne précision. Il a servi à des travaux très divers, tels que : étalonnage des boîtes de résistance, étalonnages des réducteurs de tension de la photométrie, mesure des rhéostats courants, etc.

Notre principale cuve thermostat a été entièrement révisée et ses éléments chauffants ont été reconstruits et améliorés. Soigneusement étudiée et munie d'un bon wattmètre (de la Compagnie des Compteurs de Montrouge), elle permet de réaliser des températures d'une stabilité remarquable. Grâce à l'emploi de cet appareil, les comparaisons des résistances ont pu être effectuées à 20^0 , même lorsque la température ambiante était inférieure à 15^0 C. Cette cuve a également servi à des mesures des coefficients de température des étalons de résistance ou de force électromotrice et à la détermination des coefficients de température des échantillons de manganine ou d'alliage chrome-or.

L'Association des Ouvriers en Instruments de Précision a repris un potentiomètre datant de 1930, et nous en a fourni un de sa plus récente fabrication. Cet appareil est destiné aux divers travaux courants de l'électricité et de la photométrie.

Instruments anciens. — Les instruments anciens : pont potentiomètre, potentiomètre spécial pour la comparaison des éléments Weston, boîtes de résistance diverses, ont été soigneusement entretenus et nettoyés surtout après les périodes où le manque de chauffage pouvait faire craindre une action de l'humidité ou du froid. D'une façon générale, tous ont supporté l'épreuve des conditions défavorables et aucune détérioration notable ne doit être signalée.

Un certain nombre d'améliorations et de perfectionnements ont été introduits dans toutes les installations. On a surtout visé la commodité et la rapidité des mesures lorsque celles-ci doivent être effectuées fréquemment ou répétées un grand nombre de fois.

Tout ce qui vient d'être dit au sujet des instruments électriques est dû à M. Romanowski.

Photométrie.

En 1939, les appareils essentiels installés par M. Terrien pour la comparaison des étalons d'intensité lumineuse étaient en état de fonctionnement. Par la suite, de nombreux perfectionnements leur ont été ajoutés; chaque partie a été étudiée à fond, et l'ensemble permet maintenant à tout moment d'effectuer des comparaisons avec une précision certainement très bonne, et que l'expérience fixera au juste.

Assèchement. — Un grand progrès a été l'assèchement de l'air de la salle (salle 16 S) située en sous-sol. En été sa température reste bien inférieure à celle de l'air extérieur, et le degré hygrométrique élevé de son atmosphère rendait précaire l'isolement des circuits électriques; les appareils métalliques s'oxydaient et devaient être démenagés dans un lieu plus sec; heureusement, les appareils fixes et importants, comme le banc, avaient été prévus en métal inoxydable et ne souffraient pas. Les mesures n'étaient possibles qu'en hiver, après un nettoyage général et un remontage des appareils évacués. Deux entrepreneurs spécialistes du conditionnement d'air, consultés, proposèrent des projets trop onéreux. M. Terrien reprit alors le problème; d'après ses mesures et ses calculs, il devait être possible de maintenir sèche l'atmosphère de la salle avec une puissance électrique d'environ 500 watts. Les éléments d'une installation conforme à ses projets, comprenant un compresseur frigorifique, un échangeur de température, un ventilateur, et un caisson isolé thermiquement, furent achetés et installés à l'extrémité nord du couloir du sous-sol. Après quelques difficultés dues à des défauts de construction du compresseur (fabrication de guerre), l'installation donne toute satisfaction. D'un prix de revient modéré, ne consommant pas beaucoup plus d'électricité que l'éclairage de la salle, elle entretient en toute saison un degré hygrométrique compris entre 0,50 et 0,65. Les isollements électriques, qui avaient été améliorés jusqu'à être presque suffisants dans les conditions les plus mauvaises d'humidité, sont alors parfaits. Citons les résultats de quelques mesures sur le fonctionnement de l'installation : débit d'air envoyé dans la salle : 7 l/s; température de cet air : 21°C; point de rosée 0°C; volume d'eau condensée 0,3 l/h.

Banc photométrique et accessoires. — Le banc photométrique, long de 4^m,5, avait été nivelé et dressé par le constructeur au moyen d'une règle d'acier. On a étudié le profil avec une lunette autocollimatrice prêtée par les services techniques

de l'Armement. Les irrégularités ainsi décelées surpassaient la tolérance de $0^{\text{mm}},1$ qui avait été jugée désirable. Par un patient travail de retouche à la lime, M. Terrien, aidé de M. Moreau, est parvenu à satisfaire à cette condition sévère sur toute la partie utilisée du banc. Le contrôle des chariots, le réglage de la position des index, l'étalonnage de la règle, et la perfection du guidage rectiligne, assurent une exactitude de $0,2$ à $0^{\text{mm}},3$ sur la distance d'une lampe au photomètre, et de $0^{\text{mm}},1$ sur les déplacements d'un chariot.

Le banc a été muni d'écrans noirs, et bordé de rideaux de velours noir, afin de masquer au photomètre toute lumière qui ne viendrait pas des lampes photométriques, et de protéger les opérateurs contre l'éblouissement. Des supports divers ont été construits selon les exigences des divers types d'étalons lumineux : support inversé, douille tournante avec contacts liquides à mercure, support pour lampes à conducteurs soudés, et pour lampes munies d'un queuecot prolongeant le culot.

Photomètre à photopile. — Les infidélités et les défauts des cellules photoélectriques appelées photopiles au sélénium ne devraient pas empêcher de les utiliser pour la photométrie homochrome de précision, à condition que soient observés quelques principes métrologiques élémentaires. Leur simplicité d'emploi, la planéité de leur surface, l'absence d'ampoule de verre, les rendent même peut-être préférables à toute autre. M. Terrien a conçu et fait construire un photomètre à photopile, qui se substitue simplement au photomètre visuel, et que l'on emploie d'une façon analogue. Au lieu de permettre le contrôle visuel de l'égalité de deux brillances contiguës, ce photomètre permet de constater l'égalité de deux courants photoélectriques; quand la photopile est orientée vers l'une ou l'autre des deux lampes allumées sur le banc. La rotation de la photopile est commandée à distance, son mouvement est automatique et d'une bonne fidélité mécanique; des dispositifs de sécurité isolent le galvanomètre tant que la photopile n'occupe pas l'une de ses deux positions de repos et ne rétablissent le contact qu'après un léger retard. Cet appareil fonctionné très bien, il est toujours en état de marche, puisqu'il ne nécessite ni accumulateurs, ni piles. Quant à la valeur de cette méthode, les études mentionnées plus loin ont incité à la préférer à la méthode visuelle pour toutes les comparaisons quasi-homochromes.

Sphère d'Ulbricht. — Pour la comparaison des étalons de flux lumineux, M. Terrien a demandé aux Établissements Gallus à Courbevoie, de construire une sphère de 1^m,54 de diamètre. La condition la plus importante est, à son avis, l'uniformité du facteur de réflexion de la peinture blanche intérieure sur toute la surface. Pour cela il faut : 1^o faciliter le démontage pour le renouvellement de la peinture; d'où le choix de dimensions modérées, permettant de rendre la sphère légère et transportable par moitiés; 2^o rendre la fermeture aussi étanche que possible, afin d'éviter l'introduction des poussières; 3^o prendre des précautions pour que l'air de la salle ne contienne que peu de poussières; ces précautions sont toujours recommandables et elles avaient été prises déjà auparavant; l'installation de conditionnement d'air joue, de plus, le rôle de filtre, et la surpression légère qu'elle crée s'oppose à l'entrée d'air non filtré. Cette sphère a été achevée et montée en 1942, après des difficultés causées par l'état de guerre. Sa disposition est originale en ceci : elle est divisée en deux hémisphères suspendus, chacun par une potence tournante, à une colonne scellée au plafond et au sol. Ainsi, le sol reste entièrement libre.

Bien entendu, la sphère est munie d'écrans blancs de diverses dimensions, de douilles réglables en position, d'une fenêtre diffusante, etc.

Pour faciliter le renouvellement de la peinture, on a acheté un pistolet de peintre, et un compresseur d'air.

Brillancemètre. — Un brillancemètre de série a été acheté à la Maison Jobin et Yvon, à Arcueil (Seine).

Secteur photométrique tournant. — M. Terrien a voulu essayer de donner une solution au problème de la construction d'un disque de Talbot à ouverture variable et mesurable en rotation. Un appareil d'essai vient d'être construit, d'après ses indications, en grande partie à l'atelier du Bureau.

Appareils de mesure électriques pour la photométrie. — Le potentiomètre, construit par l'Association des Ouvriers en Instruments de Précision, en 1938, a été réajusté par son constructeur; ses bobines se montrent d'une stabilité satisfaisante, mais un étalonnage périodique reste nécessaire.

Les réducteurs de tension ont été améliorés par une meilleure disposition des bobines; on a prévu des cuves à huile pour le cas

où leur échauffement risquerait d'introduire des erreurs trop fortes pour la précision désirée.

Étalons photométriques. — Quelques lampes à filament de carbone et à filament de tungstène, achetées par le Bureau en 1938, avaient été vieilles, réglées à la température de couleur de 2046° K ou 2360° K, et étalonnées en intensité lumineuse par rapport aux étalons nationaux disponibles à ce moment. Par la suite, on a reconnu la bonne stabilité de ces lampes. Mais le réglage en température de couleur s'est montré incorrect; il a été repris en 1946, ainsi que l'étalonnage en intensité lumineuse, la base de comparaison étant cette fois un ensemble plus complet d'étalons nationaux. On a tenu compte du rapport des unités déterminé par le National Physical Laboratory en 1939. Le Bureau dispose ainsi de lampes qui représentent, avec une bonne précision, la « bougie nouvelle » moyenne à ces deux températures de couleur.

Appareil pour l'étude photométrique des lames semi-transparentes. — Les mesures par interférences ont amené à déterminer, sur des lames semi-métallisées, le facteur de transmission et le facteur de réflexion sur les deux faces. M. Terrien a conçu, dans ce but, un appareil original, qui a été entièrement réalisé à l'atelier du Bureau. Je n'insiste pas sur sa description, qui a été publiée. La précision est limitée par les défauts du récepteur; après un étalonnage, elle est nettement meilleure que 1%. L'appareil est utilisable dans une pièce éclairée; il est particulièrement précieux depuis que le Bureau est équipé pour produire les semi-métallisations; car il permet le contrôle immédiat des résultats obtenus.

Amplificateur photoélectrique. — Pour bien des problèmes photométriques, tels que l'étude de la diffusion, ou l'étude des variations de l'intensité lumineuse avec la direction dans un petit angle solide, la photopile au sélénium manque de sensibilité; elle est d'ailleurs incapable de donner une précision intéressante aux faibles éclaircissements. M. Terrien a construit un amplificateur à courant continu, destiné à fonctionner avec une cellule à vide. Il s'est astreint à placer tous les organes électriques délicats, cellule, lampe électromètre et résistance de fuite, dans une enceinte métallique étanche au vide. L'appareil réalisé a montré que toutes les causes d'instabilité électrique étaient entièrement éliminées, puisque les fluctuations du galvanomètre de Moll

utilisé ne dépassaient pas l'amplitude calculée d'après l'effet grenaille et l'agitation thermique. Cependant, des essais dans un laboratoire parisien, en un lieu moins écarté des vibrations du sol que le Pavillon de Breteuil, furent décevants. On a remanié l'appareil, en vue de le rendre moins sensible aux vibrations mécaniques, avec un plein succès. Le Bureau dispose maintenant d'un récepteur photoélectrique sensible à 10^{-9} lumen pour une lumière de température de couleur 2360°K, à très faible dérive, très commode d'emploi. Cet appareil a servi à l'étude des propriétés diffusantes de la peinture à l'oxyde de zinc dont est enduite la sphère d'Ulbricht, et à la détermination des inégalités de l'éclairement produit par des lampes étalons dans la direction d'utilisation.

Aménagement de la salle 15 S. — Pour toutes les mesures autres que les comparaisons d'étalons, l'aménagement de la seconde salle du sous-sol, destinée elle aussi à la photométrie, a été complété par la fixation de supports de galvanomètre et l'installation d'un mobilier très succinct.

Monochromateur double. — M. Terrien, qui continue temporairement le partage de son temps entre le Bureau international et l'Institut d'Optique, a eu la charge, dans ce dernier établissement, d'organiser les sections d'optique physique, polarimétrie, spectrophotométrie, spectroénergétique; il lui a fallu étudier les monochromateurs, appareils essentiels pour ces techniques, en même temps qu'il recherchait les meilleures méthodes pour l'étude spectrophotométrique des sources de lumière et des verres colorés, étude importante pour ce qui concerne les unités de lumière. L'un des résultats de ces travaux a été la conception d'un monochromateur double à prismes de verre et à miroirs, particulièrement adapté, par l'excellente correction des aberrations, par la fidélité des réglages, et par la définition de l'étendue géométrique des faisceaux, aux mesures quantitatives de rayonnement. Plusieurs de ces appareils ont été construits à l'Institut d'Optique; le Bureau international en a commandé un pour lui.

*Thermomètres
et baromètres.*

M. Roux, qui avait été chargé de la reprise des expériences au thermomètre à gaz de Chappuis, avait l'intention de renouveler complètement cet instrument; mais il a été arrêté par la carence des constructeurs-verriers.

Une légère fuite de mercure s'était produite à notre petit baromètre Fuess, si commode pour toutes les déterminations courantes; l'appareil a été très bien remis en état par la maison Lehalle. M. Roux l'a réglé, et a déterminé sa correction par rapport au Baromètre normal.

Ce baromètre normal a subi une fêlure qu'il n'a pas été possible d'aveugler. Heureusement celle-ci n'affecte que la cuvette inférieure; elle ne gêne pas les pointés, et il ne semble pas que notre bel instrument ait perdu de ses qualités primitives.

A l'occasion de la remise en état et du réglage complet de ce baromètre, M. Roux a étudié les conditions des pointés sur un ménisque. Il a déterminé par les interférences lumineuses la forme des ménisques suivant le diamètre du tube; et il a trouvé qu'il n'existe au centre une région pratiquement plane qu'au delà du diamètre de 40 mm.

M. Roux a fait construire un micromanomètre à bascule de Lord Rayleigh, destiné à mesurer les différences de pression entre l'interféromètre recevant un afflux d'air extérieur et l'atmosphère ambiante.

Pour le contrôle de la rectitude des glissières et des bancs, et en général la vérification des alignements, M. Terrien a imaginé un dispositif optique qui donne, comme le double prisme de Kösters, mais par un procédé différent, une double image de chaque objet, seuls les points alignés sur une certaine droite ayant leurs deux images confondues en une seule.

*Contrôle
des
alignements.*

Notre batterie d'accumulateurs de 88 volts, pour l'alimentation générale du laboratoire, après un long service s'est trouvée hors d'usage; elle a pu, au cours même de la guerre, être remplacée par une batterie neuve, et l'on a profité des quelques éléments anciens, restés en état suffisant, pour atteindre la différence de potentiel en courant continu de 120 volts, qui est devenue la basse tension normale des instruments, qui nous a déjà rendu grand service, en suppléant le secteur au cours des nombreuses pannes de la fin de la guerre, et qui est encore utile comme appoint à la photométrie.

*Accu-
mulateurs.*

A notre atelier de mécanique, aucune machine importante n'a été acquise. On s'est contenté d'entretenir et d'aménager l'outillage existant.

Outillage.

La belle fraiseuse, achetée récemment, nous rend de très grands services. Nous venons de commander des accessoires qui permettront d'élever sa vitesse de travail, et par suite son rendement.

Notre plus grand tour, qui avait été construit en 1890, sur les plans de Huetz, notre mécanicien d'alors, arrive au bout de ses services; je suis en pourparlers pour l'achat d'un tour moderne présentant des capacités encore un peu plus élevées que celui-là.

IV. — TRAVAUX.

Prototypes.

Deux groupes de comparaisons ont été exécutés au moyen du Comparateur Brunner. Le premier a réuni les prototypes T_1 , T_4 , N° 13_C, N° 13 et N° 19 et a eu pour objet de déterminer, en fonction de nos prototypes d'usage, les Mètres T_4 et N° 13_C retracés, et aussi de s'assurer de la bonne conservation de ces derniers, après l'exode qu'ils ont subi en 1940. Cette vérification a donné entière satisfaction, puisque le plus grand écart des différences de ces trois Mètres, avant et après leur voyage en province, est égal à $0^{\mu}, 08$, c'est-à-dire inférieur aux erreurs possibles d'observation. Ces mesures ont été exécutées par MM. Volet, Roux et Cabrera.

Le deuxième groupe de comparaisons a eu lieu entre les Mètres T_4 , N° 13, N° 13 et N° 26. MM. Pérard et Cabrera d'une part, et MM. Volet et Moreau d'autre part, y ont participé. Il a été fait, dans le but d'une nouvelle détermination de notre prototype T_4 , et aussi en vue d'établir l'équation du N° 13, nouvellement tracé et appartenant à l'Autriche. Pour notre étalon des subdivisions du mètre, nous avons trouvé la valeur $T_4 = 1^m - 1^{\mu}, 14$ à 0° , alors qu'il résultait de la détermination précédente la valeur très voisine $T_4 = 1^m - 1^{\mu}, 06$. Après discussion, nous avons finalement admis la valeur intermédiaire

$$T_4 = 1^m - 1^{\mu}, 12 \text{ à } 0^{\circ},$$

plus proche du deuxième résultat que du premier, à la fois parce que dans la deuxième étude le nombre des observateurs était de quatre au lieu de trois, parce que le nombre des séries pour chaque comparaison était de huit au lieu de quatre, et que d'ailleurs la grandeur des erreurs résiduelles était sensiblement plus faible. Cette valeur se trouve ainsi déterminée par l'intermédiaire de quatre de nos meilleurs témoins du Mètre et indé-

pendamment par cinq observateurs, ce qui lui confère sans doute un haut degré d'exactitude.

Quant au Mètre N° 13 d'Autriche, il résulte de ces mesures que sa valeur est :

$$\text{N}^{\circ} 13 = 1^{\text{m}} + 1^{\mu},33 \text{ à } 0^{\circ}.$$

Dans ces comparaisons, où ne sont entrés que des Mètres d'une haute qualité, nous avons eu l'occasion de confirmer les remarques faites dans mon précédent Rapport au sujet de la précision atteinte actuellement grâce à la rénovation de nos Mètres et du Comparateur Brunner. L'écart entre les valeurs relatives de deux Mètres quelconques, déterminées par des observateurs différents, ne dépasse que très exceptionnellement un dixième de micron.

D'autre part, l'utilité du retournement des microscopes s'est trouvée à nouveau démontrée. C'est ainsi que nous avons observé des variations de plusieurs dixièmes de micron entre certaines différences obtenues avec les microscopes en position normale ou inversée.

Cette question, qui a déjà fait l'objet d'une mention dans mon précédent Rapport, a été reprise en tenant compte de certaines remarques faites à l'occasion de nos études antérieures. Je rappelle que l'influence des différents facteurs sur la précision des pointés est estimée d'après la concordance de 10 mesures successives d'un même intervalle de quelques dizaines de microns au moyen d'un microscope. Cinq observateurs ont participé à cette recherche et ont confirmé que le grossissement de l'oculaire avait peu d'effet sur la précision des pointés, alors que l'influence du grandissement de l'objectif est primordiale. Comme précédemment, nous avons trouvé que la précision est sensiblement proportionnelle au grandissement de l'objectif pour des objectifs de même ouverture numérique.

*Précision
des
pointés.*

Au Comparateur Brunner nous avons déterminé, grâce à la moyenne d'un grand nombre d'observations faites par cinq observateurs, que la précision d'une mesure d'un petit intervalle sous un microscope se caractérise par une erreur probable de $\pm 0^{\mu},070$. Si aucune autre erreur que celle du pointé n'intervenait dans la comparaison de deux Mètres, une série ordinaire qui comporte 6 pointés sur chaque Mètre, serait par suite entachée

d'un erreur probable égale à

$$\pm \frac{0^{\mu},070}{\sqrt{6}} \sqrt{2} = \pm 0^{\mu},040.$$

Or, les séries réelles, effectuées au Comparateur Brunner, comportent une erreur probable de $\pm 0^{\mu},076$, ainsi qu'il est exposé en détail dans le Mémoire de MM. Pérard et Volet sur les Mètres du Bureau international. La différence entre ces deux résultats montre la part qui revient, dans les comparaisons normales, aux erreurs de pointés et à celles, moins bien connues, qui ont leur origine dans les inégalités de température, l'instabilité du comparateur et de la surface de l'eau, etc. Des améliorations semblent encore possibles sur ces différents points.

En connexion avec l'étude des causes d'erreur affectant les comparaisons des Mètres dans l'eau, une recherche a été faite par M. Volet sur l'influence du ménisque formé par l'ascension de l'eau le long d'une paroi sur les pointés effectués dans le voisinage. Cette étude, destinée à compléter celles que nous avons déjà faites antérieurement sur le même sujet, nous a permis de tirer quelques enseignements relatifs à la technique des mesures. La distance d'une paroi verticale à partir de laquelle l'influence du ménisque devient négligeable est d'environ 35^{mm}.

Le prototype T₁, primitivement destiné à servir comme étalon des subdivisions du mètre, était tombé en désaffectation en raison de la qualité médiocre de son tracé initial. Un certain nombre de règles de longueurs et sections diverses, construites en nickel, et en acier-nickel, remplaçaient tant bien que mal, depuis une quarantaine d'années, le prototype T₁.

Inclus dans la série des Mètres dont la rénovation avait été décidée en 1935 par le Comité international, T₁ a été pourvu d'un nouveau tracé, exécuté en 1937 par la Société Genevoise d'Instruments de Physique, présentant les caractéristiques suivantes : subdivision en millimètres de l'intervalle fondamental 0 à 1^m, et de part et d'autre des traits 0 et 1000, trois millimètres supplémentaires, dont les deux extrêmes sont subdivisés en dixièmes. Deux traits longitudinaux distants de 0^{mm},12 recourent l'ensemble de la division.

La parfaite réussite de la rénovation de ce Mètre a conduit à restituer à ce prototype son rôle primitif. Dans ce but, l'étalement de ses subdivisions a été exécuté indépendamment par

deux observateurs. Une première étude avait déjà été faite en 1937-1938, au Comparateur Universel, par M. Cabrera; M. Moreau a été chargé de doubler cette étude, et a exécuté, en 1943, un second étalonnage (centimètres, millimètres des premier et dernier centimètres, millimètres supplémentaires et dixièmes de millimètre) effectué au Comparateur Bariquand par des méthodes partiellement modifiées, et dans des conditions d'observation également différentes.

Les résultats de cette double étude ont montré la très bonne régularité de la division; rapportés à une échelle idéale équidistante s'appuyant sur les deux traits fondamentaux 0 et 1000 de la règle, les écarts de position des traits étudiés dépassent fort rarement le micron.

D'autre part, les deux observateurs ont constaté que les résultats des deux étalonnages, bien que concordant à mieux que $0^{\mu},2$, diffèrent presque toujours dans le même sens. Ces divergences, d'apparence systématique, se présentent souvent lorsqu'on fait des étalonnages indépendants d'une même division; elles ne sont pas dues aux observations, mais à la façon de calculer à partir de celles-ci les corrections des traits intermédiaires. En fait, la méthode de calcul donne, par hypothèse, des corrections nulles aux traits fondamentaux 0 et 1000; or, si les deux observateurs ont commis des erreurs dans l'observation de ces traits, celles-ci doivent se reporter sur les autres traits, entraînant par là des différences systématiques. On peut d'ailleurs faire un calcul permettant d'obtenir, pour les traits intermédiaires, des corrections qui vérifient une condition se rapportant à l'ensemble des traits étudiés, par exemple écrire que la somme des carrés des corrections est minima; on constate alors que les différences entre les résultats de divers étalonnages ne sont plus systématiques. Cette discussion a été publiée par MM. Cabrera et Moreau aux Travaux et Mémoires, à la suite des résultats de l'étude de la règle T₁.

M. Volet a mesuré, au moyen de la machine à mesurer, deux cubes en quartz, dont l'étude était demandée par M. Bernard Lyot.

*Longueurs
diverses.*

M. Moreau a fait la mesure de six broches à bouts sphériques, s'échelonnant de 150 à 600^{mm}, appartenant à la « Précision Mécanique »; simultanément, la valeur des six broches de même valeur nominale appartenant au Bureau international a été

redéterminée. Ces mesures ont été exécutées au Comparateur Universel, en utilisant la méthode des abouts plans, par comparaison avec le prototype T₄. Les valeurs suivantes à 0° ont été obtenues pour les broches du Bureau :

BR	}	{	150	—	1,40
AP 1901	}	{	200	—	0,50
			{	300	—	0,13
AP 1897	}	{	400	+	0,37
			{	500	—	2,97
			{	600	+	1,18

qui sont à comparer avec les valeurs qui figurent aux Procès-Verbaux 1935, p. 31.

On doit encore à M. Moreau :

l'étude des centimètres et millimètres d'une réglette en acier de 250^{mm}, présentée par les Ateliers Bariquand et Marre, étude effectuée en même temps que l'étalonnage partiel de la réglette en nickel N° 2, de 30^{cm}, appartenant au Bureau international (cette réglette, polie et divisée au Bureau par M. Volet, avait été débitée dans un Mètre en nickel de section en H);

une nouvelle détermination des réglettes de 20^{cm}, dites 1 R et 2 R, appartenant au Bureau, par comparaison, au Comparateur à dilatation, avec le prototype T₄.

Trois étalons de 1^{mm}, divisés en centièmes, avaient été proposés à l'étude du Bureau par le Professeur Le Rolland, alors à la Faculté de Rennes. Deux d'entre eux, de médiocre tracé, ont été mis de côté. La belle qualité du troisième m'a incité à acquérir un étalon semblable à la Maison Zeiss. L'étude des deux étalons a été exécutée en même temps, par M. Roux, à l'aide de ses nouveaux procédés, et avec une très grande précision.

Parmi les études faites par M. Roux, je citerai encore les suivantes :

une réglette décimétrique (N° 173) en nickel pour la Société Française de Radioélectricité;

une règle de 2^m pour les Ateliers Bariquand et Marre;

un piston manométrique, dont la vérification complète a conduit M. Roux à l'élaboration de méthodes nouvelles et intéressantes.

M. Volet a redéterminé avec soin la dilatabilité de nos règles secondaires en acier-nickel et en nickel. Elles présentent toutes une excellente stabilité de la dilatabilité, même celles en invar, qui ont maintenant 40 à 50 ans d'âge, et qui avaient montré au début une légère augmentation. M. Volet a aussi mesuré la dilatation de la règle en acier à 58 pour 100 de nickel, qui est l'étalon appartenant à la Société Genevoise d'Instruments de Physique. Puis, à titre documentaire, il a déterminé les coefficients de dilatation de la manganine utilisée dans les étalons de résistance électrique pour laquelle il a trouvé :

$$\alpha_{0,t} = (18,125 + 0,004 \ 42^{\circ}t) 10^{-6},$$

ainsi que de l'alliage dit *Uranus 10* servant à la confection de poids étalons. Ce métal donne :

$$\alpha_{0,t} = (16,151 + 0,007 \ 75^{\circ}t) 10^{-6}.$$

D'autres mesures ont été faites au Comparateur à dilatation, soit pour vérifier la concordance des déterminations effectuées au comparateur de 1^m et sur la base de 24^m, soit en grand nombre, pour l'étude que nous poursuivons sur les alliages métrologiques.

Par anticipation sur les travaux au moyen des interférences lumineuses, je signale ici les déterminations de dilatation exécutées par M. Roux au moyen de sa méthode des *cylindres croisés*. Deux demi-cylindres, limités d'un côté à la surface cylindrique, de l'autre à un plan diamétral, sont d'abord mis en contact par leurs surfaces cylindriques, leurs axes étant rectangulaires, tandis que l'un a son plan collé contre un plan métallique, l'autre est réglé parallèlement à ce plan; les interférences lumineuses mesurent la distance de ces plans. Dans une deuxième expérience, on intercale un cylindre dont on veut mesurer le diamètre, son axe croisé par rapport aux axes remis parallèles des demi-cylindres. L'on fait une nouvelle mesure par les interférences et l'on obtient, par différence entre les deux expériences, la valeur du diamètre du cylindre intercalé.

Si cette méthode peut donner lieu à quelques critiques concernant les difficultés des réglages géométriques, par contre elle est sans objection dans les mesures des variations du diamètre d'un cylindre qu'on porte à différentes températures en le laissant sur place. M. Roux a déterminé ainsi la dilatabilité transversale de fils géodésiques, de cylindres de chrome électrolytique et de Pyrex, et d'étalons cylindriques du Bureau.

Étude
des
alliages.

En collaboration avec la Société de Commeny-Fourchambault et Decazeville, M. Volet a fait une étude comparative de la stabilité d'invars de types ancien et nouveau. Ces derniers, qui contiennent très peu de carbone (0,02 pour 100) et une légère addition de titane (0,07 pour 100), se sont montrés environ 5 fois plus stables que l'invar ancien, qui contient 0,13 pour 100 de carbone.

L'action de divers traitements sur la dilatabilité a aussi été mesurée : recuit, trempe, laminage. En vue de rechercher des traitements susceptibles de stabiliser l'invar, on a essayé des chauffés et refroidissements alternés, ainsi que l'immersion dans l'air liquide. Dans les conditions où l'on a opéré, aucune action favorable n'a été observée à la suite de ces traitements.

D'un autre côté, des résultats fort intéressants ont été obtenus lors d'une étude sur l'invar dit japonais ou inoxydable (Fe = 37, Co = 54, Cr = 9) mis au point par M. Masumoto, qui avait eu l'attention de nous envoyer, avant la guerre, des échantillons de ses alliages. En collaboration avec M. Bonhoure, M. Volet a étudié l'action du recuit sur des fils géodésiques de ce métal ; ces deux auteurs ont établi en particulier ce résultat nouveau que, la température de recuit augmentant, le coefficient thermoélastique passe d'une valeur négative à une valeur positive, c'est-à-dire que pour une certaine température de recuit, voisine de 800°, cet alliage est un élinvar. Ce résultat a été obtenu grâce à un grand nombre de mesures de dilatation sur des fils de 24^m soumis à des tensions variables. En même temps on déterminait la dilatabilité et le module d'Young des échantillons. On a ainsi reconnu que ce métal ne possède une faible dilatabilité qu'à l'état recuit. L'écroutissage dû à la filière amène le fil dans un état où sa dilatabilité est $8,2 \cdot 10^{-6}$. Les recuits successifs commencent par élever encore ce nombre jusqu'à $10,5 \cdot 10^{-6}$, puis, à partir de 750°, l'abaissent jusque dans le voisinage de zéro pour des recuits de l'ordre de 900°. Dans les mêmes conditions, le module d'Young subit de larges variations. Partant de 16500 csn/mm² pour le fil écroui, le module augmente jusqu'à 19500 csn/mm², descend rapidement vers 14800 csn/mm², puis se stabilise entre 17000 et 18000 csn/mm² pour les recuits supérieurs à 800°. On peut ajouter que cet alliage présente, à température constante, une stabilité en longueur remarquable, qui nous avait laissé espérer son utilisation pour la confection des fils géodésiques. Cependant, pour cette application parti-

culière, nous avons reconnu que le métal, dans l'état recuit où il doit être, est nettement trop mou.

*Etude
des fils
géodésiques.*

Les études de fils et rubans géodésiques ont été peu nombreuses au cours des années de guerre; mais, dès l'année 1945, les demandes de vérifications se sont sensiblement accrues. On a déterminé au total 167 instruments de longueurs diverses pendant les sept années écoulées.

La longueur de notre règle de 4 mètres, I_5 , et celle des 12 fils étalons du Bureau international qui fixe la valeur de notre base à repères, ont été mesurées régulièrement une ou deux fois chaque année.

Le coefficient de dilatation de l'étalon de 4 mètres, I_5 , n'était connu jusqu'à présent que d'après des déterminations effectuées sur la barre n° 1398, de 1 mètre, issue de la même coulée d'invar. Nous avons voulu préciser la valeur de ce coefficient, et en même temps nous prémunir contre une confusion de coulées toujours possible, en effectuant à des époques très rapprochées, deux mesures indépendantes de la règle I_5 à des températures voisines de $6^{\circ},1$ et de $15^{\circ},5$. Le résultat de ces mesures a été le suivant :

$$\alpha = 1,245 \cdot 10^{-6}, \quad \text{vers } 10^{\circ},8,$$

alors que la formule admise précédemment conduisait, vers la même température, à la valeur

$$\alpha = 1,088 \cdot 10^{-6}.$$

J'ai signalé, dans un dernier rapport, que la Société Genevoise d'Instruments de Physique nous avait livré deux poulies spéciales pour la tension des fils géodésiques. Ces poulies se distinguent de celles que nous utilisons d'ordinaire par la forme de la gorge, qui est plate au lieu d'être arrondie. Elles sont employées avec un ruban d'acier mince qui se substitue au cordon tressé habituel, et dont le diamètre, plus ou moins régulier, pouvait entraîner une petite erreur dans la valeur de l'effort de tension des fils. Les roulements à billes qui équipent ces nouvelles poulies sont, de plus, particulièrement soignés. Enfin, un système de réglage a été prévu, qui permet d'amener le plan des poulies à être vertical et dans le prolongement de la droite qui est définie par les microscopes ou les repères de la base. L'emploi de ces poulies et du ruban d'acier s'est montré efficace, puisque

la concordance des mesures répétées sur un même fil, après décrochage et raccrochage de celui-ci, est maintenant bien meilleure. Les différences entre deux mesures atteignent rarement 10^µ avec ces poulies, tandis qu'avec celles du modèle ancien et le cordon tressé, ces différences atteignent quelquefois ou dépassent même 30^µ.

Les expériences sur deux fils de 24^m, dont l'un restait enroulé constamment sur un tambour de 50^{cm} de diamètre, et dont l'autre était enroulé et déroulé fréquemment, qui avaient été signalées dans le Rapport précédent au Comité, s'étaient trouvées interrompues en mai 1939. Elles ont été reprises de juin 1941 à juillet 1942 et ont confirmé les premiers résultats acquis en 1939 : le fil enroulé constamment s'allonge plus qu'un fil maintenu déroulé sans tension, et le fil qui est enroulé et déroulé fréquemment s'allonge encore davantage. Voici les valeurs définitives qui ont été obtenues :

	P1.		P2.
Fil enroulé constamment,		Fil enroulé et déroulé	
allongement total . . .	+59 ^µ	fréquemment, allon-	
» par mois.	+ 5,0	gement total	+171 ^µ
Fil déroulé sans tension		all. pr 1 enr./dér.	1,1
allongement par mois.	+ 1,0		
	P2.		P1.
Fil enroulé constamment,		Fil enroulé et déroulé	
allongement total . . .	+23 ^µ	fréquemment, allon-	
» par mois.	+ 1,9	gement total	+122 ^µ
Fil déroulé sans tension		all. pr 1 enr./dér.	0,5
allongement par mois.	+ 0,2		

L'étude du même phénomène, effectuée autrefois par M. Bondorff, Secrétaire Général de la Commission Géodésique Baltique, l'avait conduit à attribuer à l'influence d'un enroulement/déroulement la valeur 4^µ,2, qui nous avait toujours paru excessive.

L'étude du super-invar des Acieries d'Imphy a été poursuivie sur le fil n° 1136, puis sur le fil SP2 tiré de la même coulée d'alliage. Le fil n° 1136 n'a pas été étuvé ni battu, tandis que le fil SP2 a été étuvé à 124° et a subi les séries de battages qui sont appliquées aux fils d'invar ordinaires. Les espoirs qu'on avait mis dans cet alliage, quant à sa stabilité, ne se sont pas

réalisés. En effet, les mesures qui s'étendent maintenant sur huit années pour le premier fil, et sur quatre années pour le second, font ressortir des allongements analogues à ceux de l'invar peu carburé, et qui sont de l'ordre de 10 microns pour 24^m et par an. Les mesures du fil SP2, effectuées sur la base à microscopes, au cours des séries de battages, méritent cependant d'être signalées, car elles n'avaient encore jamais été faites, même sur l'invar ordinaire, dans d'aussi bonnes conditions de précision (traits fins, base à microscopes).

	SP 2 à 15°.	Δ.
Mesure initiale.....	24 ^m + 729 ^μ	
après 100 battages.....	+1345	+ 616 ^μ
+ 10 grands coups.....	+2655	+1310
+ 100 battages.....	+2702	+ 47
après 24 ^h sous 60 ^{kg}	+2974	+ 272
+ 100 battages.....	+2816	- 158
+ 100 battages.....	+2821	+ 5

On remarquera que la deuxième série de 100 battages avant ou après l'épreuve de surtension modifie peu la longueur du fil; ce qui montre bien qu'à la suite de ces traitements les petits chocs, que subissent inévitablement les fils au cours des mesures en campagne, ne doivent plus avoir beaucoup d'influence sur leur longueur.

C'est M. Bonhoure qui, avec la collaboration de M. Moreau, le plus souvent, et aussi de MM. Roux et Cabrera, a effectué toutes ces études sur les fils géodésiques.

Des mesures ont été exécutées par MM. Volet et Bonhoure sur deux fils d'invar, en vue de vérifier la formule qui avait été établie autrefois par M. Guillaume sur la variation de la dilatation des fils, en fonction de la tension à laquelle ils sont soumis. Les observations, faites pour des tensions comprises entre 10 et 30^{kg}, ont confirmé entièrement la formule admise jusqu'ici.

Ils ont fait encore des expériences sur l'effet qu'une torsion axiale produit sur la longueur des fils. Les mesures ont porté sur neuf fils de 24^m de coulées différentes. Les résultats obtenus sont irréguliers. L'un des fils (SP2) s'allonge ou se raccourcit de 0^{mm},02 suivant le sens de torsion pour un tour, ce qui peut s'interpréter par le fait qu'une torsion naturelle préexiste dans le fil; il s'allonge alors dans le sens de sa détorsion, mais

se raccourcit si l'on accroît sa torsion naturelle. Tous les autres fils, sauf un, n'accusent que des variations de longueur beaucoup plus faibles et toujours inférieures à $0^{mm},01$ pour une torsion d'un tour. Les conséquences de cette source d'erreur possible sur la précision des fils géodésiques ne présentent donc aucune gravité.

A la suite de commandes importantes de fils d'invar par un constructeur, au cours des années 1941 et 1942, MM. Volet et Bonhoure ont procédé, dès cette époque, à l'étuvage de trois nouvelles livraisons de fil, afin d'être en mesure de répondre aux demandes accrues qui ne manqueront pas de se produire dès que l'organisation du monde se sera affermie. Je rappelle en effet que pour garantir au fil d'invar la plus grande stabilité, il ne faut l'utiliser, autant que possible, que deux ou trois ans après la fin de son étuvage.

*Interférences
lumineuses.*

Le sujet de la deuxième thèse de M. Cabrera a été « Les interférences aux grandes différences de marche et la structure des raies spectrales ». Il y a d'abord considéré l'influence du rapport des intensités des faisceaux interférant sur la visibilité des franges; il a montré que, dans le cas d'une distribution symétrique de la raie, cette influence, très sensible aux petites différences de marche, devient faible aux grandes; la différence de marche limite n'est pratiquement guère accrue par l'égalisation des intensités des deux faisceaux. Il a ensuite étudié, d'une part, l'effet Doppler-Fizeau et son élimination par l'emploi des jets atomiques, d'autre part, le déplacement isotopique et la structure hyperfine des raies de tous les éléments. Il en a conclu que quelques éléments du début du système périodique (S et Ca en particulier) pourraient donner des raies très fines, sans qu'il soit nécessaire de séparer leurs isotopes, tout en éliminant leur effet Doppler-Fizeau par l'emploi de jets atomiques.

En 1942-1943, j'ai repris moi-même l'étude des raies spectrales, spécialement dans le cæsium, le zinc et le thallium, par la méthode que j'avais déjà employée et sur laquelle je ne reviendrai pas, par comparaison avec la raie rouge du cadmium.

J'ai rapidement rejeté les raies du cæsium comme impropres aux usages métrologiques dans le spectre visible. Celles du zinc et du thallium se sont montrées intéressantes. Dans les grandes longueurs d'onde, la raie rouge du zinc, très intense, peut com-

modément remplacer celle du cadmium jusqu'à une différence de marche supérieure à $100\text{m}\mu$; mais la longueur d'onde admise jusqu'ici a été trouvée fautive de près de $1/2$ micromicron ($\mu\mu$). Les raies bleue et indigo dans les petites longueurs d'onde, sont très utiles pour la recherche des entiers; la valeur admise pour la longueur d'onde de la raie $472\text{m}\mu,2$ était également inexacte de $0\text{m}\mu,5$ dans le même sens.

Quant à la raie verte du thallium, elle peut suppléer la raie verte du mercure aux différences de marche où celle-ci est peu visible; toutefois la présence du satellite assez intense déjà signalé par Michelson et que confirment mes expériences, à plus de $11\text{m}\mu$ de la radiation principale, oblige à connaître assez exactement la courbe de correction, que déterminent précisément mes expériences.

Cette étude, interrompue en 1943, vient d'être reprise et va être achevée un jour très prochain.

Par ailleurs, j'ai mesuré directement en longueurs d'onde lumineuses un grand nombre d'étalons à surfaces planes et parallèles, en particulier les calibres du Bureau international servant de types et allant jusqu'à $200\text{m}\mu$ de longueur, un jeu de calibres de petites dimensions proposé par la Fabrique de Jauges Cary (Le Locle, Suisse), une série de toutes dimensions proposée par le Laboratoire Central des Industries Mécaniques, deux abouts spéciaux du Bureau international portant un tracé et destinés à permettre la mesure des broches à bouts sphériques dans nos comparateurs à microscopes. MM. Cabrera et Roux ont pris part à ces déterminations et ont exécuté eux-mêmes un certain nombre de mesures de contrôle.

Une recherche entreprise à la demande de mécaniciens (M. Caquot) sur la déformation observable par les interférences lumineuses dans une plaque carrée posée ou encastrée par ses bords et soumise à des efforts normaux, est intéressante; mais elle n'a pas conduit à des résultats bien décisifs, en raison de l'impossibilité d'obtenir à la fois une plaque carrée, non préalablement déformée, et un appui carré, lui-même rigoureusement plan.

Une étude exécutée par M. Roux et par moi-même au moyen des interférences lumineuses sur des plaques, soit en invar, soit en élinvar, soit en acier-nickel, revêtus d'une couche de chrome électrolytique, a apporté une contribution importante aux recherches de stabilité poursuivies par M. de Gramont. Je

continue à l'heure actuelle cette étude, qui a sa grande utilité dans l'application de la méthode de détermination absolue des longueurs d'onde lumineuses.

En vue de leur utilisation aux méthodes de comparaison des étalons optiques, M. Cabrera a fait une étude générale des franges de superposition (1939), en collaboration avec M. Terrien. Cette étude lui a permis de proposer une modification à la méthode de Fabry, utilisée par M. Sears, pour mesurer les petites différences d'épaisseur des étalons optiques.

Une comparaison d'essai entre 4 fois l'étalon de 25^{cm} et celui de 1^{m} , utilisés par MM. Fabry, Perot et Benoit en 1907, en employant la méthode proposée, a été réalisée dans la salle 6 (1941). Les miroirs des étalons étaient métallisés en bandes, suivant la méthode de Watanabe; ces bandes étaient parallèles à la direction d'inclinaison des étalons, l'un par rapport à l'autre, donc normales à la direction des franges de superposition. L'installation comportait un faisceau parallèle en lumière blanche, utilisé pour faire le réglage du parallélisme des lames des étalons optiques par la méthode des images multiples, et obtenu par une source trou de $0^{\text{mm}},1$ de diamètre, placée au foyer d'une lentille de distance focale 380^{cm} ; on observait avec la lunette Secrétan. Sur le trou se formait l'image (3^{mm} de diamètre) de la boule d'une lampe à arc de tungstène « Osram »; en enlevant le trou on avait un faisceau, assez parallèle et suffisamment lumineux pour être suivi à l'œil, qui était utilisé pour les réglages préliminaires, emplacement des étalons, etc. Ces réglages se sont montrés assez délicats, avec le dispositif de métallisation en bandes de Watanabe. Pour observer, ensuite, le groupe de franges de superposition en lumière blanche à l'infini, on formait, sur le plan focal de la lunette d'observation, l'image du ruban d'une lampe à ruban de tungstène, de façon à avoir le maximum de brillance. La recherche des franges était grandement facilitée par un bon réglage du parallélisme des lames des étalons optiques; M. Cabrera n'a jamais eu besoin d'aucune méthode utilisant des lumières monochromatiques; les franges étaient d'abord cherchées avec la lunette Secrétan, et l'on passait ensuite à l'observation avec une lunette plus petite. Des erreurs possibles, dues à la dispersion de la perte de phase, qui ne s'élimine pas lorsque le facteur de multiplication est supérieur à 1, et qui entraînent une dissymétrie du système des franges, ont été examinées; on s'est assuré par exemple de ce que cette

dispersion n'était pas suffisante pour risquer d'occasionner une erreur d'une unité sur la frange d'ordre zéro. Des essais ont été faits aussi pour voir les possibilités de s'affranchir des métallisations en bandes; il semble en effet, que les aluminures, obtenues dans les conditions que nous examinerons tout à l'heure, doivent permettre d'avoir suffisamment de lumière avec des métallisations uniformes et un faisceau normal aux lames.

Après ces études préliminaires, M. Cabrera a établi l'avant-projet d'une base interférentielle permettant la mesure de fils géodésiques de 24^m . Ce projet comporte 4 multiplications successives; il croit, en effet, que les aluminures actuelles doivent permettre d'éliminer l'une des cinq comparaisons utilisées par Watanabe au Japon et Mühlig à Potsdam. Le point de départ est un étalon de $6^{cm,25}$ en quartz, qui est ensuite multiplié jusqu'à 24^m , en passant par un étalon de 50^{cm} et un autre de 4^m , en invar. La méthode de comparaison employée sera celle de Fabry-Sears-Cabrera (inclinaison des étalons). Pour 24^m on pourra utiliser, s'il le faut, la méthode de Fabry-Watanabe (coin compensateur), méthode qui est beaucoup moins sensible, mais qui peut servir à mesurer des différences d'épaisseur nettement plus grandes. L'inconvénient essentiel pour la réalisation de ce projet, est qu'il faut envisager un tunnel analogue à celui qu'avait construit Watanabe dans sa dernière réalisation d'avant-guerre (Watanabe et Imaizumi : Étalonnage d'un fil d'invar de 25^m , août 1939), pour obtenir les conditions de stabilité nécessaires.

MM. Terrien et Cabrera ont examiné (1945), d'autre part, les possibilités actuelles de la mesure des distances géodésiques au moyen des ondes hertziennes très courtes, soit par détermination du temps de parcours, soit par une méthode d'interférences. Après discussion avec des spécialistes, on a conclu que l'indice de réfraction de l'air pour ces longueurs d'onde n'est pas suffisamment connu; des recherches, tenues encore secrètes, ont été faites pendant la guerre dans divers pays; il faudra attendre leur publication pour en tirer une conclusion définitive. D'autres méthodes ont été examinées, basées sur la modulation de la lumière visible, où l'indice est mieux connu, par les ondes ultrasonores. L'examen des possibilités de ces méthodes retarde la mise en application du projet de la base interférentielle de 24^m , qui exigerait des dépenses importantes.

Il serait peut-être utile en tout cas de reprendre la détermi-

nation de la vitesse de la lumière, puisqu'on veut mesurer une longueur par la durée du trajet; M. Terrien s'offre à mesurer cette importante constante universelle, avec une meilleure précision que ses devanciers pense-t-il, en s'adjoignant la collaboration de quelques autres physiciens.

Métallisation
des
surfaces.

La réalisation de l'installation de la salle 11 a exigé quelque études connexes (1943) : retard du manomètre Knudsen, étalonnage de ce manomètre par rapport à la jauge de MacLeod, mise au point de la technique d'évaporation des métaux, étude des corrections à appliquer au photomètre Terrien pour la mesure des facteurs optiques des lames.

Dans le but d'obtenir des miroirs aluminés, dont les facteurs optiques stables seraient donnés *a priori*, M. Cabrera a étudié (1944) l'évolution de ces aluminures dans l'air, évolution qui est due à l'oxydation superficielle de l'aluminium. Il a constaté que les lois de cette évolution dépendent des conditions d'obtention de ces aluminures, et que, pour avoir un état reproductible, il faut que l'évaporation soit faite rapidement dans un vide très bon. Une fois connue cette évolution, M. Cabrera a équipé les interféromètres Pérard et Michelson, comme il a déjà été signalé; mais il a fallu faire, d'une part, des essais répétés pour obtenir les aluminures voulues, et, d'autre part, attendre quelques mois pour leur stabilisation complète.

Actuellement, M. Cabrera développe une méthode différente, qui consiste dans l'oxydation artificielle d'une couche d'aluminium opaque jusqu'à obtenir l'épaisseur d'aluminium voulue. Ces aluminures, présenteront probablement trois avantages : 1° elles seront stabilisées rapidement, puisqu'on obtiendra des épaisseurs d'oxyde supérieures à celles qui sont obtenues par oxydation naturelle; 2° pour la même raison, elles seront plus résistantes aux frottements; 3° elles seront peut-être moins absorbantes, étant donné que l'aluminure aura probablement une structure continue, tandis qu'à épaisseur équivalente, l'aluminium seul a une structure granulaire plus absorbante. Pour obtenir cette oxydation artificielle, M. Cabrera a dû étudier la théorie proposée par M. le professeur N. F. Mott, de Bristol, avec qui il est entré en rapport, de façon à envisager les dispositifs possibles. En particulier, il a prévu la possibilité d'une oxydation par action de la lumière, effet que l'expérience n'a pas confirmé; ce résultat négatif est d'ailleurs d'accord avec une nouvelle

théorie proposée par M. Mott récemment. D'autres mécanismes sont mis actuellement à l'épreuve.

Ces recherches ont conduit M. Cabrera à étudier de plus près les propriétés des couches minces, métalliques ou autres; en particulier, leur structure granulaire et ses conséquences sur les propriétés optiques.

Les Kilogrammes en acier inoxydable Uranus 10, Arc 2702 A et Nicral D, dont la stabilité a été déjà signalée dans plusieurs rapports précédents, ont fait l'objet de nouvelles déterminations; celles-ci ont encore confirmé les remarquables qualités de ces alliages, qui les rendent propres à la construction de poids de haute précision.

Masses.

M. Bonhoure, toujours chargé de la détermination des masses, a aussi effectué quelques nouvelles mesures des Kilogrammes en baros du Bureau, nos 7, 8 et 9 *bis*. Ces pièces continuent à diminuer lentement de 3 à 4 centièmes de milligramme par an. Par contre, le Kilogramme n° 9, en baros recuit dans le vide à 800°, dont l'étude a été reprise ces dernières années, ne présente pas de variation notable depuis plus de vingt ans.

La série de poids en acier inoxydable de 1 à 10^{kg}, dont j'ai signalé la construction par l'atelier du Bureau, a été étalonnée à l'aide d'une excellente balance à transposition, construite par les Établissements Jouan, à Paris, pour le Laboratoire Central de l'Armement, et qui avait été installée provisoirement dans la salle 2 de notre Observatoire. Toutefois, la charge maximum de cette balance n'étant que de 5^{kg}, nous avons dû avoir recours à notre ancienne balance Sauter, peu précise, pour déterminer la pièce de 10^{kg}.

M. Bonhoure a effectué, en 1943-1944, un nouvel étalonnage de la série de premier ordre en platine iridié Oe du Bureau, qui n'avait pas été déterminée depuis 1932. La concordance des résultats avec les valeurs antérieures est très satisfaisante et ne révèle aucune usure des poids.

Les comparaisons entre le Kilogramme international et ses témoins nos 7, 8 (marqué 41), 32 et KI, qui avaient été exécutées en 1939 à la suite d'une décision du Comité international prise au cours de sa session de 1937, avaient conduit à des résultats imprévus qui figurent dans mon rapport précédent. Il nous a semblé que ces comparaisons devaient être reprises dans leur ensemble, d'autant plus que les quatre témoins du Kilogramme

international étaient au nombre des prototypes évacués en province en mai 1940, et que les manipulations inévitables nécessitées par leur emballage, aussi bien que les conditions mêmes de leur transport, pouvaient laisser un doute sur l'identité de leur masse avant leur évacuation et après leur retour au Bureau. Un nettoyage très soigné de ces Kilogrammes était nécessaire; car les morceaux de peau de chamois, entre lesquels ils étaient serrés dans leurs supports de voyage, avaient laissé des traces adhérentes à leur surface. Avant d'effectuer ce nettoyage, M. Bonhoure a procédé à des essais systématiques sur les deux Kilogrammes en platine iridié C et S du Bureau, qui ont surtout une valeur historique, et sur les Kilogrammes en platine iridié n^{os} 44, 47 et 48, construits en 1938 par le Comptoir Lyon-Alemand. Il a effectué sur chacun de ces Kilogrammes, des nettoyages successifs avec une peau de chamois imbibée de benzine, puis d'alcool, et il a aussi exposé les pièces à un jet de vapeur d'eau bidistillée. Après chaque nettoyage, on effectuait une comparaison avec un Kilogramme qui restait dans la balance pendant toute la durée des expériences. Le lavage à la vapeur d'eau, recommandé autrefois par M. Stas, membre belge du Comité, avait été employé successivement par MM. Marek et Thiesen lors des comparaisons initiales entre le Kilogramme international et les Kilogrammes nationaux. M. Bonhoure en a reconnu l'efficacité; mais il estime qu'il doit être précédé d'un nettoyage avec une peau de chamois imbibée de benzine ou d'alcool, si la pièce n'a pas déjà l'apparence d'une parfaite propreté.

D'autre part, M. Bonhoure a soumis le Kilogramme n^o 48 à un nettoyage par frottement, prolongé exagérément, à l'aide d'une peau de chamois préalablement broyée et imprégnée de benzine, sans qu'il ait pu déceler la moindre perte de matière.

Il résulte de toutes ces expériences que la masse apparente d'un Kilogramme en platine peut varier de plusieurs centièmes de milligramme, si son nettoyage n'est pas conduit comme je viens de l'indiquer.

Les nouvelles comparaisons qui ont été effectuées de mai à juillet, cette année, entre le Kilogramme international et ses témoins, auxquels on a joint les prototypes d'usage du Bureau et les deux Kilogrammes destinés à représenter de nouveaux témoins du Prototype international ont donc réuni les pièces suivantes : A, KI, 7, 8 (marqué 41), 32, 43, 47, 9 et 31. Trente-

six comparaisons deux à deux dans toutes les combinaisons possibles ont été exécutées à la balance Bunge. M. Bonhoure avait préféré cette balance à la balance Rueprecht n° 1, qui semblait avoir perdu quelque peu de ses qualités. Le souffle des bombes tombées près du Bureau le 3 mars 1942 avait provoqué, en effet, un dérangement du fléau et des étriers de cette balance, dont les couteaux avaient eu peut-être à souffrir. Cependant, des essais comparatifs, effectués au préalable avec chacune de ces deux balances, avaient montré que leur précision, sous la charge de 1 kilogramme, était sensiblement la même.

Les résultats de cette série de comparaisons, en ce qui concerne les anciens témoins du Kilogramme international, plus voisins des valeurs de 1889 dans l'ensemble que ceux qui avaient été trouvés en 1939, nous ont paru néanmoins devoir être confirmés par de nouvelles mesures. Dans ce but, M. Bonhoure a effectué, en septembre de cette année, cette fois à l'aide de la balance Rueprecht n° 1, une série de dix comparaisons entre les Kilogrammes K1, K1, 7, 8 (marqué 41) et 32, qui a conduit à des valeurs pratiquement identiques aux précédentes.

J'ai réuni, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus respectivement en 1889, en 1939 et en 1946, en indiquant pour chaque groupe de comparaisons le mode de nettoyage qui a été appliqué.

*Valeurs des témoins du Kilogramme international K1
et de quelques autres Prototypes.*

N°.	Nettoyage à la vapeur d'eau (et d'alcool). 1889.		Nettoyage à l'essence et à l'alcool. 1939.		Nettoyage benzine et vapeur d'eau. Bunge. 1946.		Nettoyage vapeur d'eau. Rueprecht 1. 1946.		Moyenne 1946.	1939-1889.	1916-1889.
	kg mg	kg mg	kg mg	kg mg	kg mg	kg mg	mg	mg			
K1...	+0,127	+0,158	+0,096	+0,101	+0,098	+0,031	-0,029				
7....	-0,530	-0,481	-0,499	-0,499	-0,499	+0,049	+0,031				
32...	+0,071	+0,133	+0,111	+0,103	+0,107	+0,062	+0,036				
8(41).	+0,258	+0,341	+0,299	+0,301	+0,300	+0,083	+0,042				
43...		+0,260	+0,306								
47...		+0,358	+0,405								
9....	+0,282	+0,333	+0,300			+0,051	+0,018				
31...	+0,162	+0,153	+0,115			-0,003	-0,047				

Enfin, le prototype n° 2, appartenant à la Roumanie, en dépôt au Bureau international depuis l'année 1935, a été déterminé à nouveau, en même temps que les Kilogrammes en platine iridié

n^{os} 44 et 48 (disponibles), par des comparaisons avec les témoins KI et 32, dans toutes les combinaisons possibles de ces Kilogrammes pris deux à deux. M. Bonhoure a effectué ces comparaisons avec la balance Rueprecht n^o 1. Les résultats qui en découlent sont reproduits ci-dessous :

	1889.		1916.	
	kg.	mg	kg	mg
Kilogramme n ^o 2	1—0,	953	1—0,	992
» 44			+0,	270
» 48			+0,	081

*Accélération
de la
pesanteur.*

M. Volet avait proposé dès 1928 une méthode utilisant, comme on l'a fait jusqu'à maintenant, un pendule pour la détermination de g , mais évitant l'exécution de pointés micrométriques sur l'arête du couteau, pointés que l'on peut craindre entachés d'erreurs systématiques importantes. La question d'une nouvelle mesure de l'intensité de la pesanteur au Bureau international m'ayant paru opportune depuis quelques années, M. Volet s'est attaché à préciser les détails d'un projet prévoyant l'application de sa méthode. Une discussion approfondie l'a convaincu, que malgré l'intérêt de l'amélioration proposée par rapport à la méthode classique du pendule réversible, l'utilisation d'un pendule, sous quelque forme que ce soit, conduira toujours, dans les mesures absolues, à employer des éléments de réduction imprécis, à subir des perturbations mal définies, qui ne peuvent qu'entacher fâcheusement l'exactitude du résultat. Ces considérations ont amené M. Volet à envisager d'autres moyens, et son choix s'est arrêté au phénomène élémentaire de la chute d'un corps. Les progrès faits en ces dernières années dans la mesure précise des petits intervalles de temps rendent maintenant possibles des déterminations d'une haute valeur métrologique, grâce aussi à l'absence à peu près complète de perturbations parasites. Pour la mesure des espaces parcourus, M. Volet a proposé de les rapporter à une graduation portée par le corps lui-même, c'est-à-dire d'observer la loi de chute d'une règle divisée. Celle-ci sera cinématographiée grâce à la production d'éclairs extrêmement brefs (10^{-6} seconde). Les temps seront lus sur une échelle chronométrique enregistrée sur un film. Les repères de cette échelle seront produits à la cadence d'environ 35000 à la seconde, par la vibration d'un quartz contrôlé lui-même sur une fréquence étalon émise par le Laboratoire national de Radioélectricité. Des essais préliminaires ont déjà été faits:

ils ont fourni des résultats encourageants, en particulier quant à la possibilité de photographier avec précision une graduation fine sur poli spéculaire se déplaçant à la vitesse de 5 à 6 m/s, qui sera celle atteinte par la règle à la fin de sa chute. Il semble ainsi d'ores et déjà certain qu'une précision au moins égale à celle des méthodes actuelles pourra être atteinte par ce moyen.

Thermomètres en quartz fondu. — Les observations sur la stabilité, dans le temps et après chauffes à températures élevées, des thermomètres à mercure de précision à enveloppe de quartz fondu ont été poursuivies ces dernières années, sur les thermomètres que possède le Bureau international. Les premiers résultats, mentionnés dans les Rapports au Comité pour 1937 et 1939, avaient déjà laissé entrevoir l'excellent comportement de ces instruments. Les observations exécutées par M. Moreau depuis la publication de ces Rapports ont confirmé, dans les limites de la précision des lectures de tels instruments, la stabilité :

*Thermométrie
à mercure.*

1^o dans le cours du temps : absence d'ascension lente (1);

2^o après chauffes, momentanées et prolongées, à températures élevées, jusqu'à près de 400° (*dépression* pratiquement nulle, déplacement insensible du point zéro aux températures élevées). Ces dernières expériences ont été prématurément interrompues à la suite d'accidents survenus aux thermomètres N° 254 et N° 255.

Pour ce qui concerne la qualité des tiges thermométriques en quartz fondu transparent, on se heurte toujours aux mêmes difficultés de construction : le problème de la fabrication de tiges qui soient exemptes de défauts (stries, bulles, etc), et ayant un capillaire suffisamment fin et régulier, n'a pu être complètement résolu. Diverses demandes faites auprès de constructeurs français et étrangers n'ont donné jusqu'ici aucun résultat positif.

Entre temps, une solution intermédiaire, qui consistait à allier les avantages du quartz fondu comme réservoir thermométrique

(1) Voici la position du zéro pour les deux thermomètres datant de 10 années :

	N° 3050.	SK.
3 juin 1936	— 0°,46 ₃	—
18 août 1936	—	+ 0°,030
28 septembre 1946	— 0°,47	+ 0°,028

aux qualités des tiges en verre, avait été envisagée; des essais de jonction de tiges en *verre vert* à des réservoirs en quartz ont été tentés par la Société Gallois. Ces essais, malgré un résultat encourageant, n'ont pas été poursuivis, tant en raison des difficultés de construction que de la fragilité de la jonction. Actuellement, la Société Quartz et Silice, avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique, se propose de reprendre prochainement l'examen du problème de la réalisation de tiges thermométriques en quartz fondu.

Point zéro de l'échelle thermométrique (point de fusion de la glace). — M. Moreau a exécuté quelques observations systématiques en vue de déterminer, suivant le mode opératoire en usage au Bureau international, le degré de reproductibilité du point de fusion de la glace, en employant des eaux de provenances diverses. Il a déterminé le zéro d'un groupe de huit thermomètres à mercure (possédant un zéro stabilisé), en utilisant des bains de glace râpée divers (glace d'eau potable, glace commerciale, glace d'eau distillée), arrosés avec des eaux également diverses (eaux potable, distillée et bi-distillée, ces deux dernières étant utilisées à la température ambiante et à 0°). L'état de pureté des eaux employées était sommairement contrôlé par la pesée des résidus des impuretés solides dissoutes. On a pu constater ainsi l'influence, sur la température du point de fusion, des impuretés contenues dans l'eau potable de la canalisation; l'abaissement de température observé s'accorde avec celui qu'on calcule par la loi de Raoult. La pureté de l'eau d'arrosage est de première importance; cette condition remplie, des résultats concordants sont obtenus avec la glace commerciale et avec la glace d'eau distillée.

De l'ensemble de ces mesures on peut conclure que, dans les conditions opératoires courantes du Bureau international, et en utilisant les thermomètres à mercure, la reproductibilité du « point zéro » paraît assurée à 2 ou 3 millièmes de degré, intervalle du même ordre de grandeur que la précision du thermomètre à mercure lui-même.

Pour des mesures de température plus précises (thermomètres à résistance, thermocouples), cette reproductibilité peut être notablement améliorée en s'inspirant des perfectionnements apportés par différents expérimentateurs étrangers dans la construction du thermostat, ainsi que dans le processus opéra-

toire des déterminations. A cet égard, les résultats de quelques observations exécutées (par M. Bonhoure) avec un thermomètre à résistance de platine, n'ont pas offert une garantie supérieure à ceux obtenus pour la moyenne de huit thermomètres à mercure, par suite de la sensibilité insuffisante du thermomètre employé (6,5 ohms à 0°); cette étude serait à reprendre avec des thermomètres à résistance plus sensibles.

Études diverses. — Parmi les travaux thermométriques courants, dont M. Moreau s'est occupé, en collaboration avec MM. Leclerc et Hamon, on peut indiquer :

L'étude complète de thermomètres appartenant à divers laboratoires privés et étrangers, Société du Gaz de Paris (20), Société A. Citroën (1), Poids et Mesures du Portugal (1), Poids et Mesures de Belgique (2), ainsi que celle de deux thermomètres Tonnelot 4409 et Baudin 16249, appartenant au Bureau international, thermomètres accidentés et réparés par Prolabo;

la détermination de la position du zéro des thermomètres en usage pour les services du Bureau, et des thermomètres appartenant à des laboratoires extérieurs.

A la suite de la discussion des résultats de l'étalonnage de la règle T₄, et de l'explication des différences d'allure systématique entre les divers étalonnages, MM. Cabrera et Moreau ont appliqué les mêmes méthodes à la discussion des résultats du calibrage des thermomètres. Ce problème diffère de celui de l'étalonnage d'une règle en ce que les observations sont rapportées à une unité qui change avec la section du tube. Cette étude leur a permis de remanier un peu les méthodes de calcul employées actuellement au Bureau international pour le calibrage de thermomètres. Elle aura une application aux thermomètres à tige de quartz, lesquels présentent à l'heure actuelle des corrections de calibre plus fortes que celles des tiges thermométriques en verre.

M. Cabrera s'est occupé aussi des formules à employer pour l'équation d'état des gaz. Des expériences, réalisées à Madrid par le professeur Moles, semblent indiquer que dans l'expression $1/pv = a + bp + cp^2 + \dots$, le terme en p^2 est négligeable dans le domaine des pressions : 0 à 1 atm., à la température 0°C, et pour tous les gaz étudiés. Par contre, les résultats de l'école de Leyde, exprimés par la formule $pv = a' + b'p + c'p^2 + \dots$, indiquent que le coefficient c' , et, encore moins, le coefficient c ,

ne sont pas négligeables pour certains gaz (CO_2 , SO_2 , etc.). Dans le cas des gaz permanents (gaz rares, H_2 , N_2 , O_2), c et c' sont tous les deux très petits; donc cette discordance ne touche pas directement la thermométrie à gaz; il était néanmoins intéressant d'essayer d'expliquer ce désaccord de principe. M. Cabrera a calculé (1940) le troisième coefficient du viriel (c , c' , etc.) d'après la théorie moderne des gaz imparfaits; ces résultats semblent donner raison à l'école de Leyde, dans ce sens que c' doit être plus petit que c .

Mesures
électriques.

Travaux sur les étalons. — Le travail fondamental dans ce domaine a été l'étude périodique annuelle exécutée par M. Romanowski des étalons électriques déposés au Pavillon de Breteuil par les Laboratoires nationaux avant l'automne 1939.

Pour ce qui concerne les résistances, l'unité, telle qu'elle résultait des intercomparaisons internationales de février 1939 a été d'abord conservée au moyen d'un groupe de 6 ohms, appelé « groupe-ohm » GO_1 . La composition de ce groupe a été modifiée en 1942 à la suite des travaux de comparaison effectués cette année, et le groupe fut alors désigné par le symbole GO_2 . Il est resté en vigueur jusqu'aux comparaisons de 1945. A l'heure actuelle, le groupe-ohm se compose de 4 ohms, chacun d'eux représentant un constructeur, mais tous du type hermétique avec des filaments artificiellement stabilisés, c'est-à-dire ayant subi un recuit à haute température. Voici la composition de ce groupe, appelé GO_3 : N° 85 du National Bureau of Standards (1), N° 717 du National Physical Laboratory (1), N° 34052 du Laboratoire Électrotechnique (1), N° 269 965 appartenant au Bureau international, construit par la Maison Leeds et Northrup.

D'après les travaux antérieurs à 1939 et des travaux de 1940-1941, on a attribué aux ohms des divers groupes ci-dessus une formule de l'évolution dans le temps. Le groupe GO_3 a ainsi la formule suivante :

$$R_t = 0,999\,775\,1 + 0,002\,603\,7 \cdot 10^{-6} t,$$

t étant le nombre de jours écoulés depuis le 15 février 1939, date de la dernière comparaison au Pavillon de Breteuil.

Aux comparaisons effectuées en février 1946 ont participé, pour la première fois depuis 1939, les ohms « voyageurs » de trois

(1) Construit par ce Laboratoire lui-même.

pays : des États-Unis (3 ohms), de la Grande-Bretagne (1 ohm), et de la France (2 ohms). Leur présence nous a permis de nous rendre compte de la position qu'occupait l'unité conservée au Pavillon de Breteuil par rapport aux unités conservées dans les laboratoires de ces pays. D'une façon générale, l'unité B. I. P. M. est, conformément à notre attente, intermédiaire entre les unités nationales en question; elle est même assez exactement la moyenne entre l'unité des États-Unis et de la Grande-Bretagne. On peut en conclure que le fait de garder une unité au moyen des ohms de fabrications différentes, mais tous d'excellente qualité, paraît être un procédé donnant satisfaction. Mais la conclusion définitive ne pourra être tirée que lorsque tous les ohms voyageurs auront regagné leur laboratoire d'origine et auront été recomparés aux étalons qui sont restés dans leur pays.

Un travail analogue a été effectué par M. Romanowski sur les éléments Weston qui représentent le volt international. Il faut toutefois en signaler deux caractéristiques qui le différencient du précédent :

1^o On a pris comme groupe étalon un groupe réunissant presque tous les éléments qui étaient à notre disposition, sans tenir compte de leur origine ou de leur mode de fabrication. Le groupe de 47 éléments ainsi constitué a été appelé « groupe-volt » GV_1 . Il se compose des dix sous-groupes suivants : R_1 , composé de 4 éléments de la P. T. R.; S_2 , composé de 6 éléments, et S , composé de 4 éléments du N. B. S.; C_2 , composé de 4 éléments du L. C. E.; E , composé de 5 éléments de l'E. T. L.; M_1 , composé de 6 éléments de l'I. M. A ces sous-groupes nationaux étaient adjoints trois sous-groupes, de 6 éléments chacun, appartenant au Bureau international et désignés par les symboles I_1 , I_A , I_B .

2^o On a admis la constance dans le temps de la moyenne des éléments du groupe GV_1 . Cette décision a été dictée par le fait qu'il est pratiquement impossible d'assigner une formule d'évolution plausible à un ensemble d'éléments d'une aussi grande diversité. L'étude périodique de ce groupe a été effectuée en même temps que celle du groupe-ohm, c'est-à-dire au début de chaque année. En 1946, ont participé aux comparaisons les éléments voyageurs des trois mêmes pays qui nous ont envoyé des ohms voyageurs, c'est-à-dire 3 éléments des États-Unis, 3 éléments de la Grande-Bretagne, et 5 éléments de la France. La discordance

entre l'unité gardée au Bureau international et les unités de la Grande-Bretagne et de la France n'est pas supérieure à 1 cent-millième. Il n'a pas été possible de tirer une conclusion au sujet des éléments des États-Unis, dont les valeurs en volts du N. B. S. nous ont été données à 28° C. Il faut ici, comme pour les ohms, attendre le retour des éléments dans leur laboratoire d'origine.

L'ensemble des résultats sur les étalons a été résumé dans un rapport polycopié : « Conservation des unités électriques au Bureau international pendant les années 1939 à 1945 ». Ce rapport est joint actuellement aux certificats délivrés par le Bureau international.

L'étude des étalons a été accompagnée de celle des instruments de passage de 1 à 10 ohms et de 10 à 100 ohms. Ces déterminations ont été effectuées soit au pont double, soit au pont-potentiomètre, soit encore aux deux appareils à la fois, ce qui nous a permis d'avoir un contrôle réciproque très précieux des deux méthodes de mesure. La valeur 10 ohms a été reportée sur les deux étalons de 10 ohms qui sont la propriété du N. B. S., en dépôt au Pavillon de Breteuil. Le résultat de tous ces travaux est qu'il est hasardeux, lorsqu'on recherche une haute précision, de se fier à la constance des résistances supérieures à 1 ohm.

Travaux sur les instruments de mesure. — Chaque fois que les conditions de température le permettaient, M. Romanowski a effectué les déterminations des corrections d'ajustage de tous les appareils de mesure : potentiomètre servant à la comparaison des éléments Weston, pont-potentiomètre, boîte de résistance servant de shunt au pont double. Pour cette dernière, on a également pratiqué la détermination de sa valeur au moyen de l'étalon de 100 ohms. La connaissance de la valeur de la boîte en ohm international ou en ohm absolu est en effet nécessaire pour la réduction des expériences au pont double. Dans tout ce genre de travaux, on a cherché à constituer des dossiers modèles de façon à rendre le travail, destiné à être répété chaque année, aussi rapide que possible.

Étalonnages. — Le nombre des étalons étudiés pour l'extérieur a été naturellement très restreint pendant la guerre. Nous avons eu cependant, en plus de quelques étalons appartenant à des laboratoires français, en 1942, l'ohm n° 3751 de

la P. T. R. Depuis la reprise des relations internationales, le Bureau a reçu les étalons voyageurs d'ohm et de volt déjà mentionnés ci-dessus, et un groupe de 6 éléments Weston du N. P. L., en remplacement du groupe N, qui avait été déposé en 1932 et qui s'est détérioré. Le nouveau groupe sera, après l'étude de sa stabilité, incorporé au groupe-volt du Bureau international.

Un ensemble de 5 ohms et de 4 éléments Weston, étalons nationaux de la Belgique, a été étudié en automne 1945 et reporté à Bruxelles par M. Romanowski en juin 1946.

Étude de l'alliage or-chrome. — Nous nous sommes adressés au Comptoir Lyon-Alemand dans l'espoir d'aboutir à la construction des étalons en alliage or-chrome découvert par le Dr Thomas, physicien au N. B. S. M. Romanowski a passé la commande de trois échantillons ayant des teneurs en chrome respectivement égales à 1,90%, 1,97% et 2,05%. Les deux premiers ont été réussis, et l'on a pu en mesurer la résistivité et le coefficient de température. Le troisième, le plus important (puisque c'est l'alliage préconisé par le Dr Thomas), avait malheureusement des défauts (bulles), qui en ont, aussitôt après l'étrépage, provoqué la cassure. Depuis lors, les difficultés où se débat l'industrie en France ont complètement entravé la fabrication des nouveaux échantillons. Il semblerait toutefois que les possibilités du travail du Comptoir Lyon-Alemand doivent s'améliorer. Une entrevue que nous avons eue avec le Dr Thomas, lors de son passage à Sèvres, nous a été profitable, pour rectifier certains procédés pratiques permettant d'obtenir les fils de $0^{mm},7$ de diamètre exempts de défauts.

Expériences exécutées au Laboratoire Central des Industries Électriques. — En l'hiver 1945-1946, M. Romanowski a suggéré à M. Hérou, Ingénieur du Laboratoire Central des Industries Électriques, d'expérimenter la méthode du pont Maxwell-Wien pour la comparaison précise des inductances de valeurs nominales très différentes. Cette méthode avait été préconisée par M. Hérou dans un article publié à la Revue Générale d'Électricité, et paraissait résoudre le problème que M. Romanowski étudiait depuis longtemps : coordination internationale des henrys, au même titre que celle des ohms et des volts, et servant de départ, dans les divers laboratoires nationaux, à la détermination absolue de l'ohm. Les expériences eurent lieu au L. C. I. E. grâce à l'obligeance de son Directeur, M. L. Sartre. Elles ont

confirmé les prévisions des physiciens, en montrant que, même avec un pont constitué par des appareils du type industriel, il est possible de comparer des inductances très différentes avec une précision du cent-millième. Ces résultats ont été signalés dans une Note aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, où les auteurs expriment la conviction qu'avec des appareils spéciaux il serait possible d'obtenir une précision sensiblement plus élevée. Parmi ces appareils, il faut surtout signaler celui qui réaffirmerait le rapport des résistances, rapport auquel doit être rattaché celui des inductances. C'est ici que pourrait être appliqué le principe de construction analogue à celui des étalons de variation vus plus haut. Ce travail a également fait l'objet d'une conférence devant la Société française des Électriciens.

Études théoriques. — L'étude des méthodes pour le calcul des inductances des bobines a conduit M. Romanowski à reconsidérer entièrement le problème de l'énergie électromagnétique du conducteur massique. Le résultat de ce travail a été la publication d'un mémoire intitulé « Introduction au calcul des inductances » inséré dans nos Travaux et Mémoires. La première partie sert de liaison entre les formules figurant dans les traités classiques d'électricité et les formules effectivement utilisées par les électriciens pour le calcul des inductances des divers circuits. La deuxième partie contient les applications, tous les calculs étant conduits suivant un mode unique, conforme à l'exposé contenu dans la première partie.

Le problème général de la répartition du courant dans un conducteur a été étudié par MM. Cabrera et Romanowski. Il a nécessité un travail bibliographique très important, tant du côté analytique que du côté de l'électromagnétisme théorique.

La question de la quatrième unité indépendante a toujours intéressé, non seulement les électriciens, mais en général tous les physiciens du Bureau international. Elle a été l'objet de nombreuses discussions. A titre d'application, M. Romanowski a rédigé le Mémoire cité ci-dessus, en utilisant le système d'unités basé sur le mètre, le kilogramme, la seconde et le coulomb.

La participation de M. Romanowski aux travaux de comparaison des inductances a nécessité de sa part une documentation générale approfondie sur les mesures en courant alternatif, et sur les précautions permettant l'obtention d'une précision élevée dans cette branche si complexe de la métrologie électrique. Un

grand nombre de questions connexes ont été également abordées dans ce domaine : galvanomètres à résonance, étude des constantes de temps, étude des angles de perte des condensateurs; une bibliographie a dû être faite sur le pont de Wheatstone en courant alternatif et sur les erreurs qu'il peut comporter (par suite des impédances de fuite, des inductances mutuelles des bras entre eux, etc). Le problème de la stabilité de la fréquence a été également traité, surtout au point de vue de l'obtention de la fréquence 100 p/s, considérée comme une harmonique de celle de 1000 p/s, cette dernière étant supposée donnée par le courant étalon envoyé par le Laboratoire National de Radioélectricité de Bagneux.

Comparaison des étalons d'intensité lumineuse. — Pendant l'hiver 1942-1943, M. Terrien a organisé une intercomparaison des étalons d'intensité lumineuse qui se trouvaient au Pavillon de Breteuil, et qui comprenaient les étalons appartenant au Bureau, ceux des laboratoires L.C.E., N.B.S. et P.T.R. Ces lampes étaient réparties en deux groupes de 15 lampes, l'un à 2046° K., l'autre à 2360° K. Deux observateurs ont effectué l'un et l'autre toutes les mesures visuelles au photomètre; de plus, chaque mesure était reprise avec le photomètre à cellule au sélénium. Les résultats ont montré que la précision a été abaissée par des différences de couleur appréciables, dues au mauvais réglage des températures de couleur pour les lampes d'un des laboratoires, et pour les lampes du Bureau. Cependant, la moyenne relative à chaque laboratoire permet de comparer les unités d'intensité lumineuse des pays représentés. Malgré le petit nombre de lampes, et l'absence de contrôle par retour des lampes au laboratoire d'origine, le rapport des unités concorde avec les résultats du N.P.L. en 1939, les écarts étant tous inférieurs à 0,3 %.

En 1945, un nouveau groupe de lampes, provenant du N.P.L., a été adjoint aux lampes précédentes. Les étalons du Bureau ont été réajustés en température de couleur. On a procédé à une nouvelle comparaison générale, répétée deux fois, en mars et en mai 1946. Cette fois, les mesures visuelles ont été entièrement abandonnées au profit de la méthode photoélectrique. De nombreuses études ont en effet montré que cette dernière méthode donne plus rapidement les mêmes résultats que la méthode visuelle.

Études sur la précision de la photométrie visuelle. — Nous avons signalé précédemment les études instrumentales effectuées par M. Terrien pour assurer, aux mesures de longueur sur le banc photométrique et aux mesures électriques, une précision élevée; la précision est de l'ordre de 10^{-3} pour les premières et de 10^{-5} pour les secondes. Ces résultats sont bien meilleurs que la précision du photomètre visuel à contrastés du modèle classique. Aussi a-t-on cherché s'il était possible d'améliorer la sensibilité des photomètres visuels.

Une première série d'expériences a consisté à répéter des observations visuelles dans des conditions aussi identiques que possible, et à étudier la répartition des écarts par rapport à la moyenne des lectures. On obtient une répartition régulière, analogue à celle de Gauss, avec un écart probable de 0,20 à 0,25 %.

On a ensuite cherché à réduire le contraste, qui est de 8 % dans le photomètre visuel; M. Terrien y est parvenu très simplement, en remplaçant les lamelles de verre de l'appareil par des lamelles dont la surface avait été « traitée » à l'Institut d'Optique de façon à réduire de moitié les réflexions vitreuses sur ses faces. Le contraste était alors réduit à 3,5 % environ. L'écart probable a été trouvé deux fois plus faible, soit 0,14 %.

Les chariots photométriques sont très robustes et rigides, mais aussi très lourds. Ils sont montés sur roulements à billes, de sorte que les frottements sont très faibles; mais l'inertie de la masse à mouvoir, qui atteint 33^{kg},5 lorsque deux chariots sont accouplés, ne risquait-elle pas d'entraver la facilité des mouvements du photométriste ? Un chariot spécial a été construit, beaucoup plus léger, puisqu'il pèse avec la lampe 1^{kg},1, et pourtant muni des accessoires indispensables pour ne rien perdre en précision. Contrairement à l'opinion émise généralement, M. Terrien n'a trouvé aucune amélioration de la sensibilité photométrique visuelle en diminuant la masse mobile, ce qui justifie après coup la prédominance qu'il avait accordée, au moment de la construction du banc, à la robustesse et à la rigidité des chariots.

Le photomètre classique est monoculaire. Certains auteurs soutiennent que la sensibilité aux faibles contrastes est meilleure lorsqu'on regarde avec les deux yeux. Un montage a été essayé pour mettre à l'épreuve cette opinion. Les expériences n'ont pas donné de résultat assez net pour justifier la construction d'un photomètre binoculaire; un tel appareil paraît en effet difficile à réaliser simplement.

Une direction de recherches plus prometteuse a été suggérée par des expériences d'Yves Le Grand, d'après lesquelles il y aurait avantage à resserrer, dans une limite angulaire plus étroite qu'on ne fait généralement, les lignes de séparation des plages photométriques à contrastes. Aucun constructeur français n'ayant accepté de faire des cubes de Lummer selon nos indications, M. Terrien, aidé de MM. Moreau et Cabrera, a essayé d'en fabriquer par aluminure. Des cubes assez bons ont été obtenus, et l'expérience a montré, avec l'un des observateurs, un avantage net de la nouvelle disposition des plages; avec un autre observateur, cet avantage ne s'est pas manifesté. Les expériences ont été interrompues; car la préparation de cubes à limites suffisamment nettes est très délicate et demande beaucoup de temps, et les expériences ne peuvent donner des résultats sûrs qu'avec un photomètre spécialement et très soigneusement construit. Il y aurait grand intérêt à reprendre cette étude, certains des résultats obtenus jusqu'ici semblent montrer qu'un progrès pourrait en résulter.

Enfin, toujours au sujet de la sensibilité photométrique de l'œil, M. Terrien a recherché l'influence d'une différence de couleur de plus en plus grande entre les deux lampes. Il faut que la différence de température de couleur atteigne 40 degrés (au voisinage de 2360° K), pour que l'écart probable commence à devenir plus grand. Ainsi, devant une légère différence de couleur, l'observateur n'hésite pas sur le jugement d'égalité de brillance. Mais l'accord entre observateurs dans ces conditions est une question plus importante; M. Terrien pense que l'écart qui se manifeste entre deux observateurs devant des colorations très voisines n'est pas proportionnel à la différence de température de couleur; il provoque des erreurs relativement plus grandes pour les faibles différences.

Équation personnelle photométrique. — Toutes les observations photométriques visuelles sont répétées en nombre égal pour les quatre positions du photomètre, qui résultent d'un basculement de l'appareil autour d'un axe horizontal perpendiculaire à l'axe du banc, et d'une rotation d'un demi-tour autour d'une verticale. Le premier basculement fait apparaître la dissymétrie du photomètre; la seconde rotation met en évidence une dissymétrie de l'œil de l'observateur, variable en grandeur et en signe d'un individu à l'autre. M. Terrien a étudié ce phénomène,

qui peut occasionner, si l'on ne s'en méfie pas, des erreurs atteignant 1 % ; les résultats ont été publiés dans un article, où il les a comparés à d'autres dissymétries des perceptions oculaires.

Photométrie par photopile. — Le photomètre à photopile au sélénium, construit sur les indications de M. Terrien, permet de comparer les intensités lumineuses de deux lampes avec une fidélité de l'ordre de $0,2 \cdot 10^{-3}$, c'est-à-dire qu'il est en harmonie avec la précision des mesures de longueur et des mesures électriques, que l'on croyait pourtant, lors des premières installations, avoir réalisées avec une marge de sécurité telle que la fidélité soit toujours limitée par le photomètre. Mais cette reproductibilité des résultats ne garantit pas à elle seule que des erreurs systématiques ne viennent pas les fausser tous d'une même quantité. De nombreuses expériences, rendues très délicates par le niveau de précision atteint, ont été entreprises pour rechercher de telles erreurs.

La comparaison des mesures à la cellule et à l'œil, avec un grand nombre de pointés visuels pour essayer de retrouver sur la moyenne une précision qui ne soit pas trop différente de la fidélité photoélectrique, n'a pas donné de désaccord supérieur à l'incertitude des mesures visuelles; ou, s'il s'en présentait, il a toujours été reconnu qu'une telle divergence était attribuable à d'autres imperfections, localisées dans les circuits électriques par exemple. Ce fut d'ailleurs un des résultats heureux de ces expériences : mettre en évidence de petits défauts susceptibles d'influencer l'exactitude des mesures. Ces comparaisons œil-cellule ont été reprises avec des variations de plusieurs facteurs : comparaison d'une lampe à filament de carbone à une lampe à filament de tungstène, ou d'une lampe à 2046° K à une lampe à 2360° K, élimination de l'infrarouge par un filtre. La conclusion de ces expériences a été que, même avec une photopile nue, la comparaison de lampes à incandescence de températures de couleur voisines, à filament de tungstène ou de carbone, malgré les petites différences de composition spectrale de leur rayonnement, peut être effectuée sans que l'erreur atteigne 1 pour mille. Avec une photopile munie d'un filtre correcteur, telle que celle qui est utilisée pour les comparaisons réelles, l'erreur à craindre est entièrement négligeable. Le facteur le plus important à surveiller est l'uniformité de l'éclairement sur la photopile. En

effet, celle-ci offre une surface plus grande que celle qui est utilisée dans un photomètre visuel; mais les étalons de bonne qualité ne doivent pas présenter de variations d'intensité lumineuse sensibles au voisinage de la direction moyenne d'utilisation.

L'emploi des photopiles en photométrie de précision est possible pour des éclairagements moyens, de l'ordre de 10 lux, mais serait à prohiber pour des éclairagements trop faibles. M. Terrien a observé que des effets parasites, dont quelques-uns sont déjà connus, se manifestent dans ces conditions. Lorsqu'on plonge dans l'obscurité une photopile préalablement éclairée, elle continue à débiter un courant décroissant avec le temps. Mais, et ce fait n'a jamais été signalé, ce courant résiduel est dans le même sens que le courant photoélectrique pour les unes, de sens contraire pour les autres; sa grandeur est très variable d'une cellule à l'autre. Aux faibles éclairagements, ces courants résiduels sont une fraction importante du courant photoélectrique auquel ils se superposent, d'une façon qui dépend de l'histoire antérieure des éclairagements reçus. Aux éclairagements plus forts, ces courants parasites augmentent, mais plus lentement que le courant photoélectrique, et ils deviennent ainsi négligeables aux éclairagements supérieurs à quelques lux.

Mesures des températures de couleur. — Le réglage des étalons du Bureau à la température de couleur désirée a été effectué d'abord par comparaison visuelle, au photomètre de Lummer, avec des étalons qui, par la suite, furent d'ailleurs reconnus mal réglés. Cette méthode est longue, et pour ménager les lampes des laboratoires nationaux et éviter leur usure, M. Terrien a adopté une méthode photoélectrique, utilisant son photomètre à photopile. Elle consiste à comparer deux fois l'intensité lumineuse d'une lampe à celle d'un étalon, avec un filtre rouge, puis avec un filtre vert. Les deux résultats ne sont identiques que si les températures de couleur des deux lampes sont égales; sinon leur rapport permet, après calibrage pour deux températures, 2046° et 2366° K par exemple, de connaître la différence qui existe entre les températures des deux lampes. De telles mesures sont très rapides, et elles s'accordent bien avec les mesures visuelles, beaucoup plus pénibles.

Les résultats ont montré que les étalons d'intensité lumineuse des laboratoires nationaux sont ajustés à la température de

couleur désignée, avec une tolérance souvent trop lâche. Les lampes d'un même laboratoire diffèrent entre elles de quantités atteignant 20 degrés.

De plus, la température moyenne d'ajustage diffère d'un pays à l'autre. Quelle que soit la méthode par laquelle on compare l'intensité lumineuse de ces étalons, il est souhaitable, pour la qualité des résultats, que l'ajustage en température de couleur soit réalisé avec une approximation qui ne soit pas inférieure à ± 5 degrés environ, tolérance encore peu sévère; mais qui serait un progrès sensible sur la situation actuelle.

Études sur les étalons d'intensité lumineuse. — La principale qualité d'un étalon est sa stabilité. En général, ceux qui ont été remis au Bureau par les laboratoires nationaux sont stables. Quelques-uns pourtant ont montré des variations incohérentes de leur résistance électrique; on a observé que, sur l'un des crochets supports, le filament n'était pas bien assujéti.

Une particularité assez importante de ces étalons est le rôle joué par les réflexions vitreuses sur le fond de l'ampoule. Celle-ci, selon les laboratoires, est, soit cylindrique, soit conique à axe droit, soit conique à axe incliné. Les étalons dont l'ampoule a la forme citée en dernier doivent être placés derrière un écran qui masque toute lumière réfléchie. Les autres envoient sur le photomètre des rayons réfléchis; cette lumière réfléchie est nuisible de deux façons : comme elle ne provient pas d'une image réelle coïncidant avec le filament, la loi de l'inverse du carré des distances ne peut lui être appliquée; comme on l'applique faute de mieux à l'ensemble de la lampe, il y a à craindre des erreurs, qui seraient fort atténuées si les étalons avaient des intensités lumineuses voisines, au lieu de différer d'un pays à l'autre, entre 9 à 40 bougies; de plus, les irrégularités de l'ampoule et les ombres portées par les supports du filament sont la cause des variations capricieuses observées pour certaines lampes dans la répartition de l'intensité autour de la direction moyenne d'utilisation. M. Terrien a étudié cette répartition sur plusieurs types de lampes, d'abord avec son photomètre à photopile, puis avec son amplificateur photoélectrique, qui permet d'explorer une très petite surface éclairée. La forme la plus mauvaise d'ampoule à ce point de vue est la forme conique droite.

D'après les observations de M. Terrien, les lampes prennent très rapidement, lorsqu'on les allume, leur intensité lumineuse

de régime; après 3 minutes, temps nécessaire pour l'ajustage exact au potentiomètre de l'alimentation électrique, on ne peut plus déceler d'évolution de l'émission lumineuse, même avec la précision du photomètre à photopile, par rapport à une lampe tare allumée depuis un très long temps.

Pourtant, certaines lampes à filament de tungstène, de fabrication française, montrent une diminution progressive, de plus en plus lente, de leur résistance électrique. Si on les alimente à différence de potentiel constant, leur intensité lumineuse ne varie pas, même après plusieurs heures, mais elle diminue si on les alimente à courant constant. Ces particularités sont importantes pour les lampes tares, auxquelles on demande une constance parfaite pendant des séries de mesures pouvant durer une demi-journée ou une journée entière.

Mesures de flux. — Le Bureau n'a reçu encore aucun étalon de flux lumineux. Les études de M. Terrien pour la comparaison d'étalons de cette espèce ont porté sur le choix de la méthode d'utilisation de la sphère, et sur les propriétés diffusantes des peintures et des verres opalins dépolis ou non.

La méthode adoptée pour les mesures de flux est celle qui consiste à déterminer, au moyen du photomètre à photopile, l'intensité lumineuse d'une fenêtre diffusante ménagée dans la paroi de la sphère d'Ulbricht; la distance photomètre-fenêtre, assez courte, sera invariable, et une lampe mobile sur le banc sera déplacée jusqu'à donner l'équilibre photométrique.

La diffusion de la peinture blanche à l'oxyde de zinc et à la gélatine, qui a été adoptée au Bureau jusqu'ici pour la sphère, a été étudiée sur un échantillon plan, qui avait été peint en même temps que la sphère et par le même procédé, avec un pistolet à peinture. La répartition des brillances, dans le plan d'incidence, et en dehors de ce plan pour une incidence de 45° , a été mesurée par M. Terrien avec le support goniophotométrique qu'il a fait construire à l'atelier du Bureau. Cette répartition diffère sensiblement de la diffusion parfaite; une plus grande partie de lumière est renvoyée vers la source; mais il n'y a aucun signe de réflexion spéculaire; ces propriétés s'expliquent par le relief granuleux de la couche de peinture.

Quant au verre opalin, surtout s'il est dépoli du côté de la source de lumière, il constitue un diffuseur presque parfait, mais assez absorbant.

Monochromateurs. — M. Terrien a étudié théoriquement le comportement d'un monochromateur, lorsque, interposé entre une source de rayonnement et un récepteur, il doit entrer dans un montage destiné à la mesure de la répartition spectrale de ce rayonnement. Il a discuté, dans trois articles publiés par les soins de l'Institut d'Optique, l'influence des aberrations, du choix des largeurs de fente, des effets d'œil-de-chat qui font varier l'étendue géométrique des faisceaux, de la courbure des raies dans les appareils à prismes, de la combinaison de ces diverses influences, etc. Il pense qu'un bon monochromateur permettrait de reprendre la question de la photométrie hétérochrome, conformément aux définitions adoptées par le Comité international, et d'effectuer les comparaisons de deux lampes de couleur différente, par de simples mesures relatives spectrophotométriques, à condition qu'on connaisse, avec une approximation qui dépend du degré de parenté des deux rayonnements, la composition énergétique approchée de ces derniers. Lorsque la commande d'un monochromateur double, d'un type spécialement étudié par M. Terrien pour ce genre d'application en collaboration avec l'Institut d'Optique, aura été exécutée, des essais dans ce sens seront commencés.

Pour toutes les études photométriques, M. Moreau a été adjoint à M. Terrien, et l'a secondé dans ses nombreux travaux. Il s'est occupé de l'agencement de l'installation photométrique; il a fait avec lui les observations et exécuté les calculs de réduction. Il s'est également chargé de l'établissement d'un important fichier bibliographique, qui, partant de 1926, complète la bibliographie donnée dans le traité « *Photometry* » de J. W. T. Walsh.

Divers.

Dans le compte rendu qui précède des travaux exécutés au Bureau international, je n'ai pu nommer individuellement que les auteurs principaux. Pendant cette longue période, nos jeunes calculateurs, MM. Leclerc et Hamon, ont complété leur instruction de physicien et de métrologiste dans les cours du soir et du samedi, qu'ils ont suivis avec assiduité au Conservatoire National des Arts et Métiers. L'un et l'autre ont particulièrement brillé aux examens qui ont clôturé chaque année de ces cours, et ils ont fait bénéficier le Bureau de la forte instruction ainsi acquise. Ils ont le plus souvent été chargés, chez nous, de l'organisation des expériences et des calculs de réduction, qu'ils ont toujours exécutés avec habileté, intelligence et sûreté.

M. Leclerc s'est consacré plus spécialement aux études électriques, et M. Hamon aux expériences d'interférométrie. Il serait injuste de ne pas reconnaître la part encore considérable qui revient à leur collaboration dans le succès de nos travaux.

Quant à M. Girard, entré tout récemment, il suit déjà fort bien la trace et l'exemple de ses anciens.

Bien souvent, dans les pages ci-dessus, j'ai signalé les services que nous a rendus notre petit atelier de Mécanique. En fait, pendant ces six longues années où il a été pratiquement impossible d'obtenir quelque chose de l'industrie privée, c'est sur nos deux mécaniciens, MM. R. Hanocq et R. Michard, qu'a reposé toute la charge de l'entretien des instruments, de leur mise à jour, de leur rénovation, et parfois même de constructions nouvelles. Quoique l'un d'eux soit resté mobilisé pendant 17 mois, ils se sont montrés remarquablement à la hauteur de cette tâche délicate, et le Bureau leur doit des compliments.

Dans un établissement scientifique comme le nôtre, le côté administratif du travail est forcément laissé dans l'ombre; et peut-être à tort; car il n'y aurait pas de bon travail scientifique s'il n'y avait une administration vigilante. C'est M. Minault qui, secondé par M^{me} Babolat et M^{me} Brochard, en a assumé la lourde charge, qu'il a constamment conduite à bien dans des circonstances dont on imagine facilement l'extrême difficulté au cours des événements que nous avons traversés. Si je ne puis donner le développement mérité à l'exposé de son travail, qu'il trouve du moins ici les remerciements que, personnellement, je dois à lui et à ses collaboratrices pour leur activité, leur zèle et leur dévouement à notre institution.

Conférences au Bureau international. — Au cours des réunions que je tiens régulièrement, du personnel scientifique du Bureau, un certain nombre d'exposés ont été présentés. En voici les sujets :

- CH. VOLET, Propriétés métrologiques des aciers au nickel (paru dans la *Revue de Métrologie Pratique*, 1941, t. 2, p. 217).
- A. PÉRARD, Les mesures faites sur les étalons en quartz, témoins de l'unité métrique.
- N. CABRERA, Sur un mode nouveau d'emploi des franges de superposition pour la comparaison de deux étalons optiques. Application à la mesure des fils géodésiques (paru aux *Comptes rendus*, 1941, t. 212, p. 78).

- M. ROUX, La réalisation de l'échelle thermodynamique des températures par le moyen du thermomètre à gaz.
- H. MOREAU, Quelques indications sur les principaux verres thermométriques. Leurs propriétés et emploi dans les thermomètres étudiés au Bureau international des Poids et Mesures (paru dans la *Revue de Métrologie Pratique*, 1942, t. 3, p. 23).
- J. TERRIEN, Note sommaire sur les principes de la photométrie hétérochrome.
- A. BONHOURS, Traitement du fil d'invar et préparation des fils géodésiques au Bureau international des Poids et Mesures (paru dans la *Revue de Métrologie Pratique*, 1941, t. 2, p. 273).
- J. TERRIEN, Mesure des flux lumineux à la sphère d'Ulbricht. Principe de la méthode.
- J. TERRIEN, Mouvement brownien et sensibilité limite des galvanomètres.
- M. ROMANOWSKI, Résistances de précision.
- N. CABRERA, La métallisation des surfaces, d'après les auteurs récents.
- M. ROMANOWSKI, Unité électrique fondamentale.
- M. ROUX, Double prisme de Kösters (paru dans la *Revue de Métrologie Pratique*, 1942, t. 3, p. 9).
- H. MOREAU, Sensibilité et retard des thermomètres.
- A. PÉRARD, Un exemple de la répartition des erreurs fortuites données par les fils géodésiques.
- CH. VOLET, Sur la comparaison des étalons de longueurs à traits (paru dans la *Revue d'Optique*, 1942, t. 21, p. 168).
- M. ROMANOWSKI, Détermination de l'unité de résistance électrique par la méthode des « ponts à fréquence ».
- A. PÉRARD, Quelques améliorations à apporter au Comparateur Universel,
- M. ROMANOWSKI, Sur la formule fondamentale du calcul des inductances.
- N. CABRERA, L'installation à vide de la salle XI. (Annexe aux *Procès-Verbaux* du Comité).
- J. TERRIEN, Précision des mesures en photométrie homochrome.
- N. CABRERA, Les interférences aux grandes différences de marche et la structure des raies spectrales. (2^e Thèse.)
- N. CABRERA, L'oxydation des métaux (paru aux *Comptes rendus*, 1945, t. 220, p. 111).
- N. CABRERA, Sur les propriétés optiques des couches minces d'aluminium et leur évolution dans l'air (paru dans les *Comptes rendus*, 1944, t. 218, p. 218).

- M. ROMANOWSKI, Principes de la galvanométrie.
M. ROMANOWSKI, Sur l'élément Weston.
M. ROMANOWSKI, Introduction aux mesures en courant alternatif.
M. ROMANOWSKI, Comparaison des inductances au moyen du pont Maxwell-Wien.
J. TERRIEN, La mesure des faibles courants. Emploi des lampes électromètres.
J. TERRIEN, L'amplification des faibles courants; limitations dues aux fluctuations naturelles.
N. CABRERA, La théorie électronique des métaux. I. Considérations générales.
N. CABRERA, La théorie électronique des métaux. II. Conductibilité; propriétés optiques.
N. CABRERA, La théorie électronique des métaux. III. Phénomènes superficiels.
H. MOREAU, Le recuit des verres thermométriques (paru dans *Mesures*, 1946, n° 112, p. 265).

Publications du Bureau international des Poids et Mesures.

— On connaît les retards et difficultés qu'ont rencontrés au cours de la guerre les impressions, même les plus modestes. Cependant, le Bureau international a pu enfin faire paraître son tome XX des *Travaux et Mémoires*, qui contient les mémoires annoncés à mon précédent Rapport.

En outre, un mémoire intitulé « *Les Mètres prototypes du Bureau international. Notes historiques. Renovation. Étude* », par A. Pérard et Ch. Volet, destiné au tome XXI de ces *Travaux et Mémoires*, vient de paraître. Il est suivi d'une Annexe de MM. Cabrera et Moreau « *Note sur l'étude des subdivisions du Prototype T_1* ». M. Terrien rédige actuellement, pour ce même tome, un mémoire sur les installations photométriques qu'il a réalisées au Bureau international; et M. Romanowski prépare un mémoire analogue sur ses installations destinées à la mesure des étalons électriques.

Quant à nos Procès-Verbaux, il y aurait lieu d'y insérer, si le Comité l'approuve, tout ce qui se rapportait à la session qui avait été prévue pour 1939, savoir :

les Procès-Verbaux des trois Comités consultatifs d'Électricité, de Photométrie, et de Thermométrie, comprenant un certain nombre d'annexes, parmi lesquelles :

- le *Rapport sur les comparaisons des étalons nationaux de résistance électrique*; par A. Pérard et M. Romanowski;
- le *Rapport sur les comparaisons des étalons nationaux de force électromotrice*; par M. Romanowski et M. Roux;
- le *Rapport du Directeur sur la gestion du Bureau international pendant la période comprise entre le 1^{er} juin 1937 et le 31 août 1939*.

Comme Annexe aux Procès-Verbaux de 1945-46, MM. Cabrera et Terrien ont sous presse une Note « *Sur l'obtention des couches minces par évaporation dans le vide* ».

Publications extérieures. — La plupart des Institutions signalent actuellement les impressions qui ont été faites en dehors de leurs propres publications. J'ajouterai donc ci-dessous celles qu'il convient de noter, en plus de tout ce qui vient d'être cité.

- J. TERRIEN, Emploi de cellules photoélectriques au sélénium pour la photométrie de précision (*Comptes rendus*, 1939, t. 209, p. 300).
- M. ROMANOWSKI, Les étalons de résistance électrique et leur comparaison par une variante du pont double (*Revue Générale d'Électricité*, 1940, t. XLVIII, p. 41).
- A. PÉRARD, Vito Volterra, 1860-1940 (*Cahiers de Physique*, 1941 p. III-51).
- A. PÉRARD et CH. VOLET, Comparaison, au Prototype métrique, de ses témoins et des Mètres d'usage du Bureau international des Poids et Mesures (*Comptes rendus*, 1941, t. 212, p. 71).
- A. PÉRARD, L'interférométrie appliquée. (Conférence au Conservatoire National des Arts et Métiers) (*Revue Scientifique*, 1941, nos 5 et 6, p. 271).
- N. CABRERA et J. TERRIEN, Sur les franges de superposition de deux étalons à lames parallèles (*Revue d'Optique*, 1941, t. 20, p. 35).
- N. CABRERA, Sur le retard d'un manomètre pour les basses pressions (*Revue Scientifique*, 1942, t. 80, p. 317).
- CH. VOLET et A. BONHOURE, Quelques propriétés de l'invar inoxydable (*Comptes rendus*, 1943, t. 216, p. 734).
- A. PÉRARD, Les unités principales de longueur, de masse, d'électricité, de lumière, de chaleur, et l'échelle thermométrique, telles qu'elles résultent des dernières ententes internationales. Leur représentation. Leur conservation. (Conférence à la

Société d'Encouragement, publiée dans *Appareils de mesure et de contrôle*, 1943, vol. 1, p. 101).

- J. TERRIEN, Asymétrie de la perception visuelle des plages photométriques (*Revue d'Optique*, 1943, t. 22, p. 1).
- A. PÉRARD, Métrologie. Historique et méthodes actuelles. Les aciers-nickel. Les alliages invars. Étalonnage des fils géodésiques. (3 conférences publiées par l'*Institut Géographique National*, 1944).
- H. MOREAU et N. CABRERA, Le nouveau prototype à traits du Bureau international des Poids et Mesures pour les subdivisions du Mètre (*Revue d'Optique*, 1944, t. 23, p. 255).
- M. ROUX, Appareils de pointage, microscopes et interféromètres. Études d'optique appliquée aux mesures. (*Revue de Métrologie Patique*, 1944, t. 5, p. 221).
- J. TERRIEN, Mesure photoélectrique des facteurs de transmission et de réflexion régulières (*Comptes rendus*, 1943, t. 218, p. 43).
- J. TERRIEN, Appareil pour la mesure des facteurs de transmission et de réflexion régulières (Présentation à la Société de Physique en 1944. *Journal de Physique*, 1944, p. 85) et (*Revue d'Optique*, 1944, t. 23, p. 105).
- J. TERRIEN, La production des spectres (Conférence publiée par le Centre de Perfectionnement technique en 1944).
- J. TERRIEN, Nouveau dispositif pour le contrôle des alignements (*Comptes rendus*, 1944, t. 218, p. 227).
- A. PÉRARD, Session officieuse du Comité international des Poids et Mesures (*La Nature*, 1945, n° 3102, p. 382).
- N. CABRERA, Sur les propriétés optiques des couches métalliques minces. I. Couches continues (*Journal de Physique*, 1945, t. VI, p. 248).
- J. TERRIEN, Photométrie homochrome de précision; présentation d'un appareil utilisant une photopile au sélénium (*Société Française de Physique*, 20 avril 1945; résumé dans le *Journal de Physique*. 1945, t. VI, p. 18 S).
- J. TERRIEN, Sur la transmission des monochromateurs (*Comptes rendus*, 1945, t. 220, p. 140).
- J. TERRIEN, Transmission des monochromateurs; étude théorique (*Comm. des lab. de l'Institut d'Optique*, 1945, N° 15, p. 125).
- J. TERRIEN, Du choix des largeurs de fente dans un monochromateur double (*Comm. des lab. de l'Institut d'Optique*, 1945, N° 16, p. 141).

- J. TERRIEN, Étude expérimentale d'un monochromateur double ; méthodes et résultats (*Comm. des lab. de l'Institut d'Optique*, 1945, N° 17, p. 149).
- N. CABRERA, Sur la constante diélectrique des métaux (*Comptes rendus*, 1946, t. 222, p. 134).
- Ch. VOLET, Sur la mesure absolue de la gravité (*Comptes rendus*, 1946, t. 222, p. 373).
- M. ROMANOWSKI et R. HÉROU, Adaptation de la méthode de Maxwell-Wien à la comparaison précise des étalons d'inductance (*Comptes rendus*, 1946, p. 222, p. 789).
- N. CABRERA, Sur la structure des couches solides minces (*Comptes rendus*, 1946, t. 222, p. 950).
- M. ROUX, Imperial Yard et Mètre international (*Bulletin de l'Association France-Grande-Bretagne*, 1946, N° 207, p. 1).
- A. PÉRARD, The Metric System (*Aeronautics*, 1946, Vol. XV, n° 1, p. 26).
- A. PÉRARD, Les mesures physiques (*Éditions « Que sais-je ? »* n° 244).
- M. ROMANOWSKI et R. HÉROU, La possibilité d'une comparaison des étalons d'inductance réalisés par les Laboratoires nationaux et le rôle que cette comparaison pourrait jouer dans les déterminations de l'unité électromagnétique de résistance (*Bulletin de la Société Française des Électriciens*, 1946, t. VI, p. 355).
- N. CABRERA, Perturbation par changement des conditions aux limites (*Cahiers de Physique*; sous presse).
- N. CABRERA, Sur le facteur de réflexion et la théorie électronique des métaux (*Cahiers de Physique*; sous presse).
- N. CABRERA et J. TERRIEN, Retard d'un manomètre Knudsen comportant un système oscillant (*Revue Scientifique*, 1946, t. 84, p. 224).
- G. GUADET et A. PÉRARD, Charles Fabry (*Bull. de la Société des Amis de l'École Polytechnique*; à paraître incessamment).

Suivant l'usage, la liste des Certificats et Notes d'étude est reproduite ci-après.

CERTIFICATS

DÉLIVRÉS DU 1^{er} SEPTEMBRE 1939 AU 31 AOUT 1946

1.	1939	Sept.	29.	Deux thermomètres Prolabo, n ^{os} 258 et 259.....	{	Société Prolabo, Paris.
2.	»	Oct.	24.	Un fil de 24 ^m , n ^o 1167.....		Université, La Havane.
3.	»	»	25.	Un ruban de 4 ^m , n ^o 115 U5..		Id.
4.	»	Nov.	3.	Six thermomètres Prolabo, n ^{os} 409548 à 409553.....	{	Compagnie du Gaz de Paris.
5.	»	»	17.	Quatre fils de 24 ^m , un fil de 8 ^m	{	Service topographique des Indes néerlandaises.
6.	»	»	28.	Trois fils de 24 ^m , un fil de 8 ^m .	{	Ministère des Colonies, Lisbonne.
7.	»	Déc.	4.	Un fil de 20 ^m , n ^o 110.....	{	Service Central Hydro- graphique, Paris.
8.	»	»	5.	Dix broches à bouts sphé- riques.....	{	Laboratoire Central des Fabrications d'Armement, Paris.
9.	»	»	6.	Un Thermomètre Baudin, n ^o 16048.	{	Laboratoire d'Essais du Conservatoire, Nat. des Arts et Métiers, Paris.
10.	1940	Janv.	17.	Quatre fils de 24 ^m , n ^{os} 1168 à 1171.....	{	Commission Nat. pour la mesure d'un arc de méridien, La Plata.
11.	»	»	17.	Quatre fils de 24 ^m , n ^{os} 1172, 1173, 1189, 1190.....	{	Id.
12.	»	»	20.	Un fil de 8 ^m , n ^o 1153.....		Id.
13.	»	»	22.	Un ruban de 4 ^m , n ^o 1551 U103.		Id.
14.	»	»	23.	Un ruban de 4 ^m , 13g R-9 n ^o 70.....	{	Institut Cartogra- phique Militaire, Bruxelles.
15.	1940	Janv.	24.	Cinq fils de 24 ^m , un fil de 8 ^m .		Id.

16.	»	Fév. 16.	Une règle de 1 ^m , n° 351.....	} Société Genevoise d'Instruments de Physique.
17.	1941	Janv. 20.	Un calibre étalon à bouts plans de 200 ^{mm}	
18.	»	Avril 10.	Un étalon décimétrique en nickel, n° 158.....	} Société française Radio- électrique, Levallois.
19.	»	» 21.	Deux thermomètres Prolabo, n°s 260 et 261.....	
20.	»	» 25.	Deux thermomètres Prolabo, n°s 262 et 263.....	} Id.
21.	1942	Fév. 14.	Trois fils de 20 ^m , n°s 2, 4, 12.	
22.	»	» 25.	Six étalons à bouts sphériques de 150 ^{mm} , 200 ^{mm} , 300 ^{mm} , 400 ^{mm} , 500 ^{mm} , 600 ^{mm}	} La Précision Méca- nique, Paris.
23.	»	Avril 16.	Un fil de 8 ^m , n° 1159.....	
24.	»	» 17.	Quatre fils de 24 ^m , n°s 1192 à 1195.....	} Id.
25.	»	» 18.	Un ruban de 4 ^m , n°s 1551 U 105.....	
26.	»	» 24.	Trois éléments Weston, n°s 70154, 122703, 122704..	} Matériel Électrique de Contrôle et Indus- triel, Paris.
27.	»	» 24.	Un étalon de 1 ohm, n° 170398.	
28.	»	» 24.	Un étalon de 10 ohms, n° 170377.....	} Id.
29.	»	Juin 17.	Quatre fils de 24 ^m , un fil de 8 ^m .	
30.	»	Août 1.	Une règle de 2 ^m en acier Véga X.....	} Ateliers Bariquand et Marre, Arcueil.
31.	»	» 8.	Une réglette en acier Véga X.	
32.	»	Sept 26	Un fil de 72 ^m , n° 278.....	} Institut Géographique National, Paris.
33.	»	Nov. 6.	Trois rubans de 4 ^m , n°s 104, 108, 109.....	

34.	1942	Déc.	15.	Quatre fils de 24 ^m , n° 1199 à 1202.....	{ Service Central Hydrographique, Paris.
35.	»	»	16.	Un fil de 8 ^m , n° 1160.....	Id.
36.	»	»	17.	Un fil de 8 ^m , n° 1018.....	Id.
37.	»	»	18.	Un fil de 20 ^m , n° 110.....	Id.
38.	1943	Janv.	4.	Un fil de 24 ^m , n° 937.....	{ Service Central Hydrographique, Paris.
39.	»	»	5.	Un fil de 24 ^m , n° 1030.....	Id.
40.	»	»	12.	Six thermomètres Prolabo, n°s 478234 à 478239.....	{ Compagnie du Gaz de Paris.
41.	»	Mars	1.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m .	{ Institut Géographique National, Paris.
42.	»	»	2.	Un fil de 72 ^m , n° 278.....	{ Institut Géographique National, Paris.
43.	»	»	3.	Un fil de 72 ^m , n° 278.....	Id.
44.	»	Avril	10.	Deux étalons à bouts sphériques de 200 ^{mm}	{ Als.Thom, Paris.
45.	»	Juin	9.	Deux fils de 24 ^m , n° 1203 et 1204.....	{ M. Noiray, Grenoble.
46.	»	»	18.	Un fil de 24 ^m , n° 1205.....	M. Larroque, St-Cloud.
47.	»	»	21.	Un fil de 24 ^m , n° 1206.....	M. Meunier, La Mure.
48.	»	Août	17.	Un étalon à bouts sphériques de 100 ^{mm}	{ La Précision Mécanique, Paris.
49.	»	Oct.	7.	Deux pièces en nickel de 5 et 50 ^{mg}	{ La Radiotechnique, Suresnes.
50.	1944	Janv.	25.	Un piston pour balance manométrique.....	{ Inspection Générale des Poids et Mesures, Paris.
51.	»	Fév.	4.	Un kilogramme en baros....	{ Ministère du Commerce, Paris.
52.	»	Mars	16.	Un thermomètre Prolabo, n° 525332.....	{ Observatoire de Paris.
53.	»	»	16.	Trois calibres Johansson de 25 ^{mm} , 50 ^{mm} , 100 ^{mm}	{ Laboratoire Central des Industries Mécaniques, Caussade.
54.	»	Avril	26.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m .	{ Institut Géographique National, Paris.
55.	»	Mai	2.	Un ruban de 4 ^m , n° 2626 H 3.	Id.

56.	1944	Mai	3.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse, nos C 93 et WJ 83.....	Laboratoire d'Essais du Conservatoire Nat. des Arts et Métiers. Paris.
57.	»	Juin	27.	Un thermomètre Prolabo, n° 275.....	Ministère de l'Économie du Portugal.
58.	»	Juill.	27.	Deux thermomètres Prolabo, nos 532325 et 532328.....	Compagnie du Gaz de Paris.
59.	»	Nov.	10.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m .	Institut Géographique National, Paris.
60.	»	Déc.	12.	Trois fils de 20 ^m , nos 1209, 1210, 1211.....	Société des Lunetiers, Paris.
61.	1945	Janv.	10.	Cinq thermomètres Prolabo, nos 1, 3, 4, 5, 6.....	Compagnie du Gaz de Paris.
62.	»	»	15.	Six thermomètres Prolabo, nos 7 à 12.....	Id.
63.	»	»	19.	Un fil de 20 ^m	Service des Poids et Mesures, Paris.
64.	»	Fév.	9.	Un fil de 24 ^m , n° 1207.....	M. Pellat, La Mure.
65.	»	Mars	22.	Six fils de 20 ^m , nos 31 à 36...	Institut Géographique National, Paris.
66.	»	Avril	10.	Un étalon millimétrique en verre.....	Institut Polytechnique de l'Ouest, Nantes.
67.	»	Mai	31.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m .	Institut Géographique National, Paris.
68.	»	»	31.	Un ruban de 4 ^m , n° 2626 H 3...	Id.
69.	»	Juill.	23.	Trois pièces de 15, 105, 1005; en platine iridié.....	Direction Technique des Poids et Mesures de Belgique.
70.	»	Août	22.	Six fils de 24 ^m , nos 1256 à 1261.....	Service Géographique de l'Armée, Ankara.
71.	»	»	23.	Quatre fils de 24 ^m , nos 295, 747, 748, 749.....	Id.
72.	»	Oct.	17.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m	Institut Géographique National, Paris.
73.	»	»	18.	Un ruban de 4 ^m , n° 2626 H 3	Id.
74.	»	»	22.	Trois ohms étalons, nos 2398, 2399, 2400.....	État belge.
75.	»	»	22.	Deux ohms étalons, nos 93262 et 8148.....	Laboratoire Central d'Électricité, Bruxelles.

76.	1945	Oct.	22.	Deux éléments Weston, n ^{os} 7877 et 7878.	} État belge.
77.	»	»	22.	Deux éléments Weston, n ^{os} 79836 et 79862.	
78.	»	Nov.	7.	Une réglette étalon décimétrique en alliage fer-nickel, n ^o 46.....	} Faculté des Sciences, Caen.
79.	»	»	7.	Une réglette étalon décimétrique en nickel, n ^o 75....	
80.	1946	Mars	13.	Dix calibres étalons.....	} Laboratoire Central de l'Armement, Paris.
81.	»	»	25.	Quatre fils de 24 ^m , 1 fil de 8 ^m (addition).....	
82.	»	»	25.	Un ruban de 4 ^m , n ^o 2626 H3.	} Fabrique de Jauges Cary, Le Locle.
83.	»	Avril	3.	Un thermomètre Prolabo, n ^o 282.....	
84.	»	»	12.	Cinq calibres étalons Johansson de 1 ^{mm} , 1 ^{mm} , 15, 1 ^{mm} , 35, 2 ^{mm} , 3 ^{mm}	} Institut Géographique National, Paris.
85.	»	»	12.	Six calibres étalons Johansson de 6 ^{mm} , 10 ^{mm} , 20 ^{mm} , 30 ^{mm} , 60 ^{mm} , 100 ^{mm}	
86.	»	Mai	27.	Trois fils de 20 ^m , n ^{os} 1209, 1210, 1211.....	} Id.
87.	»	Juin	15.	Un ruban de 4 ^m , n ^o 38-485 K.	
88.	»	»	19.	Six fils de 24 ^m , n ^{os} 295, 296, 748, 749, 1258, 1259.....	} Société Anonyme André Citroën, Paris.

NOTES.

1.	1940	Janv.	30.	Position du zéro des thermomètres Prolabo n ^{os} 258 et 259.	} Société Prolabo, Paris.
2.	»	Mars	7.	Quatre rubans en acier.....	
3.	»	Mai	3.	Mesure du coefficient de dilatation d'un échantillon d'isolantite.....	} Survey Directorate de l'Armée britannique.
4.	»	Sept.	13.	Baromanomètre.....	
5.	1942	Mai	4.	Position du zéro des thermomètres Tonnelot n ^o 38017 et Prolabo n ^{os} 345052, 345053, 345055, 345056, 345057.....	} Bureau international des Poids et Mesures.

} Établ^{ts} Lehalle, Paris.

} Compagnie du Gaz de Paris.

6.	1942	Juin	3.	Position du zéro de six thermomètres.....	{	Compagnie du Gaz de Paris.
7.	»	Juill.	4.	Position du zéro de six thermomètres.	{	Id.
8.	»	Août	26.	Position du zéro de cinq thermomètres Prolabo.....	{	Id.
9.	1943	Mars	19.	Mesure de deux cubes en quartz.....	{	M. Lyot, Paris.
10.	»	»	19.	Trois échelles divisées.....	{	
11.	1944	Juin	21.	Position du zéro de six thermomètres.....	{	Compagnie du Gaz de Paris.
12.	»	Juill.	31.	Position du zéro de six thermomètres.....	{	Id.
13.	»	Oct.	23.	Position du zéro de cinq thermomètres.....	{	Id.
14.	1945	Janv.	29.	Position du zéro du thermomètre Prolabo n° 275.....	{	Ministère de l'Économie du Portugal.
15.	»	Mars	27.	Une règlette en verre.....	{	Faculté des Sciences, Paris.
16.	»	Mai	31.	Position du zéro de quatre thermomètres Prolabo.....	{	Compagnie du Gaz de Paris.
17.	»	Juill.	2.	Dix fils de 24 ^m , n°s 1274 à 1283.....	{	Service technique central du Cadastre, Paris.
18.	»	»	3.	Dix fils de 24 ^m , n°s 1284 à 1293.....	{	Id.
19.	»	»	17.	Position du zéro du thermomètre Prolabo n° 525332...	{	Observatoire de Paris.
20.	»	»	28.	Dix fils de 24 ^m , n°s 1294 à 1303.....	{	Service technique central du Cadastre, Paris.
21.	»	»	30.	Dix fils de 24 ^m , n°s 1304 à 1313.....	{	Id.
22.	»	Août	1.	Un fil de 24 ^m , n° 1255.....		M. Godard, Dieppe.
23.	1946	Mai	23.	Deux thermomètres C. Richter, n°s 7 et 8.....	{	Direction technique des Poids et Mesures de Belgique.
24.	»	Juin	14.	Position du zéro de six thermomètres.....	{	Compagnie du Gaz de Paris.

V. — COMPTES.

Le compte rendu présenté au Comité international dans le rapport précédent s'arrêtait au 31 décembre 1938. L'exposé qui suit comprend les mouvements des comptes du 1^{er} janvier 1939 au 31 décembre 1945, date du dernier bilan.

COMPTE I.

FONDS DISPONIBLES.

	francs-or.
Actif au 1 ^{er} janvier 1939.....	195 928,07
Recettes du 1 ^{er} janvier 1939 au 31 décembre 1945 suivant détail donné au Tableau A (p.)	895 189,58
Total.....	<u>1 091 117,65</u>
Dépenses du 1 ^{er} janvier 1939 au 31 décembre 1945 suivant détail donné au Tableau B (p.)	883 989,00
Actif au 31 décembre 1945.....	207 128,65
Total.....	<u>1 091 117,65</u>

COMPTE II.

FONDS DE RÉSERVE.

	francs-or.
Actif au 1 ^{er} janvier 1939.....	56 728,73
POUR MÉMOIRE : Intérêts des titres virés au Compte I : francs-or 2 426,01	
Total.....	<u>56 728,73</u>
Remboursement de titres amortis sans emploi....	396,54
Moins-value des titres au 31 décembre 1945.....	19 890,47
Actif au 31 décembre 1945.....	36 441,72
Total.....	<u>56 728,73</u>

COMPTE III.

CAISSE DE RETRAITES.

	francs-or.
Actif au 1 ^{er} janvier 1939.....	26 278,46
Recettes du 1 ^{er} janvier 1939 au 31 décembre 1945 :	
Intérêts des fonds en banque.....	2 153,12
Retenues sur traitements.....	24 442,50
1/3 des taxes de vérification.....	3 308,02
Virements du Compte I.....	91 000,00
Total.....	<u>147 182,10</u>
Dépenses du 1 ^{er} janvier 1939 au 31 décembre 1945 :	
Pensions de retraite de M ^{me} Guillaume, de MM. Maudet, Leveugle, Gillon et Reverchon....	88 598,81
Remboursements de retenues à MM. Péronno et Chemidlin.....	537,87
Variations de change.....	1 904,63
Actif au 31 décembre 1945.....	56 140,79
Total.....	<u>147 182,10</u>

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1945.

	francs-or.
Compte I « Fonds disponibles ».....	207 128,65
Compte II « Fonds de réserve ».....	36 441,72
Compte III « Caisse de retraites ».....	56 140,79
Total.....	<u>299 711,16</u>

Le total de l'actif se décompose comme suit :

a. Les titres :

	francs-or.
POUR MÉMOIRE, VALEUR D'ACHAT..	147 400,53
Valeur suivant cours du 31/12/1945.....	75 054,67

b. L'or :

Un lingot.....	44 026,98
Pièces d'or.....	820,00

<i>A reporter</i>	<u>119 901,65</u>
-------------------------	-------------------

	<i>Report</i>	119 901,65
c. Les fonds à vue en banque :		
1°	En francs français (6 492 298,95 FF).....	166 849,97
2°	En dollars.....	52 161,92
3°	En francs suisses.....	12 822,01
	Livret de Caisse d'Épargne.....	2 786,98
d. Les espèces en caisse.....		
		990,05
	Total.....	<u>355 512,58</u>
<i>A déduire :</i>		
	Avance du Gouvernement français	
	(1 800 000 FF).....	46 259,41
	Dommages de guerre.....	2 171,69
	Créditeurs divers.....	<u>7 370,32</u>
	Avoir net.....	299 711,16

Le portefeuille des titres a la composition suivante :

TITRES DU COMPTE I.

- 50 000 francs obligations du Trésor français 4 %, 1934;
- 20 obligations P. L. M. 5 %, 1921, tranche A;
- 19 obligations Etat 5 %, 1921, tranche A;
- 10 actions de jouissance Suez;
- 3 parts de fondateur Suez;
- 3050 £ de capital War Loan 3,50 %.

	francs-or.	
POUR MÉMOIRE, VALEUR D'ACHAT...	111 039,75.	
		francs-or.
Valeur suivant cours du 31/12/1945.....		58 584,36

TITRES DU COMPTE II.

- 225 francs de rente 3 % amortissable;
- 50 obligations Midi 4 %;
- 60 obligations Midi 2,50 %;
- 51 obligations Orléans 3 %;
- 4 actions capital Suez;
- 7500 francs suisses obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1903;
- 5000 francs suisses obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1938;

	francs-or.	
POUR MÉMOIRE, VALEUR D'ACHAT...	36 360,78.	
		francs-or.
Valeur suivant cours du 31/12/1945.....		16 470,31

Mouvements des valeurs.

Vu la situation précaire de la trésorerie, il avait été décidé en 1941 de réaliser, si possible, une partie des titres français. L'opération effectuée pendant l'exercice 1942, à des cours relativement très favorables, a porté sur les valeurs suivantes appartenant au Compte I :

- 1251^{fr} de rente 4 % 1918;
- 1350^{fr} de rente 4,50 % 1932, tranche B;
- 45^{fr} de rente 4,50 % 1932, tranche A;
- 30^{fr} de rente 4 % 1917;
- 10 obligations P. L. M. 5 % 1921, tranche A;
- 10 obligations État 5 % 1921, tranche A.

Par ailleurs, quelques titres, sortis au tirage et remboursés au pair, n'ont pas fait l'objet de emploi. Ce sont :

- 3 titres de 15^{fr} de rente 3 % amortissable;
- 2 obligations Orléans 3 %;
- 1 obligation État 5 % 1921, tranche A.

Enfin, des remboursements au pair, suivis de emplois, ont permis d'augmenter d'une unité le nombre des obligations Orléans 3 % et Midi 2,5 %.

Fluctuations des devises monétaires.

Au mois d'octobre 1939, le Gouvernement français a établi le contrôle des changes. Le rapport entre le franc français et l'or ou les devises étrangères a été fixé arbitrairement. Simultanément, les prix et les salaires à l'intérieur devaient être bloqués, de façon que le pouvoir d'achat de la devise nationale demeurât constant. Mais ceci n'a pas pu être réalisé : la hausse des prix a été continue. Le budget du Bureau international s'est ainsi trouvé déséquilibré : le montant des recettes, évalué en francs français, demeurait invariable, tandis que les dépenses subissaient pleinement l'incidence de l'augmentation des prix. L'activité de notre institution n'a pu être maintenue pendant la période 1940 à 1944 que grâce à des avances temporaires consenties par le Trésor français, à des efforts héroïques de compression des

TABLEAU A. — Recettes du Compte I de 1939 à 1945 (francs-or).

	1939.	1940.	1941.	1942.	1943.	1944.	1945.
CONTRIBUTIONS DES ÉTATS :							
Réglementaires de l'année.....	107 774,75	77 182,16	25 467,00	62 101,00	54 074,00	35 983,56	84 378,95
Arriérées.....	4 972,40	6 021,25	47 360,84	56 244,00	9 064,00	32 339,00	158 216,00
Anticipées.....	-	-	-	-	-	-	22 500,00
Total des contributions...	112 747,15	83 203,41	72 827,84	118 345,00	63 138,00	68 322,56	265 094,95
Intérêts des Titres et des Fonds..	2 666,20	1 293,31	676,52	573,55	1 267,87	333,39	729,00
Recettes diverses.....	151,73	2 317,59	10 818,84	1 182,09	2 606,52	-	5 277,97
Subvention d'un État.....	-	-	-	75 000,00	-	-	-
Deux tiers des taxes de vérifi- cation.....	360,24	678,56	399,44	1 238,65	1 421,73	489,60	2 027,87
Total général.....	115 925,32	87 492,87	84 722,64	196 339,29	68 434,12	69 145,55	273 129,79

TABLEAU B. — Dépenses du Compte I de 1939 à 1945 (francs-or).

CHAPITRES DE DÉPENSES.	1939.	1940.	1941.	1942.	1943.	1944.	1945.
A. PERSONNEL :							
Traitements et indemnités.....	84 765,33	76 979,25	75 422,58	89 665,35	85 792,99	94 481,34	110 181,63
Restitutions de retenues antérieures.....	-	-	-	-	-	-	13 395,29
B. INDEMNITÉ DU SECRÉTAIRE.....	3 000,00	2 950,00	1 400,00	-	-	-	-
C. FRAIS GÉNÉRAUX							
D'ADMINISTRATION :							
Entretien des bâtiments et dépendances.....	6 623,51	1 732,18	2 474,85	2 630,28	2 348,60	1 357,95	5 769,75
Entretien du mobilier.....	873,70	4,84	92,46	3,91	2,50	-	21,62
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	8 182,77	1 143,03	4 338,33	5 173,35	7 057,10	5 176,74	8 105,65
Chauffage, éclairage, force motrice.....	3 866,14	3 352,52	2 680,68	2 488,40	3 769,89	4 086,66	3 708,98
Primes d'assurances.....	1 156,72	1 029,93	938,79	1 250,08	1 203,86	1 029,96	1 595,76
Bibliothèque.....	624,76	323,89	264,70	908,67	424,13	246,55	375,08
Impressions et publications.....	289,47	1 531,83	3 266,13	2 206,20	241,91	237,74	6 402,67
Frais de bureau.....	1 908,10	686,47	589,42	1 344,32	613,90	972,80	1 729,38
Déplacements.....	273,63	-	145,96	151,29	94,46	-	-
Versements à la Caisse de retraites.	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00
Frais divers et imprévus.....	742,38	2 971,56	457,61	12 207,83	6 229,14	515,69	4 347,06
Différences de change.....	3 006,87	-	-	-	2 234,79	1 117,36	-
Total.....	128 313,38*	105 705,50	105 071,51	131 029,68	123 013,27	122 222,79	168 632,87

dépenses, et aux sacrifices que le personnel du Bureau a acceptés avec discipline.

Le 1^{er} octobre 1944, le cours du dollar U.S.A., qui était précédemment de 43,80 francs français, fut fixé à 49,56 francs français. Le franc-or devenait ainsi équivalent à 16,191 francs français. Ce palliatif était toutefois bien insuffisant pour compenser l'écart entre le cours officiel de la devise française et son pouvoir d'achat réel. Signalons cependant que, par mesure de bienveillance, l'Office français des Changes a bien voulu, au cours du deuxième semestre 1945, autoriser notre Bureau à transformer en francs français les francs suisses provenant des versements des États en utilisant les comptes « *i* »; ce qui représentait, par rapport au cours officiel du change, un avantage substantiel.

Enfin, à la date du 26 décembre 1945, la valeur du franc français, par rapport aux autres devises monétaires, a été modifiée, et l'encaisse or de la Banque de France a été réévaluée sur la base de 134 027,90 francs français pour un kilogramme d'or fin, ce qui correspond à 38,911 francs français pour un franc-or.

Ce changement important dans la valeur du franc français a entraîné une amélioration sensible de la situation budgétaire du Bureau. Mais ce progrès n'est que provisoire; car les prix en France continuent leur mouvement d'ascension.

Un problème d'adaptation se pose donc pour le rétablissement définitif de l'équilibre entre les recettes et les dépenses évaluées en francs français.

M. le PRÉSIDENT remercie le Directeur de son rapport si clair et si complet. Il rend hommage au personnel du Bureau pour les beaux travaux qui ont été accomplis, malgré l'état de guerre et les difficultés de toutes sortes.

M. le DIRECTEUR demande que le Comité prenne une résolution qui lui permette d'ouvrir le caveau pour y remettre le prototype international du Kilogramme qui avait dû en être retiré en vue de comparaisons. La résolution est votée à mains levées. L'ouverture aura lieu, en présence du Président, samedi prochain, avant la séance,

Le Comité procède à l'élection des deux Commissions : des Finances et des Travaux.

Sont élus à la Commission des Travaux ⁽¹⁾ : MM. DE BRÔGLIE, CHATELAIN, CRITTENDEN, DE HAAS, (KÖSTERS) et (SIEGBAHN).

Sont élus à la Commission des Finances : MM. CASSINIS, JOHANSEN, (KARGATCHIN); RAUSZER, ROŠ et (STATESCU).

Une courte suspension de séance est décidée pour permettre aux Commissions d'élire leur président et leur rapporteur.

A la Commission des Travaux, M. CRITTENDEN est élu président, M. SIEGBAHN rapporteur. En l'absence de ce dernier, M. DE HAAS accepte de le remplacer jusqu'à son arrivée.

A la Commission des Finances, M. JOHANSEN est élu président, M. CASSINIS rapporteur.

• Le Comité examine les résolutions prises dans la session officielle de 1945. Il confirme unanimement toutes ces résolutions, notamment les mesures décidées en faveur du personnel mobilisé, le relèvement des allocations familiales, la défalcation fiscale des frais de voiture, l'aide au personnel pour compléter l'effort collectif de ce dernier.

Au scrutin secret, le Comité ratifie la nomination de M. ROMANOWSKI comme Adjoint du Bureau international.

On s'entretient d'élections possibles aux trois places disponibles au Comité. Le DIRECTEUR exprime le vœu que soit choisi un électricien. A la demande de M. CHATELAIN, cette question, qui n'est pas urgente, est ajournée.

Est ajournée également, sur l'avis du même membre,

(1) Les noms mis entre parenthèses sont ceux des Membres qui n'assistaient pas à la séance, mais qui avaient annoncé leur arrivée.

la question de savoir si l'on reconstituera la Commission Administrative Permanente, créée à titre provisoire en 1933.

Le Comité décide de transférer à M. LOUIS DE BROGLIE les pouvoirs qui avaient été donnés à M. FABRY pour les formalités bancaires.

M. le DIRECTEUR communique au Comité la proposition de subvention régulière offerte au Bureau international par l'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture). Il déclare qu'à une subvention annuelle il préférerait une subvention extraordinaire pour certains travaux scientifiques d'intérêt général qui sont prévus au Bureau. Le Comité approuve cette réserve et décide que la subvention annuelle ne serait acceptable que si elle était assez petite pour ne porter nulle atteinte à l'indépendance de l'Institution.

On aborde la question des Comités Consultatifs d'Électricité, de Photométrie et de Thermométrie. Au premier plan de leurs préoccupations est le changement des unités.

Passant à la définition des unités de mesure en général, unités géométriques (unités d'angles), unités mécaniques, M. PÉRARD suppose que certains États (dont la France) voudront profiter du changement des unités d'électricité et de lumière pour refondre entièrement leur réglementation sur les unités de mesures, et voudront demander au Comité international d'établir, pour tous les pays, un texte identique à introduire dans leurs législations. De l'avis de M. PÉRARD, le Comité ne devrait pas se dérober à cette tâche. Mais c'est une question qui doit être minutieusement étudiée; une trop grande précipitation serait peut-être dangereuse, et une solution trop hâtive risquerait de n'être pas suivie. L'on pourrait d'abord, par une lettre émanant du Président du Comité international, et

adressée à toute les Ambassades et Légations, procéder à une enquête générale, dont les résultats seraient sélectionnés dans chaque pays, et à la suite de laquelle le Comité verrait s'il peut émettre une opinion formelle et établir des textes. Ceci seulement dans l'hypothèse où des demandes dans ce sens seraient adressées au Comité.

A propos de l'unité de force, M. RAUSZER dit son attachement à l'unité que constitue le kilogramme-force, qui ne sera jamais abandonnée par les ingénieurs. Le PRÉSIDENT rappelle que la discussion ne saurait s'engager sur le fond et qu'il s'agit de se prononcer sur la méthode proposée par le Directeur. M. ROŠ déclare l'approuver pleinement. A l'unanimité, le Comité se range à cet avis.

Le Comité s'occupe de la reconstitution des Comités consultatifs.

La présidence du Comité d'Électricité est offerte à M. CHATELAIN, qui la décline en raison du grand éloignement de son pays. M. SEARS accepte le mandat qui lui est confié par le Comité.

M. CRITTENDEN est élu Président du Comité de Photométrie, et M. DE HAAS Président du Comité de Thermométrie.

M. le DIRECTEUR rappelle, ainsi qu'on a pu déjà le voir dans les Procès-Verbaux du Comité officieux de 1945, qu'il a reçu du Gouvernement français une lettre (voir p. 140) demandant de considérer désormais le Conservatoire des Arts et Métiers comme seul laboratoire national français de métrologie. D'autre part, le Laboratoire Central d'Électricité a pris un caractère industriel beaucoup plus marqué qu'autrefois avec le nom de « Laboratoire Central des Industries Électriques ». En considération de la demande du Gouvernement français, il semble que l'on

doive décider que le Conservatoire National des Arts et Métiers remplacera désormais le Laboratoire Central d'Électricité, comme l'un des grands Laboratoires nationaux susceptibles de désigner un représentant au Comité Consultatif d'Électricité et au Comité Consultatif de Photométrie. De même, le Conservatoire remplacera le Bureau des Longitudes à l'égard du Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie. Le Comité en décide ainsi.

Un premier échange de vues s'engage sur la désignation des spécialistes à nommer à ces trois Comités consultatifs. Pour l'Électricité, M. LOMBARDI serait réélu; pour la Photométrie, MM. BORDONI, PIRANI et ZWIKKER seraient conservés; pour la Thermométrie, on parle de MM. TIMMERMANS, SWIETOSLAWSKI et PERUCCA.

La séance est levée à 18^h 45^m.

PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL

Samedi 26 octobre 1946.

PRÉSIDENTE DE M. J. E. SEARS

Sont présents : MM. DE BROGLIE, CASSINIS, CHATELAIN, CRITTENDEN, DEHALU, DE HAAS, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER.

VISITE DU CAVEAU.

Sous la conduite de M. PÉRARD, les Membres du Comité sont invités à visiter le caveau des prototypes pour se rendre compte de la présence et du bon état des prototypes et pour y constater les travaux de protection qui avaient été exécutés pendant la guerre. Le prototype du Kilogramme est vu, dans le coffre même, sous ses trois cloches. Le prototype du Mètre est présenté aux Membres du Comité, sorti de ses gaines, dans le caveau attenant. Après que chacun a pu examiner les deux prototypes, le Mètre, renfermé à nouveau, est replacé dans le coffre-fort, qui est clos par le Directeur en présence du Président. Les Membres du Comité visitent ensuite le caveau supérieur, qui a été également protégé par le même double mur latéral de béton armé, avec un épais bouclier, également en béton armé, à la partie supérieure.

SÉANCE.

La séance est ouverte à 15^h 40^m.

M. PÉRARD donne lecture du Procès-Verbal de la visite du dépôt des prototypes, ainsi conçu :

PROCÈS-VERBAL DE LA VISITE DU DÉPÔT DES PROTOTYPES.

Aujourd'hui vingt-six octobre mil neuf cent quarante-six, à 15^h, en présence des membres du Comité assistant à la séance de ce jour, et de M. MATHIEU, Archiviste aux Archives Nationales, représentant le Directeur, il a été procédé à la visite du dépôt des Prototypes.

Pour l'ouverture du caveau, M. J. E. SEARS, Président du Comité international, M. MATHIEU, représentant son Directeur, et M. PÉRARD, Directeur du Bureau international, étaient porteurs des clés dont ils sont les détenteurs réglementaires.

Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes, ainsi que le coffre-fort qui contient les Étalons internationaux, on a constaté, dans ce dernier, la présence des Prototypes métriques (Mètre et Kilogramme), des Mètres T₁, I₂, 19 et 13, et des témoins du Kilogramme KI, 7, 32, 8 (41), 43 et 47.

Les indications des instruments météorologiques enfermés dans le coffre-fort ayant déjà été relevées ce même jour, lors de l'ouverture du caveau avant la séance (1), il n'a pas semblé utile de les relever à nouveau.

On a alors refermé le coffre-fort, ainsi que les portes du caveau.

Le Secrétaire,

M. DEHALU.

Le Président,

J. E. SEARS.

(1) Thermomètre à mercure et à alcool, à maximum et minimum :

Température maxima : 13°, 8,

Température minima : 10°, 9.

Thermomètre Tonnelot à mercure :

Température actuelle : 13°, 36.

Hygromètre à cheveu : 96.

Ce Procès-Verbal, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le **SECRETARE** lit le Procès-Verbal de la séance précédente. Il est adopté après quelques légères modifications.

M. le **DIRECTEUR** a reçu une lettre de M. **SIEGBAHN**, qui s'excuse de ne pouvoir assister à la session du Comité, étant retenu aux États-Unis par des circonstances indépendantes de sa volonté.

M. le **DIRECTEUR** pose la question de la protection du caveau. Doit-on démolir le bétonnage, ou faut-il le laisser en le recouvrant de carreaux de céramique comme les murs du caveau ? La démolition devant produire beaucoup de poussière, il penche pour la seconde solution. Mais si l'on devait remettre en état le caveau, il faudrait que la clé du Président fût laissée entre les mains d'un des fonctionnaires du Bureau. Après avis de M. **RAUSZER** et de M. le **PRÉSIDENT**, il est décidé qu'on laissera le caveau en son état actuel, et qu'on exécutera le revêtement en céramique lorsque les temps le permettront.

M. le **DIRECTEUR** lit le rapport de la Commission des Travaux. Il propose qu'on mette en annexe aux Procès-Verbaux, la Note de M. **BONHOUR** sur le nettoyage des poids de précision. Il en est ainsi décidé.

Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

La Commission s'est réunie les 23 et 24 octobre, à 10^h, à l'Institut d'Optique, sous la présidence de M. **CRITTENDEN**. Plusieurs autres membres du Comité, ainsi que MM. les Adjointes et Assistants du Bureau, invités, assistaient aux séances.

M. **PÉRARD** dit que l'activité du Bureau depuis neuf années pourrait difficilement être analysée avec quelques détails dans le temps trop court dont dispose la Commission. Aussi propose-t-il de donner la parole à ses collaborateurs pour exposer les points les plus intéressants de leurs travaux et de leurs projets. C'est

ainsi que la Commission a entendu successivement MM. les Adjointes et Assistants du Bureau.

M. VOLET s'attache surtout à bien marquer l'importance des progrès réalisés dans le tracé et la comparaison des étalons de longueur. Il rappelle que le Comité de 1937 avait été mis au courant des espoirs que le Bureau fondait sur cette rénovation de ses prototypes et comparateurs. Il est heureux de dire aujourd'hui que ces espoirs ont été comblés et même dépassés en certains points. Le poids des observations a été triplé, et leur exactitude singulièrement augmentée, grâce aussi à l'application du principe de la réversion des microscopes. Cette technique, qui a été proposée par M. Volet pour des raisons qui lui paraissaient plus théoriques que pratiques, s'est à l'usage révélée nécessaire dans les mesures de haute précision. Elle réalise maintenant une symétrie complète dans les mesures, en assurant des conditions d'observation identiques sur les deux extrémités des étalons comparés.

M. Volet donne ensuite quelques indications sur son projet, en voie de réalisation, de mesure de l'intensité de la pesanteur au moyen de l'observation cinématographique d'un corps qui tombe librement. Celui-ci portera lui-même la graduation qui permettra de mesurer les espaces parcourus. Quant aux temps, ils seront déterminés d'après l'enregistrement des oscillations d'un cristal de quartz servant d'étalon de fréquence. M. Volet espère, par cette méthode, arriver à une précision au moins égale à celle que l'on obtient en utilisant le pendule et en ayant beaucoup moins de causes perturbatrices (sources d'erreurs systématiques) à étudier.

MM. CRITTENDEN et SEARS notent tout l'intérêt actuel de cette question, qui préoccupe également les métrologistes de leurs pays respectifs.

M. BONHOUR expose ensuite le résultat des comparaisons très importantes qu'il vient de terminer entre le Kilogramme international et ses témoins. C'est pour la première fois en 1939 que le Kilogramme international a été utilisé depuis la Première Conférence Générale des Poids et Mesures, qui l'a sanctionné en 1889. Ces premières comparaisons avaient conduit à ce résultat inattendu que les témoins paraissaient plus forts en moyenne de 4 à 5 centièmes de milligramme. On a été ainsi amené à étudier la question du nettoyage des poids. M. Bonhore en montre toute l'importance et signale qu'il a recommencé ces comparaisons en

les étendant aux Kilogrammes d'usage du Bureau et après avoir procédé à un nettoyage des poids à la vapeur d'eau. Les résultats obtenus alors sont beaucoup plus près des valeurs initiales de 1889, ainsi que le montre le Rapport de M. le Directeur.

MM. RAUSZER et PÉRARD insistent sur la nécessité du nettoyage à la peau de chamois. M. Sears demande à M. Bonhoure de rédiger avec beaucoup de détails la technique qu'il emploie pour le nettoyage des poids, afin de faire profiter les autres laboratoires de son expérience.

M. BONHOURS donne quelques renseignements sur son projet de modification de la base géodésique du Bureau. Celle-ci date de 1925 et a donné toute satisfaction. Cependant, à l'usage, quelques simplifications apportées à la technique des mesures ont paru désirables. Des dessins d'exécution sont soumis à la Commission, qui représentent une base ayant des microscopes ou des repères escamotables, selon que l'on veut mettre en place un fil ou la règle de 4^m. M. Pérard attire l'attention sur la stabilité que cette technique exige de tous les organes mécaniques. Il a demandé à M. Bonhoure de faire dans ce sens des essais préalables, qui se sont montrés satisfaisants.

M. ROMANOWSKI ayant pour la première fois l'occasion d'exposer devant la Commission les travaux de la section électrique dont il est chargé, commence par donner des indications sur l'organisation de cette section, sur la multiplicité des déterminations accessoires qui doivent être inlassablement recommencées pour être toujours en état de procéder aux comparaisons fondamentales. La conservation des unités électriques pendant les années de guerre a été sa plus grande préoccupation. Les principes qu'il a suivis sont exposés dans le Rapport de M. le Directeur. M. Romanowski a tiré de cette expérience forcée des directives qui pourront être utiles à l'avenir; car il faut s'attendre à ce que les grands laboratoires, pris par d'autres problèmes, ne puissent souvent se consacrer à des déterminations absolues d'unités électriques. M. Romanowski signale ses essais sur un dispositif permettant d'évaluer la variation de la résistance d'un circuit au moyen d'un étalon à bornes de potentiel, et sur les travaux qu'il a effectués avec M. Hérou en vue de la comparaison précise des étalons d'inductance. M. Crittenden félicite M. Romanowski pour la belle installation des laboratoires d'électricité au

Pavillon de Breteuil, sachant combien de problèmes difficiles ont été résolus dans ce but.

Une discussion a ensuite lieu au sujet des procédés d'extrapolation que le Bureau a utilisés pour conserver les unités. Quelques critiques ont été formulées par M. Crittenden à ce propos. M. Pérard rappelle la difficulté en face de laquelle le Bureau s'est trouvé. Il n'ignore pas que d'autres solutions eussent pu être adoptées; il estime simplement avoir choisi la moins mauvaise. M. Crittenden pense que la Commission ne peut qu'amorcer une discussion sur ce sujet, qui mérite d'être encore étudié.

M. TERRIEN, qui a été chargé d'organiser et d'équiper le Laboratoire de photométrie, fait un résumé des travaux auxquels il s'est voué jusqu'à maintenant. Des progrès importants sont encore à faire dans les étalons et les méthodes de comparaison. M. Terrien insiste sur le bénéfice qu'il y aurait à unifier les types de lampes, et propose dans ce but de procéder à un échange de vues entre Laboratoires spécialisés. Il faut aussi que les laboratoires arrivent à un meilleur ajustage de la température de couleur. M. Terrien a étudié en détail les multiples éléments qui constituent un banc photométrique, et il a dans chaque cas adopté la solution que ses expériences lui ont donnée comme la meilleure. Il a mis au point un monochromateur dont le schéma est présenté à la Commission. Un exemplaire de cet appareil est en voie de construction pour le Bureau et permettra, grâce à ses qualités spéciales, d'aborder la photométrie hétérochrome en faisant des comparaisons longueur d'onde par longueur d'onde, compte tenu de la courbe de visibilité de l'œil.

M. le Président félicite M. Terrien pour le travail important qu'il a accompli et pour l'installation du laboratoire de photométrie dont il est entièrement l'auteur. Il recommande aux Laboratoires intéressés d'envoyer des étalons de flux pour l'étude desquels le Bureau est maintenant bien équipé.

M. MOREAU donne des détails sur l'étude importante qu'il a faite, en double avec M. Cabrera, de la règle T_4 , étalon des subdivisions du Mètre. La Commission prend note avec satisfaction de cet important travail, qui dote enfin le Bureau international d'un étalon subdivisé d'une très haute valeur métrologique, tant en raison de la qualité de son tracé, effectué par la Société Genevoise, qu'en raison du soin particulier apporté à son étude.

M. Moreau signale l'intérêt qui s'attache à l'étude du thermomètre à mercure de précision en quartz fondu. Il serait très désirable que les constructeurs fissent un effort pour réaliser des tiges en quartz fondu possédant un tube capillaire suffisamment fin et régulier. Les expériences faites au Bureau indiquent que la reproductibilité du point zéro dans les conditions opératoires courantes est assurée à ± 2 millièmes de degré.

Il s'engage, sur cette dernière question, une discussion au cours de laquelle M. de Haas dit que le point triple de l'eau fournit un repère thermométrique très pratique. Lecture est donnée d'une lettre de M. Kösters, qui propose en particulier de soumettre à l'étude l'adoption du point triple de l'eau dont la reproductibilité serait réalisable à $\pm 0,00005$ degré près, et la recommandation d'utiliser la valeur $273^{\circ},17$ K pour la température absolue du point triple de l'eau. M. Sears observe que la proposition, telle qu'elle est formulée, reviendrait à prendre le zéro absolu comme point fondamental, ce qui lui paraît bien difficile. Un échange de vues a lieu concernant les détails pratiques relatifs à l'utilisation du point triple.

M. CABRERA a exposé le principe de la méthode qu'il a imaginée pour la comparaison des étalons interférentiels. C'est une variante de la méthode de Fabry, employée en particulier par M. Sears pour la mesure de la longueur d'onde fondamentale. M. Cabrera a mis au point un projet de mesure des fils géodésiques par les interférences. Il rappelle quels sont les obstacles qui rendent difficile la production de raies fines utilisables en métrologie : isotopes, structure hyperfine, etc. Il signale l'intérêt qu'il y aurait à étudier à ce point de vue un jet atomique formé de soufre ou de calcium, qui ont très peu d'isotopes.

M. Cabrera résume également ses travaux sur l'obtention des couches métalliques minces stables.

M. PÉRARD entretient la Commission de ses observations sur la stabilité des plans en invar et élinvar dont une face a reçu un dépôt de chrome électrolytique épais. De belles photographies montrent les divers aspects du phénomène. Les plans en invar se creusent peu à peu, et cet effet ne semble pas dû à la différence des dilatabilités de ce métal et du chrome; car les plans en élinvar, dont la dilatabilité est très voisine de celle du chrome, se déforment de la même façon, tout en présentant en plus un aspect granuleux. M. Sears suggère que cette évolution progres-

sive est peut-être assez rapidement terminée et qu'un nouveau polissage des surfaces fournirait maintenant des plans stables. M. Pérard montre également les résultats déjà acquis de son étude en cours sur les radiations du cæsium, du zinc et du thallium. Il a eu l'occasion de corriger certaines longueurs d'onde publiées antérieurement et de reconnaître la bonne qualité de la raie rouge et l'utilité des raies bleues du zinc, qui fournissent des repères dans des régions du spectre où les raies utilisables sont rares. Une discussion s'ouvre au sujet de l'adoption d'une longueur d'onde comme étalon de longueur. M. Châtelain présente un Rapport qui préconise la raie rouge du cadmium. M. Crittenden signale que les États-Unis d'Amérique envisagent de définir l'unité de longueur par son rapport à une longueur d'onde. M. Pérard parle de l'idée d'utiliser les raies de l'isotope 198 du mercure, obtenu en Amérique en partant de l'or, et de l'emploi, actuellement fait en Allemagne, des raies de l'isotope 84 du krypton, obtenu en assez grande quantité et qui peut être refroidi à très basse température. La Commission reconnaît que la question a besoin d'être très sérieusement mûrie avant une décision définitive. M. Pérard rappelle à ce propos combien il est heureux qu'une telle décision n'ait pas été prise plus tôt, alors que certains physiciens préconisaient déjà qu'elle le fût.

La Commission tient à féliciter M. le Directeur du Bureau et ses collaborateurs pour les travaux accomplis durant ces neuf années et dont les principaux seulement ont pu être mentionnés dans ce Rapport. La Commission est heureuse de constater que malgré les difficultés, le Bureau international a, non seulement maintenu son activité antérieure, mais qu'il l'a développée sur de nouveaux plans.

Au sujet des travaux projetés pour l'avenir au Bureau international, la Commission approuve la continuation des travaux en cours et des recherches exposés par les différents physiciens du Bureau, en particulier la détermination de l'accélération de la pesanteur.

Sur l'information donnée par M. Pérard, que certains de ses collaborateurs seraient désireux d'exécuter une nouvelle détermination de la vitesse de la lumière par une méthode mettant en jeu les procédés les plus modernes, dans le but d'utiliser ensuite, inversement, la même méthode pour la mesure rapide des grandes bases géodésiques, la Commission, conformément à l'avis réfléchi du Directeur, qui avait tout d'abord été séduit par

cette proposition, estime que, outre les dépenses considérables et la longue immobilisation d'un personnel qualifié, un tel travail excéderait le cadre des déterminations de constantes physiques auxquelles le Bureau peut consacrer son activité. La Commission prend sur ce point une décision défavorable.

A cette occasion, la Commission émet l'avis que, si les travaux de recherches doivent toujours être encouragés, tant pour leur intérêt propre que pour tenir en éveil l'esprit d'initiative des physiciens du Bureau international, du moins doit-il être bien entendu que les travaux de métrologie pure et de coordination internationale, pour lesquels le Bureau a été créé et reste entretenu par les États signataires, doivent jouir, sur les précédents, d'une priorité absolue.

Le Rapporteur,
W. J. DE HAAS.

Le Président,
E. C. CRITTENDEN.

Ce Rapport est adopté à l'unanimité.

M. CASSINIS donne lecture du Rapport de la Commission des Finances :

**Premier Rapport de la Commission des Comptes
et des Finances.**

La Commission, composée de MM. JOHANSEN, RAUSZER, ROŠ, CASSINIS, s'est réunie les 22 et 23 octobre 1946, à 15^h, au Pavillon de Breteuil.

Le 22, les quatre Membres ci-dessus mentionnés étaient présents.

M. JOHANSEN a été nommé président et M. CASSINIS rapporteur.

Le 23, la Commission (M. Roš s'étant excusé), assistée par le Directeur M. PÉRARD, et par M. MINAULT, a examiné les comptes du Bureau, ainsi que les documents originaux des recettes et des frais, comme ceux relatifs aux titres possédés et aux dépôts auprès des Banques, pour la période qui va de 1937 à aujourd'hui, et a trouvé que tout est en ordre parfait; en conséquence, elle propose au Comité d'approuver ces comptes et d'en donner décharge au Directeur, M. Pérard, pour les gestions susdites.

En outre, la Commission a constaté que la répartition des dépenses entre les différents comptes était bien conforme à celle qui figure dans le Rapport présenté par M. le Directeur au Comité.

Le Rapporteur,
G. CASSINIS.

Le Président,
E. S. JOHANSEN.

**Deuxième Rapport de la Commission des Comptes
et des Finances.**

La Commission s'est réunie le 24 octobre 1946, à 15^h, dans la salle de la bibliothèque de l'Institut d'Optique, sous la présidence de son Président, M. JOHANSEN.

Etaient présents : MM. RAUSZER et CASSINIS (Secrétaire-Rapporteur), Membres de la Commission, MM. SEARS, CHATELAIN, CRITTENDEN, DEHALU, DE HAAS, et PÉRARD, Directeur du Bureau.

Le Secrétaire lit le rapport sur les deux premières séances (des 22 et 23 octobre), qui est approuvé.

Au sujet de la question des contributions des États, M. PÉRARD commente le « Rapport Annuel sur la situation administrative et financière du Bureau » jusqu'à la fin de 1945, qui a déjà été imprimé et distribué. En outre, il expose la situation des paiements des contributions des différents États adhérents à la date du 15 octobre 1946. Les États qui ont encore des contributions arriérées peuvent se partager en trois groupes : le premier comprenant ceux qui ont leurs paiements en cours ou se mettront en règle prochainement ; le deuxième, ceux qui ont eu pendant un certain nombre d'années leur territoire entièrement occupé et pour lesquels le Comité pourrait admettre qu'il sera nécessaire de renoncer aux contributions relatives à ces périodes ; enfin, le troisième, comprenant les pays actuellement occupés. De ces derniers, le Japon et le Siam n'ont plus payé depuis 1941. En s'appuyant sur l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, M. Pérard dit que la contribution de ces pays, au moins celle pour l'année 1947, doit être payée par les autres pays adhérents, en parties proportionnelles à leurs contributions, et présente le détail du projet correspondant.

TABLEAU DES PARTS CONTRIBUTIVES DES ÉTATS CONTRACTANTS.

Etats contractants.	Année d'éva- luation.	Population en milliers d'habitants.	Contribution au taux de 150 000 FO.	Réparti- tion contri- bution Japon et Siam.
1. Allemagne.....	1939	69 317	14 853	1 946
2. Amérique (E. U.)*...	1943	136 497	22 500	2 948
3. Argentine (Rép.)....	1943	13 910	2 980	390
4. Autriche.....	1939	6 650	1 425	187
5. Belgique.....	1943	8 316	1 782	233
6. Bulgarie.....	1942	8 642	1 852	243
7. Canada.....	1943	11 812	2 531	332
8. Chili.....	1944	5 276	1 130	148
9. Danemark*.....	1943	3 973	750	98
10. Espagne.....	1943	26 491	5 676	744
11. Finlande*.....	1942	3 734	750	98
12. France et Algérie...	1946	49 200	10 542	1 381
13. Grande-Bretagne....	1940	48 182	10 324	1 353
14. Hongrie.....	1942	14 843	3 180	417
15. Italie.....	1941	44 533	9 542	1 250
16. Japon.....	1940	73 114	<u>15 666</u>	-
17. Mexique.....	1943	21 153	4 532	594
18. Norvège*.....	1940	2 952	750	98
19. Pérou.....	1943	7 396	1 585	208
20. Portugal.....	1943	7 954	1 704	223
21. Roumanie.....	1941	16 743	3 588	470
22. Siam.....	1940	15 718	<u>3 368</u>	-
23. Suède.....	1943	6 523	1 398	183
24. Suisse.....	1943	4 343	931	122
25. U. R. S. S.*.....	1939	172 000	22 500	2 948
26. Uruguay*.....	1942	2 203	750	98
27. Yougoslavie.....	1940	15 920	3 411	448
		<u>797 395</u>	<u>150 000</u>	
<i>Partie complémentaire.</i>				
28. Eire (Irlande)*.....	1943	2 951	750	98
29. Pays-Bas.....	1943	9 130	1 956	256
30. Pologne.....	1946	24 000	5 142	674
31. Tchécoslovaquie.....	1937	12 494	2 677	351
32. Turquie.....	1940	17 620	3 775	495
Totaux.....		<u>863 590</u>	<u>164 300</u>	<u>19 034</u>

(*) Les Etats marqués d'un astérisque sont au maximum ou au minimum de la contribution. Sauf pour ces Etats, les parts sont calculées en multipliant le chiffre de la population par le coefficient 0,214270 franc-or par millier d'habitants (coefficient précédent 0,229306).

Il est à noter que, comme en 1920, pour le calcul des contributions dans ce tableau, on a cru devoir, sans attendre la prochaine Conférence générale, admettre les évaluations de population les plus récentes au moins approximatives des pays adhérents.

L'arriéré important que représentent les six annuités dues au Bureau pour le Japon et pour le Siam serait provisoirement maintenu en suspens. Le Comité pourrait laisser à la prochaine Conférence générale le soin de statuer sur cette question, si, d'ici là, les versements des États déficients n'ont pas été repris.

Après une courte discussion, les considérations de M. Pérard, ainsi que son projet de répartition, reçoivent l'approbation de la Commission.

M. Pérard expose alors diverses considérations sur l'efficiencia de la clause or, en connexion avec le cours de certaines monnaies, et la Commission, après discussion, adopte à l'unanimité la résolution suivante :

« En vue de maintenir l'efficacité de la décision votée par la « Septième Conférence générale des Poids et Mesures le « 4 octobre 1927 et fixant en francs-or la dotation du Bureau « international, le Comité donne mission à son Président et à « son Secrétaire, au cas où le cours officiel du franc français par « rapport à l'or marquerait un écart sensible avec le pouvoir « d'achat réel de cette devise monétaire, d'introduire, dans la « détermination en francs français du montant des contributions « payées en cette monnaie, l'ajustement temporaire indispensable « pour assurer l'équilibre du budget.

« Il est bien spécifié que les autres modalités de paiement en « devises rattachées à l'or (dollars ou francs suisses), subsistent « sans aucune modification, et que chaque État peut choisir celle « qui lui convient.

« Le Comité prie instamment les Gouvernements des « États contractants de bien vouloir accepter cette mesure « équitable » (1).

(1) Lorsque cette Résolution a été communiquée officieusement à l'un des Gouvernements intéressés, celui-ci a, alors seulement, fait connaître l'opposition qu'avait rencontrée, auprès de son Ministère des Finances, la Résolution analogue votée par le Comité de 1945 (voir p. 9). Dans ces conditions, il a été admis par le bureau du Comité qu'à partir de ce moment, le présent vœu ne serait plus mentionné dans la correspondance officielle, et qu'aucune suite ne lui serait plus donnée.

Enfin, la Commission discute les modalités de paiement de la contribution d'entrée prévue par la Convention du Mètre. On constate que le paiement de six annuités est devenu excessif, et on décide à l'unanimité de demander aux nouveaux pays adhérents, seulement trois annuités d'entrée (indépendamment de la contribution annuelle réglementaire), dont le versement pourra exceptionnellement s'échelonner sur les trois premières années.

Sur la question « Bâtiments, Programme de travaux », la Commission approuve le plan du Directeur, M. Pérard, qui tend à mettre au plus tôt les édifices du Bureau dans les meilleures conditions possibles.

Sur la question « Budget », la Commission unanime approuve le projet de budget pour les exercices 1947 et 1948 présenté par le Directeur.

RECETTES.		
	<i>Budget ordinaire.</i> (francs-or)	<i>Budget supplé.</i> (francs-or)
Contributions des États.....	164 300	
Sur contributions d'exercices antérieurs à recevoir (ou déjà versées).		+ 25 000
Intérêts des titres et des fonds :		
du Compte I.....	2 200	
du Compte II.....	500	
Deux tiers des Taxes de Vérification.	1 900	
Total.....	<u>168 900</u>	<u>25 000</u>
DÉPENSES.		
<i>A. Personnel :</i>		
Traitements, indemnités, charges de famille.....	107 000	+ 8 000
<i>B. Indemnité du Secrétaire...</i>	3 000	
<i>C. Frais généraux d'administration :</i>		
Bâtiments, travaux urgents de réparation.....	12 000	+ 7 000
Entretien du mobilier.....	1 000	
<i>A reporter...</i>	<u>123 000</u>	<u>+ 15 000</u>

<i>Report</i>	123 000	+ 15 000
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	14 000	+ 7 000
Chauffage, éclairage et force motrice.	5 000	
Primes d'assurance.....	2 000	
Bibliothèque.....	2 000	+ 1 000
Impressions et publications.....	5 000	+ 2 000
Frais de bureau et de secrétariat...	3 000	
Déplacements.....	1 500	
Frais divers et imprévus.....	400	
Versement à la Caisse de retraites pour reconstitution de la réserve..	13 000	
Total	<u>168 900</u>	<u>25 000</u>

Sur la question « Personnel », la Commission approuve les propositions du Directeur :

a. Pour les allocations familiales, c'est-à-dire l'augmentation des allocations actuelles respectivement de :

800 francs français par mois pour 2 enfants à charge,			
1 000	—	3	—
1 200	—	4	—

à partir du 1^{er} octobre 1946, en donnant en outre au Président et au Secrétaire du Comité le pouvoir de modifier, sur la proposition motivée du Directeur, ces majorations, dans un sens ou dans l'autre, en cours d'exercice.

b. Pour les majorations temporaires de traitements, en donnant au bureau du Comité les mêmes pouvoirs.

c. Pour la réduction d'une demi-heure par jour de l'horaire de travail, par rapport à l'horaire fixé par le Règlement du Bureau, qui est déjà entrée dans la pratique, en donnant au Directeur le pouvoir de régler au mieux la question de la répartition des heures dans la semaine. Sauf autorisation accordée par le Directeur, l'horaire fixé doit être strictement observé.

d. Pour les avancements et augmentations accordés au personnel, qui sont adoptés conformément au tableau suivant :

M. LECLERC, calculateur, augmentation temporaire : 800 FF au 1^{er} octobre 1946; pourra être nommé à la 1^{re} classe à partir du 1^{er} mai 1947:

M. HAMON, calculateur, à nommer à la 2^{me} classe à partir du 1^{er} janvier 1947.

M. GIRARD, calculateur stagiaire, nommé calculateur stagiaire de 1^{re} classe au 1^{er} août 1946.

M. HANOCQ, mécanicien, augmentation : 300 F or par an à compter du 1^{er} octobre 1946.

M. MICHARD, mécanicien, augmentation : 300 F or par an à compter du 1^{er} octobre 1946.

M^{me} BABOLAT, secrétaire-dactylographe, augmentation temporaire : 500 FF par mois.

M^{me} BROCHARD, secrétaire-dactylographe, augmentation temporaire : 250 FF par mois.

e. Pour la nomination éventuelle d'un nouvel Assistant, en remplacement de feu M. Roux.

Le Rapporteur,

G. CASSINIS.

Le Président,

E. S. JOHANSEN.

Troisième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (4^e séance).

Le 25 octobre 1946, la séance s'ouvre à 10^h, dans la bibliothèque de l'Institut d'Optique, sous la présidence de M. JOHANSEN.

Etaient présents les membres de la Commission : MM. RAUSZER, et CASSINIS (Rapporteur), et MM. SEARS, CHATELAIN, CRITTENDEN, DEHALU, PÉRARD, Directeur du Bureau.

On poursuit l'étude de la question « Personnel » :

f. La question de la nomination éventuelle d'un sous-directeur et celle de la nomination, à titre provisoire, d'un troisième adjoint, en sus des deux places fixées par le Règlement, sont envisagées par la Commission, laquelle décide de ne prendre aucune décision en la matière. A l'occasion de ces nominations, qu'il a l'intention de proposer au Comité, M. Pérard expose la façon dont il exerce la direction. Il souligne qu'à son avis, une certaine autorité est indispensable à la bonne marche du Bureau et au rendement de son travail; à cet égard, un sous-directeur devra être pour lui un auxiliaire utile. La Commission partage pleinement cet avis.

g. Vu la nécessité d'augmenter le nombre des calculateurs, la

Commission décide de proposer au Comité d'autoriser le Directeur du Bureau à engager un, ou éventuellement deux, calculateurs en surnombre, dès que ce sera possible au point de vue financier.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 12^h.

Le Rapporteur,
G. CASSINIS.

Le Président,
E. S. JOHANSEN.

Ces trois rapports sont également approuvés à mains levées.

M. le DIRECTEUR demande au Comité de se prononcer sur la nomination de M. VOLET comme sous-directeur et de M. TERRIEN comme adjoint.

Pour le premier, il précise que le Comité doit voter sur la question de la personne, sans qu'il puisse être fait d'autre proposition. Toutefois, le Comité estime que cette nomination devra être prononcée avec la réserve qu'elle ne puisse rien faire préjuger pour l'avenir.

On vote à bulletin secret.

A l'unanimité des 11 votants, M. VOLET est nommé sous-directeur à dater du 1^{er} janvier 1947. Le Comité décide que les appointements seront de 12 500 francs-or.

Par un second vote à bulletin secret, le Comité décide, à l'unanimité des 11 votants, qu'un 3^e poste d'adjoint sera créé à titre provisoire en faveur de M. TERRIEN.

Cette nomination deviendra effective également à partir du 1^{er} janvier 1947.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur la désignation des spécialistes des Comités Consultatifs.

Pour l'Électricité, M. LOMBARDI est réélu.

En ce qui concerne les autres membres, M. CRITTENDEN est d'avis de demander des propositions à la Commission Electrotechnique Internationale. M. le DIRECTEUR retient

d'autant plus la suggestion que rien n'oblige à procéder tout de suite à des nominations. Le vote peut avoir lieu par correspondance.

Pour la Photométrie, MM. BORDONI, PIRANI et ZWIKKER sont réélus.

Pour la Thermométrie, MM. PERUCCA, SWIETOSLAWSKI, TIMMERMANS sont élus.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur l'importante question du changement des unités.

M. le DIRECTEUR propose qu'on commence par la calorimétrie et la photométrie, en réservant pour la troisième séance la discussion du changement des unités électriques.

Il rappelle que le Comité de Thermométrie a proposé de prendre pour unité de chaleur le joule, en remplacement de la calorie. A la suite de certaines oppositions tardives, notamment celle de M. Swietoslawski, la question doit être laissée en suspens. Il faudrait avoir confirmation de l'avis de certaines organisations internationales, comme l'Union internationale de Physique et la Commission des données physico-chimiques de l'Union internationale de Chimie.

Pour l'unité de lumière, M. le DIRECTEUR a écrit à tous les membres du Comité Consultatif et obtenu des réponses favorables au changement de définition des unités. Mais la question se pose de savoir si ce changement doit être fait sans attendre le changement des unités électriques, au cas où ce dernier changement serait retardé. La « bougie nouvelle » pourrait alors être introduite à partir du 1^{er} janvier 1948. C'est chose déjà faite en Allemagne.

En réponse à une question de M. RAUSZER, M. le DIRECTEUR explique que la concomitance des deux changements d'unité serait plus commode pour la législation des États.

M. le PRÉSIDENT demande qu'on se prononce sur la question, en se conformant le mieux possible aux résolutions du Comité Consultatif de Photométrie.

M. le DIRECTEUR donne lecture des résolutions suivantes :

Résolution

concernant le changement des unités photométriques.

En vertu des pouvoirs qui lui ont été conférés par la Conférence générale des Poids et Mesures en 1933, le Comité international, reprenant la résolution votée dans sa session de 1937 (Procès-Verbaux du Comité international, 1937, pp. 236 et 64), et se référant au vœu adopté par le Comité consultatif de Photométrie en 1939 (Procès-Verbaux, 1939, p. P28), avec une modification concernant la date d'application, décide que la « bougie nouvelle » devra entrer en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1948.

La présente résolution constitue le « nouvel avis » d'exécution que la lettre-circulaire du 1^{er} janvier 1940, signée du Président et du Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures, demandait aux divers pays d'attendre, avant de procéder à aucun changement d'unité.

Le Comité international adopte sans modifications la résolution 3, concernant les unités photométriques, qui lui avait été soumise en 1939 par le Comité consultatif de Photométrie (Procès-Verbaux, 1939, pp. P 32 à P 35), et dont le texte est reproduit ci-dessous :

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 néces-

saire 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 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.

M. RAUSZER remarque que la définition de l'intensité lumineuse fait intervenir la notion de brillance, qui ne paraît pas nécessaire.

M. CRITTENDEN et M. le DIRECTEUR déclarent que cette notion de brillance a été introduite pour simplifier la définition et que, d'ailleurs, elle a reçu l'approbation des spécialistes eux-mêmes, photométristes et éclairagistes.

Le Comité vote l'approbation des résolutions précédentes et décide que le changement des unités de lumière aurait lieu, s'il le fallait, indépendamment de celui des unités électriques.

M. le DIRECTEUR demande s'il ne conviendrait pas de se prononcer sur l'attribution d'un symbole à la nouvelle unité lumineuse. Suivant l'usage, on pourrait lui donner le nom d'un savant. M. DEHALU propose celui de *Bouguer*, le célèbre inventeur de la photométrie.

M. CHATELAIN déclare que cette désignation est très délicate. M. CRITTENDEN pense qu'elle ne relève pas du Comité.

M. le DIRECTEUR est d'un avis différent, parce que le Comité a un caractère officiel que n'ont pas les diverses associations spécialisées.

M. CASSINIS estime qu'il faut seulement donner un nom aux unités fondamentales, et non aux unités dérivées.

Finalement aucune décision n'est prise. le Comité se contentant de suggérer le nom de *Bouguer* pour l'unité de lumière, en vue d'une décision ultérieure.

M. le DIRECTEUR demande qu'on ajoute au compte rendu de la présente session le procès-verbal des réunions officielles de 1945, et que soit aussi inséré aux Procès-Verbaux le Rapport du Directeur sur le fonctionnement du Bureau de 1937 à 1939.

Il en est ainsi décidé.

Le Comité échange des vues sur les réunions ultérieures. Il pense que sa prochaine réunion, en 1948, pourrait coïncider avec la Conférence Générale des Poids et Mesures.

Il est question de l'augmentation de la dotation du Bureau par les Etats. M. le DIRECTEUR suggère qu'elle soit portée de 150 000 à 200 000 francs-or.

M. le PRÉSIDENT est d'avis d'attendre.

M. le DIRECTEUR déclare que l'augmentation est bien

nécessaire et que 50000 francs est un chiffre encore modeste. Il faudrait prévoir bien davantage si le Bureau devait faire face à des travaux importants, comme la réalisation des unités électriques absolues ou celle de la bougie nouvelle.

Le Rapporteur de la Commission des Finances avait préparé, dans ce sens, un vœu à soumettre au Comité. Il en donne lecture, et le Comité l'adopte sous la forme de la résolution suivante :

Résolution.

Lorsqu'en 1927, la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures décida que « La partie fixe de la dotation annuelle est, en principe, de 125000 francs-or, « mais peut être portée à 150000 francs-or par « décision unanime du Comité », elle prit soin de préciser la portée de cette mesure dans les termes suivants :

« Cette somme suffira aux besoins du Bureau, et . . . « lui permettra d'envisager la création d'une section « des unités électriques ».

Depuis 19 ans, le chiffre de la dotation annuelle n'a pas été modifié. Cependant, dans le même espace de temps :

l'effectif du personnel scientifique du Bureau est passé de 7 à 11 ;

les attributions du Bureau International ont été étendues à la photométrie ; et il a été organisé, non seulement une section d'électricité, mais aussi une section de photométrie.

Il est manifeste que le montant de la dotation fixée en 1927 est devenu insuffisant en 1946 ; et l'on doit

encore tenir compte du fait que la rénovation du matériel scientifique et le remplacement d'une partie de l'outillage de l'atelier de mécanique, interrompus par la guerre, s'imposent à présent avec un caractère d'urgence.

En conséquence, le Comité décide de proposer à la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures une augmentation de la dotation annuelle du Bureau International.

La séance est levée à 17^h 55^m.

PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

TENUE A L'INSTITUT D'OPTIQUE.

Mardi 29 octobre 1946.

PRÉSIDENTE DE M. J. E. SEARS.

Sont présents : MM. CASSINIS, CRITTENDEN, de HAAS, DEHALV, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER.

La séance est ouverte à 15^h 30^m.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la dernière séance. La première partie est adoptée. La seconde partie est laissée aux mains de M. le Président et de M. le Secrétaire pour une rédaction définitive. Il en sera de même pour le procès-verbal de la présente séance, qui ne pourra, faute de réunion nouvelle, être soumis collectivement aux membres du Comité.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur le changement des unités électriques.

M. le DIRECTEUR explique que le Comité Consultatif d'Electricité avait formellement demandé dès 1939 le passage des unités électriques internationales aux unités absolues. Dans la réunion officieuse du Comité en 1945, il avait été décidé de demander aux membres du Comité

Consultatif si leur opinion n'avait pas changé depuis cette époque. Le Comité Consultatif d'Electricité était composé de sept membres : six grands Laboratoires nationaux : le National Bureau of Standards de Washington; l'Institut de Métrologie de Léningrad; le Laboratoire Central d'Electricité de Paris; le Laboratoire Electrotechnique de Tokio; le National Physical Laboratory de Teddington; la Physikalisch-Technische Reichsanstalt de Berlin; et un spécialiste : M. Lombardi. Aucune réponse n'a été reçue du Laboratoire de Tokio. On a eu cinq réponses favorables émanant de quatre des Laboratoires (1) et de M. Lombardi. Une seule, celle du laboratoire de Berlin, est défavorable; par la voix du D^r Steinhaus, il déclare que les unités absolues n'étant pas encore actuellement susceptibles d'être obtenues avec une précision suffisante, il conviendrait de remettre à plus tard la transformation envisagée. Cependant, de l'avis du National Bureau of Standards, cette opinion ne paraît pas tenir compte des derniers travaux effectués; et un nouveau retard dans l'introduction des unités absolues, tant souhaitée par les électriciens de la plupart des pays, ne serait pas justifié. Le National Bureau of Standards estime donc que l'on ne doit pas s'arrêter à cette objection et qu'il faut introduire le système absolu à partir du 1^{er} janvier 1948. C'est aussi l'avis des autres membres du Comité Consultatif.

De même, la Note des milieux techniques suisses, apportée tout récemment par le membre suisse du Comité, et qui tendrait à retarder le changement en question, ne paraît pas pouvoir être prise en considération, parce que la raison invoquée (rationalisation éventuelle) n'a aucun lien avec le seul « but » dans lequel la Conférence

(1) Une réponse également favorable a été reçue du Laboratoire de Tokio depuis la clôture de la session du Comité.

Générale de 1933 avait donné, par sa Résolution 10, « au Comité international les pouvoirs nécessaires pour fixer . . . la date d'adoption des nouvelles unités ».

M. le PRÉSIDENT déclare qu'on ne saurait attendre davantage. Il demande si la Reichsanstalt a fait de nouvelles expériences à ce sujet. M. KÖSTERS répond négativement.

Un échange de vues a lieu au sujet des précisions respectives que peuvent comporter l'ohm international et l'ohm absolu.

M. KÖSTERS propose qu'on discute à nouveau la question du changement des unités avec la Commission Electro-technique Internationale. M. PÉRARD déclare que l'on pourrait sans doute consulter à nouveau le Président de cette Commission.

M. RAUSZER combat l'ajournement. Il souhaite qu'on prenne la décision tout de suite. Les mesures législatives suivront aussitôt dans tous les pays. Les autres membres du Comité sont également de cet avis.

Après une longue discussion, M. le Président juge le débat clos, et invite à voter sur les Résolutions ci-dessous, qui ont été transcrites aussi exactement que possible des trois Résolutions adoptées par le Comité Consultatif d'Electricité (*voir* ce Comité Consultatif, Procès-Verbaux du Comité International, 2^e série, t. XIX, pp. E 17, E 25 et E 31).

La Résolution 1 avec l'Annexe correspondante est adoptée à l'unanimité moins une voix.

RÉSOLUTIONS

concernant le changement des unités électriques.

RÉSOLUTION 1.

Le Comité international des Poids et Mesures, réuni pour la première fois en séance officielle depuis 1937, adopte le principe des résolutions qui lui ont été soumises par le Comité consultatif d'Électricité de juin 1939. Pour adapter ces résolutions à la situation actuelle, telle qu'elle résulte des événements et des progrès scientifiques accomplis depuis 1939, il décide que :

1° *La date d'entrée en vigueur des unités absolues devient le 1^{er} janvier 1948.*

2° *Les relations de passage entre les unités internationales moyennes et les unités absolues sont :*

1 ohm international moyen = 1,00049 ohm absolu,

1 volt international moyen = 1,00034 volt absolu.

Les précisions des deux relations ci-dessus permettront aux laboratoires et industries d'exprimer toutes les grandeurs électriques en fonction des unités nouvelles, sans introduire dans cette conversion une erreur dépassant 2 unités du dernier chiffre inscrit. Cette erreur est à peine supérieure à ce que l'on estime comme étant la précision atteinte dans les laboratoires nationaux pour leurs mesures absolues.

RÉSOLUTION 2

1° *Substitution définitive des unités électriques absolues au système international. — En vertu des pouvoirs qui lui*

ont été conférés par la Conférence générale des Poids et Mesures en 1933, le Comité international des Poids et Mesures annonce maintenant sa décision par laquelle la substitution du système des unités électriques pratiques absolues au système international doit entrer en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1948.

La présente résolution constitue le « nouvel avis » d'exécution que la lettre-circulaire du 1^{er} janvier 1940, signée du Président et du Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures, demandait aux divers pays d'attendre, avant de procéder à aucun changement d'unités.

2° Continuité historique du système. — La définition première du système pratique absolu d'unités électriques adopté par le Comité a été énoncée par la Conférence de Londres de 1908 de la façon suivante :

« I. La Conférence estime que, comme précédemment, les grandeurs des unités fondamentales électriques seront déterminées par le système de mesures électromagnétique en se référant au centimètre comme unité de longueur, au gramme comme unité de masse et à la seconde comme unité de temps.

« Ces unités fondamentales sont l'Ohm, unité de résistance qui a la valeur de 1000000000 par rapport à l'unité absolue; l'Ampère, unité de courant électrique qui a la valeur de un dixième (0,1) de l'unité absolue; le Volt, unité de force électromotrice qui a la valeur de 100000000 par rapport à l'unité absolue; le Watt, unité de puissance qui a la valeur de 10000000 par rapport à l'unité absolue. »

3° Considérations générales. — Les définitions des unités électriques et magnétiques absolues s'appuient sur les lois électromagnétiques généralement admises, qui

conduisent à un système de relations interdépendantes entre les différentes entités qui doivent être mesurées. Les unités peuvent être définies par conséquent de plusieurs manières, selon le point de départ choisi.

— Pour formuler les décisions législatives qui concernent uniquement la grandeur des unités et non pas les procédés effectivement employés pour leur réalisation à partir de la théorie qui leur sert de base, il convient d'avoir un ensemble de définitions, suffisantes pour le but envisagé, exprimées autant qu'il est possible en un langage simple et aisément compréhensible.

Pour satisfaire à des demandes qui lui ont été adressées, concernant un texte destiné à servir de guide pour les rédactions législatives, le Comité recommande par conséquent l'adoption de la suite de définitions donnée dans le paragraphe 4°. Les grandeurs des unités : ohm, ampère, volt et watt, ainsi définies, sont identiques à celles qui ont été adoptées par la Conférence de Londres de 1908.

La procédure à suivre pour l'établissement et la conservation des étalons de référence indispensables de certaines unités choisies est indiquée dans les paragraphes 6° à 8°, qui ont également pour but de servir de guide à la législation.

4° Grandeurs théoriques des unités. — A. DÉFINITION DES UNITÉS MÉCANIQUES UTILISÉES DANS LE TEXTE CI-DESSOUS :

I. Unité de force. — L'unité de force [dans le système M. K. S. (Mètre, Kilogramme, Seconde)] est la force qui communique à une masse de 1 kilogramme l'accélération de 1 mètre par seconde, par seconde (1).

(1) Il a été proposé de donner le nom de « newton » à l'unité de force M. K. S.

II. *Le joule* (unité d'énergie ou de travail). — *Le joule est le travail effectué lorsque le point d'application de 1 unité M. K. S. de force se déplace d'une distance égale à 1 mètre dans la direction de la force.*

III. *Le watt* (unité de puissance). — *Le watt est la puissance qui donne lieu à une production d'énergie égale à 1 joule par seconde.*

B. DÉFINITION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES. *Le Comité admet les propositions suivantes définissant la grandeur théorique des unités électriques :*

IV. *L'ampère* (unité d'intensité de courant électrique). — *L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ unité M. K. S. de force par mètre de longueur.*

V. *Le volt* (unité de différence de potentiel et de force électromotrice). — *Le volt est la différence de potentiel électrique qui existe entre deux points d'un fil conducteur transportant un courant constant de 1 ampère, lorsque la puissance dissipée entre ces points est égale à 1 watt.*

VI. *L'ohm* (unité de résistance électrique). — *L'ohm est la résistance électrique qui existe entre deux points d'un conducteur lorsqu'une différence de potentiel constante de 1 volt, appliquée entre ces deux points, produit, dans ce conducteur, un courant de 1 ampère, ce conducteur n'étant le siège d'aucune force électromotrice.*

VII. *Le coulomb* (unité de quantité d'électricité). — *Le coulomb est la quantité d'électricité transportée en 1 seconde par un courant de 1 ampère.*

VIII. *Le farad* (unité de capacité électrique). — *Le farad est la capacité d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparaît une différence de potentiel électrique de 1 volt, lorsqu'il est chargé d'une quantité d'électricité égale à 1 coulomb.*

IX. *Le henry* (unité d'inductance électrique). — *Le henry est l'inductance électrique d'un circuit fermé dans lequel une force électromotrice de 1 volt est produite lorsque le courant électrique qui parcourt le circuit varie uniformément à raison de 1 ampère par seconde.*

X. *Le weber* (unité de flux magnétique). — *Le weber est le flux magnétique qui, traversant un circuit d'une seule spire, y produirait une force électromotrice de 1 volt, si on l'amenait à zéro en 1 seconde par décroissance uniforme.*

5° *Objet de ces définitions.* — *Les définitions données dans le paragraphe 4° ont pour unique objet de fixer la grandeur des unités, et non les méthodes à suivre pour leur réalisation pratique. Cette réalisation s'effectue en accord avec les lois bien connues de l'électromagnétisme. Par exemple, la définition de l'ampère représente uniquement un cas particulier de la formule générale exprimant les forces qui s'exercent entre des conducteurs parcourus par des courants électriques, choisie pour la simplicité de son expression verbale. Elle sert à fixer la constante dans la formule générale qui doit être utilisée pour la réalisation de l'unité.*

Le texte ci-dessus se réfère au système M. K. S. Il est

naturellement possible de le transposer dans un autre système (C. G. S., M. T. S., etc.) par modification appropriée des puissances de 10.

6° **Étalons matériels.** — Pour les comparaisons pratiques, les unités électriques sont représentées par des étalons matériels de l'ohm et du volt, auxquels on attribue des valeurs appropriées exprimées en unités absolues. Les étalons de l'ohm se présentent actuellement sous la forme de bobines de résistance, et ceux du volt sous la forme d'éléments voltaïques (éléments Weston par exemple).

7° **Étalons de référence internationaux.** — Les valeurs qui doivent être attribuées aux étalons de référence conservés au Bureau international des Poids et Mesures seront fixées de temps en temps par le Comité international, sur l'avis du Comité consultatif d'Électricité, en accord avec les résultats des comparaisons effectuées entre ces étalons et les étalons nationaux dont les valeurs auront été déterminées directement par des mesures absolues.

8° **Étalons de référence nationaux.** — Les valeurs à attribuer aux étalons de référence nationaux seront déterminées conformément aux résultats des comparaisons faites avec les étalons de référence du Bureau international.

9° **Rapport entre les unités absolues et les unités du système international.** — Ces rapports sont indiqués à la Résolution 1 ci-dessus.

Pour les étalons de chaque État, ou des particuliers, il faudra tenir compte, non seulement des valeurs des rapports indiquées ci-dessus entre les « unités interna-

tionales moyennes » Ω_M , A_M et V_M [telles qu'elles ont été acceptées par le Comité international ⁽¹⁾] et les unités absolues, mais encore des écarts des unités du système international conservées par chaque Laboratoire avec les « unités internationales moyennes » correspondantes.

RECOMMANDATION.

Dans le but d'éviter toute confusion possible, le Comité conseille d'ajouter, pendant la période de transition, aux noms des unités électriques, le qualificatif « international » (abréviation : « int. »), pour les unités actuellement encore en usage, et le qualificatif « absolu » (abréviation : « abs. »), pour les unités dont le Comité a décidé l'adoption

ANNEXE

A LA RÉOLUTION 1.

En vue de la réunion du Comité international en octobre 1946, le Bureau international des Poids et Mesures a fait parvenir aux divers Laboratoires nationaux une lettre-circulaire leur demandant d'exprimer leur opinion sur la question des unités électriques absolues. Les réponses reçues ont montré que, dans l'ensemble, l'opinion était nettement favorable à l'adoption prochaine de ces unités.

Le National Bureau of Standards a transmis au Comité international une proposition formelle demandant que la date d'introduction des unités absolues dans l'usage pratique soit fixée au 1^{er} janvier 1948.

(1) Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures, 1937, pp. 111 et 112.

D'autre part, ce Laboratoire a fait une étude très approfondie consistant en une discussion objective et impartiale de tous les travaux expérimentaux exécutés dans la plupart des grands instituts scientifiques du monde. La conséquence de cette étude, jointe aux résultats des derniers travaux exécutés au National Bureau of Standards, était qu'il est légitime de considérer que la cinquième décimale est atteinte dans la mesure des rapports entre les unités internationales et les unités absolues. Les rapports proposés par le National Bureau of Standards sont donc :

- 1 ohm international moyen = 1,00049 ohm absolu,*
- 1 ampère international moyen = 0,99985 ampère absolu,*
- 1 volt international moyen = 1,00034 volt absolu,*

la sixième décimale étant zéro.

Le National Physical Laboratory s'est déclaré d'accord avec la proposition du National Bureau of Standards, et a fait seulement remarquer qu'il serait préférable de ne pas donner les résultats d'étalonnage avec plus de cinq décimales et réserver strictement l'usage de la sixième décimale aux travaux de coordination entre les Laboratoires nationaux et à leurs relations avec le Bureau international des Poids et Mesures.

C'est en se basant sur les documents ci-dessus et sur l'ensemble des réponses reçues des Membres du Comité consultatif d'Électricité, que le Comité international a adopté la Résolution 1.

La différence d'opinion manifestée par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt n'a pas paru devoir justifier un nouveau retard dans l'introduction des unités absolues, tant souhaitées par les électriciens de la plupart des pays. Par suite des circonstances, la

Physikalisch-Technische Reichsanstalt n'a pas pu être tenue au courant de toutes les discussions récentes, et son opposition parait due à un certain doute de la part de ses physiciens sur la précision que l'on peut attribuer aux rapports qui figurent dans la Résolution 1. La réponse de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt exprime la crainte que les résultats admis par le Comité aient un caractère trop provisoire et soient à remanier par la suite.

Le Comité international fait observer que, de toute façon, les valeurs des rapports figurant à sa Résolution 1 n'auront à intervenir qu'une seule fois et devront aussitôt être appliquées. Les travaux nouveaux sur les unités absolues se traduiront par des retouches légères aux valeurs des étalons nationaux et de ceux du Bureau international. La notion du rapport entre les unités absolues et les unités internationales, avec la disparition de ces dernières, perdra d'elle-même à l'avenir tout intérêt.

M. KÖSTERS explique qu'il n'est pas électricien et qu'au cours de la discussion il n'a pas exprimé son opinion personnelle, mais celle des compétences allemandes qui ont été consultées.

M. CRITTENDEN déclare que, verbalement, M. CHATELAIN lui avait donné mandat de voter pour l'adoption.

M. le PRÉSIDENT passe à la Résolution 2.

M. CASSINIS demande si l'on a adopté le *newton* comme unité de force. M. le DIRECTEUR répond qu'il s'informerá.

Les corrections proposées par le Directeur du Bureau pour être apportées au texte du Comité Consultatif sont adoptées, sauf pour le paragraphe 4, IV, où l'on décide de ne pas ajouter le mot « amagnétiques », suggéré à

M. Pérard par certains électriciens. M. de HAAS estime en effet que cette condition du non-magnétisme des conducteurs devient inutile dès l'instant qu'on leur suppose une section négligeable.

Après approbation de la Résolution 2, M. le PRÉSIDENT passe à la Résolution 3 du Comité Consultatif d'Électricité, qui devient une Recommandation.

Cette Recommandation est adoptée sans discussion à l'unanimité.

Avant de clore sa session, le Comité reprend quelques questions qui avaient été laissées en suspens dans les séances précédentes.

1° Au point de vue de la subvention offerte par l'UNESCO, M. le DIRECTEUR estime que le Comité pourrait accepter une somme de 300000 ou 400000 FF, qui serait consacrée aux travaux de mesure de g , et une petite subvention régulière pendant deux ans, en attendant l'augmentation de crédits qui sera demandée à la Conférence. Ces dernières annuités permettraient de rémunérer le calculateur supplémentaire dont le Bureau a besoin.

Le Comité approuve ces propositions, et laisse à M. le DIRECTEUR le soin de continuer les pourparlers avec l'UNESCO.

2° M. CASSINIS demande si la Chine a engagé des pourparlers tendant à son adhésion à la Convention du Mètre. M. le DIRECTEUR répond affirmativement, et il laisse prévoir l'adhésion d'autres Etats.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le PRÉSIDENT désire annoncer lui-même leurs nominations à M. VOLET et à M. TERRIEN.

MM. VOLET et TERRIEN sont introduits. Ils reçoivent les

félicitations du Président et de tous les membres du Comité. Ils répondent en quelques mots que le Bureau peut compter sur leur absolu dévouement. M. le DIRECTEUR renouvelle à ses collaborateurs ses sentiments personnels de haute estime scientifique et d'amitié.

M. le PRÉSIDENT félicite les membres du Comité de leur travail et remercie M. le DIRECTEUR du concours qu'il leur a apporté. Celui-ci exprime en retour sa gratitude pour la compréhension témoignée une fois de plus à l'égard des besoins du Bureau.

M. CRITTENDEN adresse ses remerciements à M. le PRÉSIDENT pour la façon dont il a conduit les travaux.

M. le PRÉSIDENT déclare close la session du Comité.

La séance est levée à 17^h 20^m.



ANNEXE I.

LETTRE

DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES DE FRANCE
AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL

Ministère des Affaires Étrangères ÉTAT FRANÇAIS

UNIONS INTERNATIONALES

Vichy, le 26 mai 1944.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

J'ai l'honneur d'accuser réception de vos lettres du 4 décembre et du 6 janvier 1944 qui répondent à ma communication du 22 novembre 1943. Je vous remercie de l'accueil favorable que vous avez réservé, dans cette lettre, au message que vous présentait le Gouvernement Français et qui peut être précisé et résumé dans les trois points suivants :

1^o Pour des raisons d'histoire, de droit et de fait, le Gouvernement français considère que le Conservatoire National des Arts et Métiers est son Institut ou Laboratoire national unique au sens que donne à ce terme, dans ses délibérations, le Comité International des Poids et Mesures et qu'explicite le paragraphe 5 de ma lettre du 22 novembre 1943 (1).

(1) Le paragraphe auquel il est fait allusion est le suivant :

« Le Laboratoire Central d'Électricité a subi récemment une transformation profonde; il est devenu laboratoire industriel à caractère corporatif. De son propre mouvement, par une convention signée le 13 juin 1943, il a rétrocédé au Conservatoire National des Arts et Métiers, sans délai, les étalons d'intensité lumineuse et il s'est engagé à lui rétrocéder, ultérieurement, les étalons des grandeurs purement électriques. Par cette convention, la loi du 2 avril 1919 se trouve satisfaite dans le fond comme dans la forme. Il n'existe plus en France, qu'un laboratoire national de métrologie unique que ladite

2° En conséquence, le Gouvernement serait heureux de voir le Bureau et le Comité international des Poids et Mesures s'adresser au Conservatoire National des Arts et Métiers, lorsqu'ils estiment que, en dehors de la Conférence Générale des Poids et Mesures, la France doit être consultée sur des questions du ressort de leur activité.

3° Enfin, il serait souhaitable que M. le Président du Bureau international des Poids et Mesures voulût bien accepter de communiquer aux autres laboratoires nationaux, en temps utile, le message résumé dans les deux paragraphes précédents.

Au demeurant, M. BOUTRY, Directeur du Laboratoire d'Essais au Conservatoire National des Arts et Métiers, pourra préciser avec vous, dans un entretien direct, tous les points dont la définition resterait insuffisante.

Veuillez agréer, Monsieur...

Pour le Ministre et P.O.

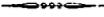
Le Ministre Plénipotentiaire,

Sous-Directeur des Unions Internationales.

Signé : MERILLON.

Une lettre en date du 14 novembre 1945, émanant du Ministère des Affaires Étrangères (Direction des Unions), a confirmé les termes de la communication ci-dessus.

« loi et l'arrêté du Ministre de l'Éducation Nationale du 7 août 1936
« ont chargé de garder et d'entretenir les étalons nationaux qui
« concernent nos unités de mesures, d'effectuer toutes recherches
« relatives au perfectionnement de ces étalons et des méthodes de
« mesures de haute précision ».



ANNEXE II.

CORRESPONDANCE

ÉCHANGÉE AU SUJET DES CHANGEMENTS D'UNITÉS

Lettre adressée par le Directeur du Bureau International aux Membres du Comité consultatif de Photométrie (Directeurs du Laboratoire Électrotechnique du Japon, de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., du National Bureau of Standards des États-Unis d'Amérique, du National Physical Laboratory de Grande-Bretagne, de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt d'Allemagne, et à MM. Bordoni, Pirani, Zwikker)

Le 30 novembre 1945.

Objet : Changement de l'unité
de lumière.

MONSIEUR LE ...

Après six années d'interruption dans les relations scientifiques internationales, le Comité international des Poids et Mesures a pu enfin se réunir en session officielle du 13 au 15 novembre 1945.

Au cours de cette session a été examinée, en particulier, la date de mise en vigueur des nouvelles unités de lumière et d'électricité, adoptées par les Comités consultatifs d'avant-guerre.

Il a été décidé qu'après un si long intervalle de temps il était convenable de demander, à nouveau, par correspondance, à chacun des grands Laboratoires nationaux qui sont représentés à ces Comités consultatifs (1), et à chacun des membres spécialistes, si leur opinion à l'égard de cette question était bien restée semblable à celle qui s'était manifestée jusqu'en 1939. Dans l'affirmative, le Comité international statuant soit par correspondance, soit en séance plénière, déciderait le changement

(1) A la réunion du Comité consultatif de Photométrie de 1939 les délégués de votre Laboratoire étaient MM. ...

simultané des unités d'électricité et de lumière. La décision concernant le changement de l'unité de chaleur a été ajournée.

Pour ce qui concerne la photométrie, je vous rappelle qu'au Comité consultatif de 1939 il y avait eu une discussion sur les avantages relatifs des deux procédures proposées, savoir : 1^o introduire la bougie nouvelle au 1^{er} janvier 1940, sans attendre l'intercomparaison à la température de couleur de 2800°K; 2^o différer l'application de l'unité nouvelle jusqu'au 1^{er} janvier 1941, de façon à donner du temps pour cette intercomparaison, et pour 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. La seconde façon de procéder a été jugée préférable par la majorité des membres. Ainsi la bougie nouvelle devait être introduite dans les législations à partir du 1^{er} janvier 1940, la mise en application de la loi étant reportée au 1^{er} janvier 1941.

Vous avez dû recevoir, en 1939, les Procès-verbaux de ce Comité consultatif. Pour vous éviter de rechercher, je joins à la présente lettre les pages extraites de ces Procès-verbaux, où sont reproduites les résolutions votées.

Entre temps, une lettre du 1^{er} janvier 1940 signée du Président et du Secrétaire du Comité international, aux Ambassades et Légations, aux membres des Comités international et consultatifs et aux Bureaux nationaux intéressés, a demandé que, étant données les circonstances, aucun changement d'unités ne fût accompli avant un nouvel avis du Comité international.

D'autre part, je crois que le seul élément nouveau est le fait que, pendant ces dernières années, le Bureau international s'est entièrement monté pour les déterminations photométriques, aussi bien pour l'intensité lumineuse que pour le flux, et qu'il a déjà exécuté entre les lampes qui lui ont été confiées par différents Laboratoires (Laboratoire Central d'Électricité, National Bureau of Standards, Physikalisches-Technische Reichsanstalt, et tout récemment le National Physical Laboratory), des comparaisons de la plus haute précision possible. Peut-être faut-il noter aussi que, d'après les informations, d'ailleurs quelque peu divergentes de certaines revues scientifiques d'Allemagne, il semblerait que ce pays a déjà adopté au cours de la guerre la *bougie nouvelle*.

Ayez donc l'obligeance de me confirmer que vos idées, au

point de vue des changements d'unités, n'ont pas évolué, et que, par exemple, vous seriez d'avis de prescrire l'introduction de la bougie nouvelle dans les législations à la date du 1^{er} janvier 1947 et sa mise en application au 1^{er} janvier 1948.

Je vous prie d'agréer, ...

Le Directeur du Bureau,

Signé : A. PÉRARD.

Lettre adressée par le Directeur du Bureau international aux Membres du Comité consultatif d'Électricité (Directeurs du Laboratoire Electrotechnique du Japon, de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., du National Bureau of Standards des États-Unis d'Amérique, du National Physical Laboratory de Grande-Bretagne, de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt d'Allemagne, et à M. Lombardi).

Le 30 novembre 1945.

Objet : Changement des unités
électriques.

MONSIEUR LE ...

Après six années d'interruption dans les relations scientifiques internationales, le Comité international des Poids et Mesures a pu enfin se réunir en session officielle du 13 au 15 novembre 1945.

Au cours de cette session a été examinée, en particulier, la date de mise en vigueur des nouvelles unités de lumière et d'électricité, adoptées par les Comités consultatifs d'avant-guerre.

Il a été décidé qu'après un si long intervalle de temps, il était convenable de demander, à nouveau, par correspondance, à chacun des grands Laboratoires nationaux qui sont représentés à ces Comités consultatifs ⁽¹⁾, et à chacun des membres spécialistes, si leur opinion à l'égard de cette question était bien restée semblable à celle qui s'était manifestée jusqu'en 1939. Dans l'affir-

(1) A la réunion du Comité consultatif d'Électricité de 1939 les délégués de votre Laboratoire étaient MM. ...

mative, le Comité international statuant soit par correspondance, soit en séance plénière, déciderait le changement simultané des unités d'électricité et de lumière. La décision concernant le changement de l'unité de chaleur a été ajournée.

Pour ce qui concerne l'électricité, je vous rappelle qu'au Comité consultatif de 1939 il y avait eu une discussion très serrée au sujet de la précision des déterminations absolues, et tout particulièrement de celle de l'ampère. Cette discussion a montré que les rapports entre les unités internationales et les unités absolues correspondantes ne pouvaient être donnés qu'avec quatre décimales (au lieu de cinq comme on l'avait précédemment espéré). Toutefois, d'après la majorité des membres, il ne fallait pas y voir un obstacle à l'adoption légale des unités nouvelles. Finalement, le Comité consultatif a élaboré une résolution (Résolution I) qui rappelait simplement l'existence de la décision antérieure, prise par le Comité international, d'adopter les unités absolues à la date du 1^{er} janvier 1940.

Vous avez dû recevoir, en 1939, les Procès-Verbaux de ce Comité consultatif. Pour vous éviter de rechercher, je joins à la présente lettre les pages extraites de ces Procès-Verbaux, où sont reproduites les résolutions votées.

Entre temps, une lettre du 1^{er} janvier 1940 signée du Président et du Secrétaire du Comité international, aux Ambassades et Légations, aux membres des Comités international et consultatifs et aux Bureaux nationaux intéressés, a demandé que, étant données les circonstances, aucun changement d'unités ne fût accompli avant un nouvel avis du Comité international.

Depuis cette époque, il y a lieu de signaler le travail de conservation des unités au Bureau International, de 1939 à 1945, au moyen des étalons déposés au Pavillon de Breteuil par les six Laboratoires nationaux. Ce travail, ainsi que les premières relations établies avec quelques-uns de ces Laboratoires, montrent que les unités ont été conservées au Bureau international et dans les Laboratoires dont l'activité n'a pas été trop perturbée par la guerre, avec une précision qui n'affecte nullement la quatrième décimale. La Résolution I, ci-dessus, conserve, de ce fait, toute sa vigueur. L'arrêt dans le monde entier des travaux sur les unités absolues aura pour conséquence, que l'accord sur la décimale suivante serait plus long à établir que si tous les travaux en cours en automne 1939 avaient pu se terminer. Il

semble qu'il y a là plutôt une raison de ne pas retarder davantage l'adoption légale des unités nouvelles, en laissant, à la question délicate de la précision, la possibilité d'évoluer librement dans les années à venir.

Ayez donc l'obligeance de me confirmer que vos idées, au point de vue des changements d'unités, n'ont pas évolué, et que, par exemple, vous seriez d'avis de prescrire l'adoption des unités électriques abolues dans les législations à la date du 1^{er} janvier 1947.

Je vous prie d'agréer, ...

Le Directeur du Bureau,

Signé : A. PÉRARD.

LETTRE

DU Professeur PIRANI

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

13 janvier 1946.

....

En réponse à votre lettre du 30 novembre 1945, relative au changement de l'étalon de lumière, comme membre personnel du Comité consultatif, je voudrais vous confirmer que je suis d'accord avec l'introduction de la « bougie nouvelle » pour le 1^{er} janvier 1948 (après que la législation nécessaire aura été passée dans les différents pays).

....

Signé : M. PIRANI.

LETTRE

DU Professeur ZWIKKER

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).

Eindhoven, le 15 janvier 1946.

....

En réponse à votre lettre du 30 novembre 1945 concernant la date de changement de l'unité de lumière, je vous communique comme mon opinion que l'introduction de la bougie nouvelle soit faite aussi vite que possible, en tenant compte des exigences pratiques. Je suis en faveur de votre proposition de l'introduction de la bougie nouvelle dans les législations à la date du 1^{er} janvier 1947 et sa mise en application au 1^{er} janvier 1948.

Je vous prie d'agréer,

Signé : Prof.-Dr. C. ZWIKKER.

LETTRE

DU DIRECTEUR DU NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
(Washington)

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

15 février 1946

Sujet : Unités de lumière.

....

En réponse à votre question du 30 novembre 1945, concernant les recommandations du Comité consultatif de Photométrie, le National Bureau of Standards est d'avis que le nouveau système proposé d'unités de lumière devrait être introduit aussitôt que possible, à la condition indiquée au dernier paragraphe ci-dessous.

Considérant les difficultés des voyages et du transport des étalons, nous préférierions l'adoption rapide du système général d'unités, même s'il n'est pas possible de faire des comparaisons de lampes étalons dans les divers domaines de température avant que les nouvelles unités soient mises en pratique. Nous croyons que les étalons établis par les divers laboratoires nationaux conformément au système général adopté seront en bon accord d'une façon raisonnable. Les petites différences qui pourraient en résulter pourront être ajustées plus tard grâce à des comparaisons du genre de celles qui peuvent être organisées au Bureau international.

Cependant, afin de causer le moins possible de confusion dans les dossiers des laboratoires photométriques, les nouvelles unités de lumière devraient être introduites en même temps que les nouvelles valeurs des unités électriques.

.....
Signé : E. C. CRITTENDEN,
Acting Director.

E. U. CONDON, *Director.*

LETTRE

DU DIRECTEUR DU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
(Teddington)
AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

25 février 1946.

.....
*Unités électriques
et photométriques.*

En réponse à vos deux lettres datées du 30 novembre 1945, nous n'avons aucun commentaire à faire à la proposition d'introduction des nouvelles unités, sauf en ce qui concerne la date.

Au sujet de cette date, nous pensons qu'un délai plus grand sera demandé dans les divers pays, à la fois pour préparer tech-

niqùement l'introduction des nouvelles unités, et aussi pour la promulgation des décrets légaux nécessaires pour donner effet aux changements. L'industrie réclamera certainement un délai raisonnable, et aussitôt que la proposition sera faite définitivement, les Laboratoires nationaux de standardisation et le Bureau international devront s'attendre à recevoir des demandes d'éta-lonnage d'appareils en fonction des nouvelles unités pour l'usage futur. Ces Laboratoires devraient être prêts avant que le chan-gement définitif prenne effet.

Il nous semble probable que la notification officielle du chan-gement prévu ne sera pas décidée avant la dernière partie de la présente année, et nous ne pensons pas qu'une année supplé-mentaire serait de trop pour permettre les travaux préparatoires nécessaires, qui sont restés en attente pendant toute la durée de la guerre.

C'est pourquoi, dans ces circonstances, nous inclinons à sug-gérer que la date pour le changement final devrait être fixée au 1^{er} janvier 1948, plutôt qu'au 1^{er} janvier 1947.

.....

Signé : C. G. DARWIN,
Directeur.

LETTRE

DU DIRECTEUR DU NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
(Washington)

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

18 février 1946.

Sujet : Ajustement des unités électriques.

....

Au sujet de votre question du 30 novembre concernant les recommandations du Comité consultatif d'Electricité, il nous apparaît qu'il ne sera pas possible de prendre des dispositions permettant d'introduire, au 1^{er} janvier 1947, les valeurs révisées des unités. Dans notre pays cela nécessitera un amendement à

l'ancienne loi concernant les unités électriques, ce qui exigera plusieurs mois de négociations. Il est aussi essentiel de notifier le changement, de la façon appropriée, aux laboratoires et aux organisations industrielles qui auront besoin de modifier leurs étalons et leurs ajustages. Par conséquent, nous sentons que la date de mise en usage des nouvelles unités ne peut pas être antérieure au 1^{er} janvier 1948. L'introduction des nouvelles unités proposées pour la lumière pourrait être faite en même temps.

Une autre raison est que nous croyons que les recommandations adoptées à la session du Comité consultatif de 1939 devraient être reconsidérées en tenant compte des valeurs précises des unités.

En 1939, les valeurs, arrondies à quatre décimales, avaient été acceptées comme un compromis; principalement parce que les résultats provisoires de la mesure absolue du courant, donnés par la P. T. R., étaient loin de concorder avec les résultats obtenus ailleurs. Le travail de la P. T. R. n'a jamais été publié en détail; mais nous savons que les résultats fournis ont été obtenus avec une forme de la balance de courant que, dans notre Bureau, nous avons jugé nécessaire de modifier, pour éviter les erreurs systématiques. En considérant l'accord étroit qui a été obtenu entre le N. P. L. britannique et notre Bureau, au moyen des balances de modèles totalement différents, nous pensons qu'il faut attribuer une faible valeur aux résultats allemands, et que les valeurs devraient être données à 1 cent-millième, même si nous admettons que le dernier chiffre est incertain. En fait, adopter quatre décimales revient à adopter comme cinquième le zéro; nous pensons que ceci n'est pas la meilleure valeur. Si l'accord au sujet de la cinquième décimale ne peut être réalisé par correspondance, il serait nécessaire d'organiser une réunion du Comité consultatif.

....

Signé : E. C. CRITTENDEN,
Acting Director.

E. U. CONDON, *Director.*

LETTRE
DU PRÉSIDENT
DE LA PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT
AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

Weida, le 3 avril 1946.
Postschiessfach 8.

Objet : Modification des unités
électriques.

Référence : Votre lettre du 30-11-1945,
arrivée le 26-3-1946.

.....

Je me permets dans ce qui suit de vous communiquer mon point de vue sur la question de l'introduction des unités électriques absolues traitée dans votre lettre du 30 novembre 1945.

La Physikalisch-Technische Reichsanstalt a adopté dès le début une attitude de refus vis-à-vis de l'introduction des unités électriques *absolues*. Ce n'est qu'à contre-cœur qu'elle s'est décidée ensuite à se rallier à une telle introduction, et seulement sous la condition limitative que le changement d'unités ne devrait être adopté que lorsque les nouvelles unités pourraient être représentées avec une précision au moins égale à celle avec laquelle sont réalisées les unités *internationales* actuelles. Comme il résulte clairement de votre lettre, cette situation n'est pas encore réalisée d'après vous. Comme ceci correspond également à mon point de vue, je considère qu'un changement des unités électriques n'est pas encore opportun aujourd'hui; car une prochaine introduction légale des nouvelles unités aurait pour conséquence que les valeurs ainsi fixées ne seraient pas définitives, mais devraient être modifiées suivant le degré de précision obtenue.

On ne peut pas objecter là que l'accroissement de la précision ne prendra pour ainsi dire jamais fin; car on doit penser que lorsque le cent-millième sera atteint, cela satisfera à toutes les exigences normales et qu'un nouvel accroissement de la pré-

cision n'aurait aucune signification pratique. Pour ces raisons je désirerais m'en tenir au point de vue que j'ai adopté depuis le début, et demander qu'on s'abstienne d'introduire les unités électriques absolues en tout cas pour le 1^{er} janvier 1947.

Au reste, d'après l'état actuel de la science, il me semble qu'un examen approfondi de la question des unités électriques est souhaitable. Je me permettrai dans quelque temps de vous soumettre là-dessus une communication détaillée.

.....
Signé : Dr W. STEINHAUS.

EXTRAIT D'UNE LETTRE

DU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL
AU DIRECTEUR DU NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
(Washington).

Sèvres, le 20 avril 1946.

.....

J'ai reçu, indépendamment de la vôtre, les réponses du National Physical Laboratory, du Laboratoire Central d'Électricité de France, et de tous les spécialistes (y compris M. FABRY avant sa mort), sauf, pour l'unité de lumière, celle de M. BORDONI, à qui j'écris de nouveau aujourd'hui. Il manquerait donc encore les réponses de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, que j'ai cherché à atteindre par les Missions scientifiques françaises, de l'Electrotechnical Laboratory de Tokyo, pour lequel j'avais confié une lettre à une Mission générale française, et de l'Institut de Métrologie de Léninegrad, à qui j'avais écrit par la poste.

Pour l'unité de lumière, toutes les réponses sont d'accord; et il ne paraît pas y avoir d'hésitation possible: le changement doit se faire en même temps que celui des unités électriques.

Pour les unités électriques, le N. P. L., comme moi-même, estime que ce n'est tout de même pas la même chose de ne

mettre que quatre décimales, ou de mettre un zéro à la 5^e; mais cette petite divergence de vue ne change aucunement la conclusion. Le N. P. L., le L. C. E., et M. LOMBARDI sont bien d'accord avec nos propositions, aussi bien pour l'inscription d'une 5^e décimale que pour la date d'entrée en vigueur du changement.

Je crois donc (...) que vous devriez établir un court Rapport pour justifier, avec les données précises qui manquent à votre lettre, votre proposition des cinq décimales, en indiquant en particulier le résultat des expériences que vous avez, semble-t-il, exécutées au N. B. S. depuis le Comité consultatif de 1939. Ce rapport serait alors envoyé, non seulement à tous ceux qui ont déjà accepté vos propositions, mais encore à la Reichsanstalt et à l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., que je m'arrangerai pour atteindre cette fois.

.....
Signé : A. PÉRARD.

LETTRE

DU DIRECTEUR DU NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
(Washington)
AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

24 juin 1946.

Sujet: Unités électriques absolues.

.....
En conformité de votre lettre du 20 avril 1946, je me fais un plaisir de vous envoyer ci-joint une courte note qui fait des propositions spécifiques pour l'adoption des unités électriques basées sur les mesures absolues. Des copies de cette note et des publications du N. B. S. qui y sont mentionnées seront envoyées aux autres laboratoires représentés dans le Comité consultatif d'Électricité et à M. Lombardi.

Nous avons aussi votre lettre du 23 mai qui nous transmet les traductions du document du Dr W. Steinhaus de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à Weida. Il indique que la P. T. R. a fait un pas en janvier 1944 vers l'introduction des nouvelles unités de lumière proposées par le Comité international des Poids et Mesures, et le Dr Steinhaus mentionne qu'en décembre 1945 il a soumis aux autorités allemandes à Berlin un décret tendant à donner une pleine autorisation légale à l'usage de ces nouvelles unités en Allemagne. Nous sommes d'accord qu'une telle action ait lieu aussi vite que possible dans les autres pays; mais dans le but d'éviter qu'il y ait deux changements successifs dans les laboratoires qui s'occupent de lampes électriques, il est important d'introduire les valeurs révisées des unités électriques en même temps que les nouvelles unités photométriques.

Au sujet de la proposition du Dr Steinhaus, de différer la transformation des unités électriques et d'entreprendre à nouveau un examen fondamental de la question, nous aimerions faire les commentaires suivants.

Le Dr Steinhaus se réfère à la précision avec laquelle les unités internationales actuelles sont réalisées, et il dit que ces unités ont été établies avec plus de précision qu'il n'est possible d'obtenir sur les unités absolues. Le fait est que la méthode et les mesures adoptées par la Conférence internationale des Unités et Étalons Électriques en 1908 comme base pour les unités internationales ne sont pas capables d'assurer la conservation exacte du système d'unités, et les changements dans les conditions depuis cette date ont conduit à des procédés très différents de ceux qui ont été élaborés. En 1910 un Comité technique international a complété les décisions de la Conférence internationale en adoptant des valeurs pour les étalons de résistance et les éléments étalons qui probablement sont en accord avec les unités internationales mieux qu'à 1 dix-millième. Depuis ce temps tous les laboratoires nationaux ont conservé l'ohm au moyen des résistances en fil, et le volt au moyen d'éléments étalons.

Pour l'établissement de la valeur de l'ohm international en 1910, on a tenu compte seulement de deux déterminations des colonnes mercurielles. Ces déterminations s'accordaient à 1 cent-millième, mais les mesures qui ont été effectuées ensuite dans les divers laboratoires nationaux ont démontré que l'erreur à craindre peut être deux ou trois fois plus forte. Une concordance au moins aussi bonne peut être obtenue entre les mesures électriques

absolues effectuées par plusieurs méthodes différentes. L'accord des résultats obtenus avec des appareils différents dans les divers laboratoires nous donne l'assurance que les valeurs conservées au moyen des bobines en fil seront bien contrôlées dans le futur, mieux qu'elles n'ont jamais été avec des colonnes mercurielles. Cet accord renforce aussi notre confiance que les erreurs systématiques des résultats sont petites.

Une grande quantité de travaux a été faite sur le voltamètre à argent pour la mesure du courant électrique; mais les dépôts d'argent présentent toujours des différences pour lesquelles il n'y a pas encore d'explication. Par exemple, dans les comparaisons faites à Berlin en 1931 par la Reichsanstalt, le National Physical Laboratory, et le National Bureau of Standards, la différence entre les dépôts obtenus par les voltamètres provenant des différents laboratoires était de 4 cent-millièmes, même lorsqu'on prenait la moyenne de 20 dépôts pour chaque type d'appareil. Les variations des valeurs pour un élément étalon indiquées par les dépôts d'un voltamètre individuel étaient de plusieurs dix-millièmes, bien que les valeurs moyennes fussent considérées comme présentant une concordance satisfaisante.

Les comparaisons ont montré que le volt était raisonnablement bien conservé, au moyen des éléments étalons, dans la plupart des laboratoires nationaux; la Reichsanstalt cependant a trouvé qu'il était nécessaire de changer cette valeur du volt international et l'a diminué de 1 dix-millième.

Un point qui en principe est beaucoup plus important est que les recherches effectuées après 1908 ont montré que les spécifications adoptées pour les voltamètres par la Conférence internationale étaient loin de pouvoir assurer l'uniformité des résultats, mais aucune spécification adéquate n'a jamais été établie.

Il est vrai, ainsi que le dit le D^r Steinhaus, que la Reichsanstalt a été dès le début opposée à l'introduction des unités absolues, elle suivait dans les Conférences internationales les opinions des autorités allemandes. Après que les représentants de la Reichsanstalt eurent accepté de se rallier à l'établissement des unités absolues, ils ont exprimé l'opinion que le Gouvernement allemand ne changerait pas sa législation sur les unités électriques jusqu'à ce que la Reichsanstalt elle-même ait établi des appareils satisfaisants pour les mesures absolues. Il ne semble pas probable que cette condition soit remplie dans un avenir immédiat. Ceci est regrettable, mais il ne paraît pas raisonnable que les autres pays

attendent pendant une période indéfinie pour que la Reichsanstalt puisse s'équiper et amener ses mesures à une conclusion satisfaisante. Le National Bureau of Standards recommande par conséquent que les nouvelles valeurs des unités soient introduites aussi rapidement que possible.

Signé : E. U. CONDON, *Directeur*.

Pièce jointe :

Propositions du N. B. S.

National Bureau of Standards.

PROPOSITIONS

CONCERNANT

L'INTRODUCTION DANS L'USAGE PRATIQUE

DES UNITÉS ÉLECTRIQUES ABSOLUES.

(traduction)

En prévision de la réunion du Comité international des Poids et Mesures qui doit avoir lieu en 1946, le National Bureau of Standards soumet les propositions suivantes en vue de l'action sur les unités électriques.

1^o *Date*. — Il est essentiel que le programme général pour l'introduction des unités électriques sur la base absolue soit accompli aussi rapidement que possible, en accord avec les pouvoirs délégués par la Huitième Conférence Générale au Comité International (*Comptes rendus*, 1933, p. 53). Cependant, après que l'acte définitif aura été accompli par le Comité international, un certain temps doit être accordé pour les changements nécessaires des lois dans les divers pays, pour l'explication du changement aux organisations scientifiques et industrielles, et pour la redétermination des instruments de précision et des étalons dans un grand nombre de laboratoires. Il est par conséquent proposé que la date de l'introduction des valeurs révisées des unités soit le 1^{er} janvier 1948.

2° *Précision des valeurs.* — Les valeurs des étalons de référence utilisés par les laboratoires qui coopèrent à la conservation des unités doivent être données avec la précision de 1 millionième. Les comparaisons des étalons nationaux effectuées par le Bureau international ont démontré que les valeurs doivent être données au moins avec six décimales, de façon à montrer les variations séculaires relatives des valeurs des unités telles qu'elles sont conservées par plusieurs laboratoires nationaux. Lorsque les nouvelles unités seront introduites, les valeurs attribuées aux étalons nationaux devront être concordantes entre elles. Ceci exige que les valeurs initiales des étalons individuels (bobines étalons et éléments étalons) soient fixées avec six décimales, même si le dernier chiffre n'a pas de signification au point de vue des valeurs absolues. De plus, la nécessité pour les rectifications futures des valeurs, même très faibles, devrait être évitée autant que possible. Il est par conséquent important de choisir la meilleure valeur qui puisse être obtenue pour la cinquième décimale de chaque unité.

3° *Valeurs de l'ohm.* — Toutes les déterminations récentes des relations entre l'ohm international et l'ohm absolu ⁽¹⁾ sont en concordance étroite avec le résultat accepté comme le plus probable en 1939, lequel était :

$$1 \text{ ohm international moyen} = 1,00049 \text{ ohm absolu.}$$

Le National Bureau of Standards, par conséquent, recommande que les valeurs des étalons de résistance en ohm absolu soient fixées sur la base de la relation ci-dessus, la sixième décimale étant le zéro.

4° *Valeurs de l'ampère.* — Les déterminations des valeurs de l'ampère qui a été réalisé avec un appareil le moins sujet aux doutes et aux critiques et qui a été décrit en détail, concordent dans l'indication d'un résultat sensiblement plus faible que la valeur arrondie (1 ampère international = 0,9999 ampère absolu) qui a été suggérée comme un compromis en 1939. Depuis cette date les résultats détaillés de Curtis, Driscoll et Critchfield ont

⁽¹⁾ A. PÉRARD, *Les unités principales* (*Revue de Métrologie*, Vol. 22, Jan. et Fév., 1944, pp. 3-12 et 25-37); H.-L. CURTIS, *Review of recent absolute determinations of the ohm and the ampere* (*Journal of Research, Nat. Bur. of Stds.*, Vol. 33, Oct. 1944).

été publiés (2). Leur conclusion convertie en unités moyennes internationales était que :

1 ampère international moyen = 0,999858 ampère absolu.

Ce résultat concorde à mieux que 1 cent-millième avec celui qui a été obtenu au National Physical Laboratory au moyen d'une balance du type Ayrton-Mather-Smith (3). Le résultat du National Physical Laboratory était donné comme valant $0,99986 \pm 0,00003$ en fonction de l'ampère « international » déterminé au N.P.L. Les comparaisons des étalons faites au Bureau international ont indiqué que l'ampère du N.P.L. était supérieur à l'ampère international moyen d'environ 9 millièmes. Les déterminations du N.P.L. indiquaient donc :

1 ampère international moyen = 0,99985 ampère absolu.

De plus, tous ces résultats sont basés sur la valeur de l'accélération établie par Kühnen et Furtwängler en 1906. Les récentes déterminations de cette quantité effectuées au National Physical Laboratory et au National Bureau of Standards ont donné un résultat moyen inférieur de 17 millièmes. Ensuite, il a été montré (4) qu'un réajustement d'environ 12 millièmes dans le sens positif effectué par Kühnen et Furtwängler en interprétant leurs résultats expérimentaux était d'une très douteuse validité. Pour admettre l'erreur apparente de la valeur de la gravitation, les résultats cités pour la valeur de l'ampère international en fonction de l'ampère absolu doivent être réduits de 7 ou 8 millièmes. Il apparaît par conséquent que la valeur la plus probable pour l'ampère international moyen (en écartant les résultats préliminaires discordants cités par von Steinwehr) est 0,99985 ampère absolu. Il est proposé que cette valeur soit prise comme une base pour les nouvelles unités.

(2) *An absolute determination of the ampere, using helical and spiral coils* (*Journal of Research, Nat. Bur. of Stds.*, vol. 28, Feb., 1942, p. 133-157).

(3) P. VIGOUREUX, *Phil. Trans. Royal Soc. London*, (A) vol. 236, dec. 15, 1936, p. 133-154; *Procès-Verbaux, Com. Int. Poids et Mesures*, vol. 18, 1937, p. 165-6.

(4) H.-L. DRYDEN, *A reexamination of the Potsdam absolute determination of gravity* (*Journal of Research, Nat. Bur. of Stds.*, vol. 29, nov., 1942).

5° *Le volt*. — Si les propositions ci-dessus sont acceptées, il en résultera que :

1 volt international moyen = 1,00034 volt absolu.

Le National Bureau of Standards recommande que les valeurs des éléments étalons soient exprimées en volts absolus en accord avec cette relation, avec un zéro placé comme sixième décimale.

Washington, D. C., U. S. A.

LETTRE

DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S.
(Léningrad)

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).

25 juillet 1946.

J'ai l'honneur de vous informer, à propos de la date possible de mise en vigueur des nouvelles unités de lumière et d'électricité, que l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., du nom de D.-I. Mendéléev, est d'avis de prescrire l'introduction de la bougie nouvelle aussi bien que celle des unités électriques absolues dans les législations à la date du 1^{er} janvier 1947, et leur mise en application au 1^{er} janvier 1948.

Veuillez agréer, ...

Signé : B. JANOVSKY.

LETTRE

DU DIRECTEUR DU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
(Teddington)

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).
(traduction)

3 septembre 1946.

.....

En réponse à votre lettre du 26 août, nous sommes en accord avec le National Bureau of Standards que l'introduction des nouvelles unités ne soit pas différée comme le propose le Dr Steinhilber de la part de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Nous sommes aussi en accord avec les mesures pratiques proposées par le National Bureau of Standards; mais nous pensons qu'il est judicieux de faire quelques observations sur la nature des changements qui y sont contenus. Celles-ci sont jointes à cette lettre.

.....
Signé : C. G. DARWIN,
Directeur.

National Physical Laboratory.

Objet :

*Lettre du 24 juin 1946 du National Bureau of Standards,
adressée au Bureau international des Poids et Mesures.
(traduction)*

Unités électriques absolues.

3 septembre 1946.

Nous sommes d'accord avec les mesures pratiques proposées par le National Bureau of Standards. La principale difficulté que nous prévoyons est celle de décrire exactement ce que l'on est en train de faire. Les faits sont les suivants.

Le Bureau international trouve que les comparaisons des bobines étalons et des éléments ont un sens jusqu'au millionième et par conséquent, il fournit les résultats avec cette précision (et davantage) en « ohm et volt internationaux moyens ». Les unités « ohm et volt internationaux » sont celles prescrites par la Conférence de Londres de 1908, mais leur imprécision est au moins de 20 millionièmes. L'ohm et le volt internationaux moyens sont des unités arbitraires, déterminées avec le plus de précision possible par certaines bobines et certains éléments; ces unités sont situées probablement quelque part à l'intérieur de cette incertitude de 20 millionièmes signalée ci-dessus et varient probablement de quelques millionièmes d'une année à l'autre.

La Conférence de Londres de 1908 a aussi adopté comme unités de base l'ohm, l'ampère et le volt, ces unités étant définies en fonction du système électromagnétique C. G. S. L'imprécision de ces unités est aussi de l'ordre de 10 millionièmes.

Il est actuellement proposé qu'à partir du 1^{er} janvier 1948 les

Ainsi il serait communiqué au public :

1 ohm international = 1,00049 ohm,

et la relation correspondante pour les étalonnages intérieurs :

1 ohm international moyen (1948) = 1,000490 ohm moyen (1948),

et d'une façon analogue pour le volt.

Après 1948, les unités internationales disparaîtront.

EXTRAIT DE LA LETTRE

DE M. LOMBARDI (Rome)

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).

19 septembre 1946.

.....

En possession de votre lettre du 26 août, je m'empresse de vous confirmer mon adhésion à la proposition du National Bureau of Standards, pour ce qui tient à l'adoption de cinq décimales dans les rapports des anciennes unités dites « internationales » aux nouvelles unités dites « absolues » et à l'introduction aussi rapide que possible des nouvelles valeurs des unités susnommées. En effet, je ne crois pas que la réserve, avancée par le nouveau Président de la Reichsanstalt, puisse être résolue dans un délai raisonnable, et que l'adoption d'une résolution, déjà adoptée par la majorité du Comité consultatif, doive être retardée indéfiniment. J'approuve donc formellement les propositions du N.B.S. en vue de leur présentation à la prochaine session du Comité international.

.....

Signé : LOMBARDI.

LETTRE

DU DIRECTEUR DU CONSERVATOIRE NATIONAL
DES ARTS ET MÉTIERS (Paris)
AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL
DES POIDS ET MESURES (Sèvres).

Paris, le 18 octobre 1946.

....

Par votre lettre du 17 août 1946, vous m'avez demandé en tant que représentant du Laboratoire national français de fixer la position qu'adopte la France dans les discussions qui vont s'ouvrir au sujet du changement des unités photométriques et électriques.

1° En ce qui concerne les unités de photométrie, rien ne semble motiver une modification de la position qui avait été adoptée antérieurement. J'ai l'honneur de vous confirmer que nous approuvons l'introduction de la bougie nouvelle dans la législation française à partir du 1^{er} janvier 1947 et la mise en pratique de cette unité à partir du 1^{er} janvier 1948.

2° Les documents concernant les unités électriques que vous m'avez fait tenir ont été transmis par nos soins à M. Jouaust, dont nous avons sollicité l'avis. Vous voudrez bien trouver, ci-joint, copie de la réponse que M. Jouaust nous a faite à ce sujet.

D'après cet avis très autorisé, et d'après une enquête sur les répercussions possibles du changement d'unités dans la pratique, il nous semble que la France doit accepter les conclusions du National Bureau of Standards; nous sommes donc disposés à adopter les nouvelles unités électriques à la même date que les unités photométriques.

....

Signé : L. RAGEY.

LETTRE DE M. JOUAUST

Directeur honoraire du Laboratoire Central d'Électricité (Paris)

AU DIRECTEUR DU CONSERVATOIRE NATIONAL
DES ARTS ET MÉTIERS (Paris).

Le 17 octobre 1946.

J'ai examiné les propositions du National Bureau of Standards et aussi la discussion de H. L. Curtis parue dans le Journal of Research du Bureau of Standards. Une petite erreur s'était glissée dans cette discussion. Le mémoire du Laboratoire Central d'Électricité portait 1 ohm international = 1,00052 ohm absolu, mais une correction faite depuis menait à la valeur 1,00051, valeur qui a été communiquée au Comité consultatif d'Électricité. J'ai signalé cette petite erreur à M. Curtis, mais elle est sans importance au point de vue de ses conclusions.

Pour ce qui est de l'ampère, les précautions prises par Curtis, Driscoll et Crichtfield, le fait qu'ils obtiennent avec une balance de Rayleigh la même valeur à un cent-millième près que Vigoureux au National Physical Laboratory avec une balance Ayrton-Mather ne laissent subsister aucun doute. Même en admettant que les critiques faites sur la correction de Kühnen et Furtwängler dans la détermination de g ne soient pas fondées, cela ne porte que sur les millièmes, alors que les rapports entre unités internationales et unités absolues ne sont définis qu'au cent-millième. J'admets donc les rapports :

$$\begin{aligned} 1 \text{ ohm international} &= 1,00049 \text{ ohm absolu,} \\ 1 \text{ ampère international} &= 0,99985 \text{ ampère absolu,} \end{aligned}$$

dont on déduit pour le volt :

$$1 \text{ volt international} = 1,00034 \text{ volt absolu.}$$

Je suis également d'avis que l'introduction des nouvelles unités ait lieu le 1^{er} janvier 1948.

A la même date, il y aurait lieu de substituer la bougie nouvelle déduite du corps noir à la bougie internationale dont la conservation est bien aléatoire.

Signé : R. JOUAUST.

NOTE

remise le 22 octobre 1946

AU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Opinion des milieux techniques suisses.

Le Comité d'Études n° 24 du Comité Électrotechnique Suisse (C.E.S.), dans sa séance du 27 septembre 1946, a chargé le représentant du Bureau Fédéral des Poids et Mesures dans ce Comité d'Études d'élaborer un rapport qui, sous réserve d'approbation par le Comité d'Études n° 24 et par le C.E.S., sera soumis à la Commission Électrotechnique Internationale (C.E.I.), comme réponse à la demande qu'elle adressa aux Comités Nationaux d'exprimer leur avis.

En outre, il a été prévu que le Bureau Fédéral des Poids et Mesures se chargera d'informer le délégué de la Suisse au C.I.P.M. des opinions des milieux techniques, ce qu'il fait par ce rapport.

Le Comité d'Études n° 24 et le Bureau Fédéral des Poids et Mesures se féliciteraient si, pour le moment, on ne prenait aucune décision dans la question des unités, c'est-à-dire jusqu'à ce que les physiciens et les électrotechniciens aient eu la possibilité de discuter d'une manière approfondie l'ensemble des questions d'unités et de systèmes, en tenant compte de l'évolution des idées durant la décennie écoulée. Si l'on parvient à s'entendre sur la forme des équations, cette forme sera plus que probablement la forme rationalisée. Dans ce cas, la valeur numérique de μ sera déjà chargée de deux facteurs 4π et 10^{-7} , qui ne sont explicables que par le développement historique; aussi rien n'empêche d'y rattacher encore un troisième facteur, le facteur expérimental 1,0005 qui, mieux encore que les deux autres, est facile à expliquer par son origine.

Ce sont ces raisons qui inclinent le Comité d'Études n° 24 du C.E.S. et le Bureau Fédéral des Poids et Mesures à penser que les opinions exposées dans ce mémorandum méritent d'être examinées soigneusement sous tous leurs aspects.

Berne, le 9 octobre 1946.

Bureau Fédéral des Poids et Mesures.

LETTRE DU D^r W. KÖSTERS

Membre du Comité International des Poids et Mesures

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL (Sèvres).

(traduction)

22 novembre 1946.

Objet : Unités de mesure électriques.

.....

Je vous envoie ci-joint un court résumé de l'exposé de M. von Steinwehr sur la question des unités électriques. Le travail comprend une comparaison des unités absolues et des unités dans le Système Giorgi, d'où ressortent les avantages et les inconvénients ainsi que les bases scientifiques des deux systèmes. Je vous serais très reconnaissant si la publication dans les Procès-Verbaux pouvait avoir lieu aussitôt que possible, car ce mémoire expose clairement le point de vue de la Reichsanstalt pour quelques débats futurs.

Je ne m'attends pas pour cela à ce que la résolution prise par le Comité dans la dernière session soit modifiée. Je voudrais seulement faire en sorte que la discussion de cette question, qui intéresse fortement la science, la technique et l'économie, ne soit pas encore close actuellement.

.....

Signé : KÖSTERS.

COURT RÉSUMÉ DU MÉMORANDUM
SUR L'INTRODUCTION
DE NOUVELLES UNITÉS ÉLECTRIQUES

ÉTABLI PAR M. H. VON STEINWEHR
(traduction)

Les efforts accomplis dès le début pour constituer les unités électriques ont été évidemment orientés de façon à exprimer ces unités dans le système dit absolu, c'est-à-dire dans le système C. G. S. Mais on n'a pas de suite, clairement constaté que les grandeurs électriques ne peuvent être définies uniquement au moyen des trois dimensions fondamentales du système mécanique (longueur, masse et temps), et qu'une quatrième dimension doit leur être adjointe, choisie à volonté parmi les grandeurs électriques ou magnétiques. Après avoir acquis cette conviction, et étant donné que jusqu'alors (et même encore fréquemment aujourd'hui) les grandeurs électriques ont été exprimées dans le système à trois dimensions C. G. S., on s'est tiré d'affaire en posant que la quatrième dimension (la perméabilité ou la constante diélectrique) est égale à 1.

En ce qui concerne l'obtention de la précision indispensable, la mesure des unités électriques en fonction des grandeurs de ce système (unités électriques absolues) a fait naître au début des difficultés insurmontables; on a alors renoncé à ce système, et l'on a établi à Chicago (1893) des unités empiriques approchées, au lieu des unités absolues; leur valeur correspondait, avec toute la précision que l'on pouvait atteindre à cette époque, aux valeurs des unités absolues, et leur réalisation présentait des difficultés d'un degré moins élevé. En d'autres termes, on a créé les unités dites internationales.

Avec les progrès de la science expérimentale, on a réussi à accroître à un tel point la précision de la mesure des unités absolues, que la question s'est posée d'une façon aiguë, ou de maintenir les unités internationales, ou d'introduire à leur place les unités absolues. L'introduction des unités absolues signifierait alors que la valeur de l'une des unités fondamentales, notamment de l'ohm, devrait être modifiée d'une quantité considérable atteignant $0,5 \cdot 10^{-3}$.

Pendant ce temps, la situation s'est profondément modifiée du fait que la Commission Électrotechnique Internationale de 1935 a accepté le système d'unités de Giorgi comme base pour les grandeurs électriques. Ce système est également fondé, dans la mesure du possible, sur le système absolu, et n'en diffère que par le fait que la résistance est choisie comme quatrième dimension, et que, par conséquent, l'ohm est choisi comme quatrième unité, au lieu de la perméabilité ou de la constante diélectrique du vide. Au point de vue des unités mécaniques, le système Giorgi⁽¹⁾ repose donc sur les mêmes bases que le système absolu employé jusqu'à maintenant, excepté que le centimètre est remplacé par le mètre, et le gramme par le kilogramme; il n'en diffère que par le choix de la quatrième unité. Il acquiert, de ce fait, l'avantage que le choix de l'ohm comme quatrième unité permet de conserver cette unité inchangée. Il faut, de plus, mettre en évidence le fait que, dans ce cas, les modifications résultant tant pour l'ampère que pour le volt, sont seulement de 1.10^{-4} environ. L'adoption du système Giorgi entraîne des variations qui, comparées à celles qu'entraînerait l'adoption du système absolu, sont du même ordre de grandeur pour l'ampère, mais essentiellement plus petites pour le volt; elles sont évidemment nulles pour l'ohm.

Le lien entre les unités électriques et les unités mécaniques, et en même temps le rattachement du système Giorgi au Système métrique (c'est-à-dire au système C. G. S.), est effectué au moyen de l'énergie; car on a

$$1 \text{ Ampère} = \sqrt{\frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Ohm } 1 \text{ sec}}}$$

Cette relation peut servir à déterminer les valeurs de l'ampère et du volt du système Giorgi par une méthode calorimétrique. Dans une note annexe⁽²⁾ (non publiée ici), est décrit un procédé grâce auquel cette détermination peut être réalisée avec un haut degré de précision.

Les différences entre les deux systèmes ressortent des textes consécutifs suivants :

(1) Les considérations développées ici sont appuyées par un petit article de P. VIGOUREUX qui a paru dans *Nature*, Vol. 144, 1939, p. 32.

(2) Über eine Kalorimetrische Kompensations-methode zur Bestimmung der Werte von Ampere und Volt im Giorgischen Masssystem, par Prof. Dr von Steinwehr.

SYSTÈME ABSOLU.

Unités fondamentales :

Définition :

$\mu_0 = 1$ (système électromagnétique),

ou $\epsilon_0 = 1$ (système électrostatique).

Les deux valeurs sont supposées sans dimensions.

Unités dérivées :

Ohm : déduit de la détermination absolue de l'ohm exécutée au moyen de l'étalon d'inductance.

Dimension : $[\text{cm sec}^{-1}]$.

Ampère : déterminé au moyen de la balance de courant.

Dimension : $[\text{cm}^{1/2} g^{1/2} \text{sec}^{-1}]$.

Volt : égal au produit Ampère-Ohm.

Dimension : $[\text{cm}^{3/2} g^{1/2} \text{sec}^{-2}]$.

Les unités de travail dans les deux systèmes :

$1 \text{ VA sec} = 10^7 \text{ cm}^2 g \text{ sec}^{-2} = 10^7 \text{ erg} = 1 \text{ m}^2 \text{ kg sec}^{-2} = 1 \text{ Joule}$.

Les avantages et les inconvénients :

1. Les définitions $\mu_0 = 1$ et $\epsilon_0 = 1$ simplifient les calculs et rendent claire la notion de perméabilité et de la constante diélectrique. Les deux systèmes distincts (électromagnétique et électrostatique) ont, il est vrai (chacun dans son principal domaine d'application), l'avantage de permettre un calcul simple à partir des données géométriques : de l'inductance dans le système électromagnétique, de la capacité dans le système électrostatique ; ils entraînent, par contre, l'inconvénient d'exiger une double représentation.

2. Deux unités électriques doivent être déduites des déterminations fondamentales. Il faut donc tenir compte de l'incertitude admise pour les mesures dans la détermination de deux unités indépendantes l'une de l'autre. Les procédés expérimentés pour les déterminations fondamentales sont la balance de courant et la détermination de l'ohm au moyen de l'inductance. Pour ces expériences, on dispose actuellement d'un vaste matériel.

3. La modification de $0,5 \cdot 10^{-3}$ subie par l'unité de résistance a pour effet que pratiquement toutes les résistances de précision devront être modifiées si l'on veut éviter une complète confusion. Un accroissement ultérieur de la précision des mesures peut rendre nécessaire une nouvelle modification de la valeur de l'ohm.

SYSTÈME GIORGI.

Unités fondamentales :

L'unité fondamentale est l'Ohm.

Dimension : $[\Omega]$.

Unités dérivées :

μ_0 . Dimension : $[\text{cm}^{-1} \text{sec}^{-1} \Omega]$.

ϵ_0 . Dimension : $[\text{cm}^{-1} \text{sec} \Omega^{-1}]$.

Ampère : déduit d'une détermination calorimétrique.

Dimension : $[\text{m kg}^{1/2} \text{sec}^{-3/2} \Omega^{-1/2}]$.

Volt : égal au produit Ampère-Ohm.

Dimension : $[\text{m kg}^{1/2} \text{sec}^{-3/2} \Omega^{1/2}]$.

Les avantages et les inconvénients :

1. La perméabilité et la constante diélectrique sont au point de vue numérique différentes de 1. La représentation intuitive de la notion de la perméabilité et de la constante diélectrique est tout de même rendue possible grâce à l'introduction d'un facteur numérique exprimé comme un rapport des valeurs. Par suite, un seul système est applicable et nécessaire pour les grandeurs électromagnétiques et électrostatiques.

2. Par suite de l'acceptation de l'ohm comme unité principale, le système contient une seule unité de plus, laquelle doit être déduite d'une expérience fondamentale. La détermination calorimétrique proposée pour l'ampère permet en réalité de se limiter à une seule mesure fondamentale; on peut donc s'attendre à une incertitude de mesure moindre que dans la détermination absolue de l'ampère à l'aide de la balance de courant.

3. La valeur de l'unité de résistance utilisée jusqu'à présent n'a pas besoin d'être modifiée.

ANNEXE III.

NOTE SUR L'EFFICACITÉ
DE QUELQUES PROCÉDÉS DE NETTOYAGE

DES POIDS EN PLATINE IRIDIÉ

Par A. BONHOURE

Avant d'être comparés entre eux et au Prototype international, dans les années qui précédèrent la Première Conférence Générale des Poids et Mesures (1889), les Kilogrammes en platine iridié furent soumis à des lavages aux vapeurs d'eau et d'alcool, qui ont été décrits par THIESEN (1). Celui-ci s'inspirait d'ailleurs de ce qui avait été préconisé auparavant par le Dr STAS, à l'époque membre du Comité International des Poids et Mesures, et effectué par MAREK (2) sur quelques Kilogrammes.

Ce procédé de nettoyage ne semble pas avoir été appliqué d'une façon systématique par la suite; on peut assurer pour le moins qu'il n'a pas été utilisé au Bureau International au cours des quarante dernières années.

Notre attention a été attirée sur cette question par les résultats issus des comparaisons effectuées en 1939 entre le Prototype international et ses témoins. Les valeurs de ceux-ci apparaissaient toutes en augmentation sur celles qui avaient été déduites des comparaisons initiales de 1889. Les différences étaient de $+0^{\text{m}}5,056$ en moyenne et la plus forte atteignait même $+0^{\text{m}}5,083$ pour le Kilogramme n° 8 (41). Pourtant tous ces poids avaient été soigneusement nettoyés, avant les comparaisons, à l'aide de peaux de chamois imprégnées d'essence redistillée, puis d'alcool.

(1) Max. THIESEN, *Travaux et Mémoires*, t. VIII, 1893, p. 6.

(2) W.-J. MAREK, *Travaux et Mémoires*, t. III, 1884, p. 129.

Dans le cours des années suivantes, il fut impossible de reprendre ces mesures en raison de l'état de guerre. Les témoins du Kilogramme international avaient été d'abord évacués en province, puis, à l'époque des bombardements aériens de la région parisienne, mis en sécurité dans un caveau profond de la Banque de France à Paris. D'autre part, notre meilleure balance avait été revêtue d'une carapace protectrice de sacs de sable et de rondins qui en interdisait absolument l'emploi. C'est seulement après la cessation des hostilités qu'on put envisager de répéter les comparaisons suspectes de 1939. Mais un nouveau nettoyage des poids s'imposait, d'autant plus que certains d'entre eux avaient séjourné longtemps dans leurs étuis de voyage, serrés entre des morceaux de peau de chamois, qui avaient laissé des traces adhérentes sur la surface. Il ne fallait pourtant pas risquer de détériorer nos précieux Kilogrammes par des procédés de nettoyage trop énergiques, qui auraient pu dépasser leur but. C'est alors qu'il parut intéressant d'effectuer les quelques expériences dont il va être rendu compte pour connaître l'influence des nettoyages sur la masse des poids.

Les Kilogrammes nommés « C » et « S », en platine iridié, acquis par le Bureau international dès l'année 1878, et sur lesquels on avait étudié autrefois les qualités métrologiques de la matière, étaient tout indiqués pour servir à ces expériences; d'autres Kilogrammes, de construction récente, dont la masse n'était pas encore bien déterminée, permettaient sans inconvénient d'étendre le champ des essais. Ce sont les Kilogrammes nos 44, 47, 48, coulés par le Comptoir Lyon-Alemand et ajustés par Longue en 1937-1938.

Les nombreuses pesées (plus de cinquante) auxquelles ont conduit ces recherches ont toutes été effectuées à l'aide d'une balance construite par Bunge (1). Chaque comparaison, qui était faite après le nettoyage d'un poids, comprenait au moins deux pesées.

Pour laver commodément les Kilogrammes, on a réalisé la petite installation suivante qui comprend un support pour le poids à nettoyer et un ballon en pyrex contenant l'eau à vaporiser.

(1) Balance décrite par Max. THIESEN, *Travaux et Mémoires*, t. IX, 1898, p. 7.

Le support du Kilogramme est mobile autour d'un axe vertical et l'on peut le déplacer en hauteur de plusieurs centimètres. Le Kilogramme repose par sa base sur un disque en platine d'un diamètre un peu supérieur, qui est placé lui-même sur le support.

Le ballon en pyrex est rempli aux $\frac{3}{4}$ d'eau bidistillée. Un tube coudé, monté sur le ballon, dirige le jet de vapeur sur le Kilogramme. Le support du ballon est mobile autour d'un axe vertical afin qu'on puisse déplacer le jet de vapeur horizontalement et même l'écartier complètement du Kilogramme. L'eau est portée à l'ébullition à l'aide d'un bec Bunsen. Le lavage du poids se fait en deux temps : on agit d'abord sur le plan supérieur et sur

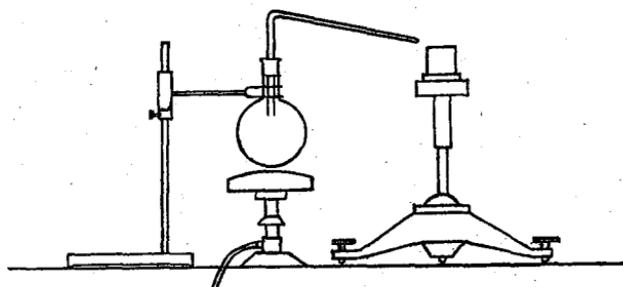


Fig. 1. — Dispositif pour laver les Kilogrammes à la vapeur d'eau.

la surface cylindrique pendant quelques minutes. L'eau condensée sur le poids et qui ne s'est pas écoulée est alors absorbée avec du papier-filtre, dont la tranche est mise au contact de chaque goutte. On peut ainsi sécher le Kilogramme presque sans le toucher avec le papier-filtre. On retourne ensuite le poids sur son support et on lave le plan inférieur. Lorsque le lavage est terminé on place le poids sous une cloche contenant du gel de silice, où il achève de sécher.

Les premiers essais ont donc porté sur les Kilogrammes C et S, qui ont été soumis aux opérations résumées dans le tableau ci-après avec les résultats des comparaisons correspondantes.

Les nettoyages à la benzine, à l'alcool ou à l'éther ont toujours été effectués avec une peau de chamois imprégnée de l'un de ces liquides. Le terme *lavage* a été réservé à l'emploi de la vapeur d'eau.

C — S.

N ^{os} .		Moyennes.	Δ.
1	Après nettoyage de C et S à la benzine et à l'alcool....	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1400 \\ -0,1668 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1534 \\ -0,0270 \end{array} \right.$
2	Après lavage de C à la vapeur d'eau.....	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1876 \\ -0,1732 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1804 \\ +0,0186 \end{array} \right.$
3	Après lavage de S à la vapeur d'eau.....	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1653 \\ -0,1583 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1618 \\ +0,0031 \end{array} \right.$
4	Après nettoyage de S à la benzine.....	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1574 \\ -0,1601 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1587 \\ +0,0071 \end{array} \right.$
5	Après nettoyage de S à l'alcool.....	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1569 \\ -0,1463 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1516 \end{array} \right.$

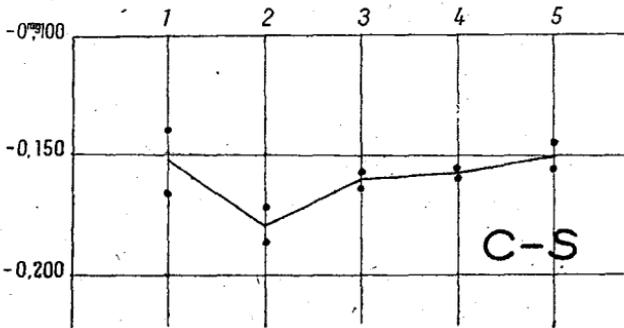


Fig. 2. — Variations de la différence des Kilogrammes (C—S) après divers nettoyages.

L'efficacité du lavage à la vapeur d'eau paraissant évidente aussi bien sur la masse de C que sur celle de S, on poursuivit les essais sur les Kilogrammes n^{os} 48, 44 et 47, qui furent comparés successivement au Kilogramme C, celui-ci ne subissant plus aucun nettoyage, sauf quelques époussetages avec un pinceau à poils de blaireau, et restant constamment dans la cage de la balance jusqu'à la fin des expériences. L'avant-dernière comparaison fut cependant répétée après un nouveau lavage à la vapeur d'eau du Kilogramme C afin de s'assurer que sa masse ne s'était pas modifiée au cours des mesures.

Les trois tableaux suivants contiennent, pour chacun des Kilogrammes n^{os} 48, 44 et 47, l'indication des nettoyages qui ont été effectués et les résultats des comparaisons qui les ont suivis.

(48) — C.

Nos.		Moyennes.	Δ.
1	Après nettoyage de (48) au blaireau	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mg} \\ -0,0222 \\ -0,0356 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mg} \\ -0,0289 \\ \text{mg} \\ -0,0227 \end{array} \right.$
2	Après nettoyage de (48) à l'alcool	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0560 \\ -0,0471 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0516 \\ -0,0399 \end{array} \right.$
3	Après nettoyage de (48) à la benzine	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0978 \\ -0,0852 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0915 \\ -0,0106 \end{array} \right.$
4	Après lavage de (48) à la vapeur d'eau	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0961 \\ -0,1029 \\ -0,1074 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1021 \\ +0,0175 \end{array} \right.$
5	Après nettoyage de (48) à la benzine (10 fois)	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0982 \\ -0,0748 \\ -0,0807 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,0846 \\ -0,0242 \end{array} \right.$
6	Après lavage de (48) à la vapeur d'eau	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1119 \\ -0,1058 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} -0,1088 \end{array} \right.$

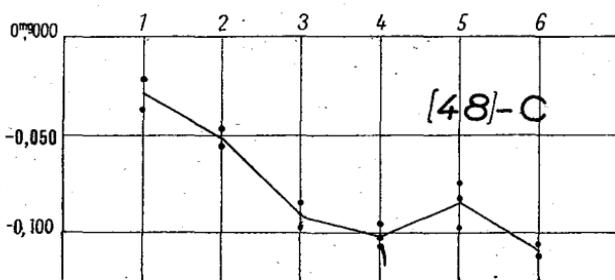


Fig. 3. — Variations du Kilogramme [48] après divers nettoyages.

(44) — C.

Nos.		Moyennes.	Δ.
1	Après nettoyage de (44) au blaireau	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mg} \\ +0,1102 \\ +0,1134 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mg} \\ +0,1118 \\ \text{mg} \\ -0,0215 \end{array} \right.$

2	Après lavage de (44) à la vapeur d'eau.....	{ +0,0882 +0,0924	+0,0903	
				—0,0104
3	Après nettoyage de (44) à l'alcool.....	{ +0,0777 +0,0821	+0,0799	
				—0,0024
4	Après nettoyage de (44) à la benzine.....	{ +0,0719 +0,0831	+0,0775	
				—0,0136
5	Après lavage de (44) à la vapeur d'eau.....	{ +0,0643 +0,0635	+0,0639	
				+0,0138
6	Après nouveau lavage de (44) à la vapeur d'eau.....	{ (+0,0401) +0,0717 +0,0842 +0,0772	+0,0777	
				+0,0034
7	Après nouveau lavage de (44) à la vapeur d'eau.....	{ +0,0829 +0,0794	+0,0811	
				—0,0029
8	Après nettoyage de (44) à l'éther.....	{ +0,0675 +0,0890	+0,0782	

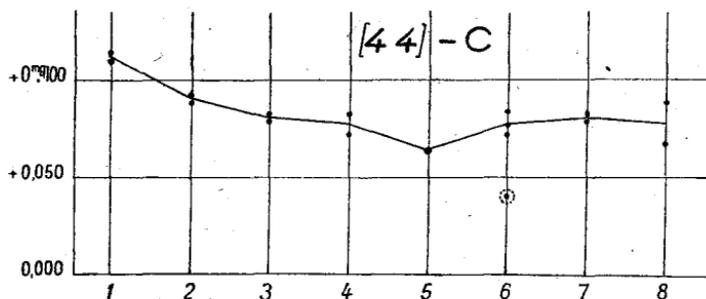


Fig. 4. — Variations du Kilogramme [44] après divers nettoyages.

		(47) — C.	Moyennes.	Δ.
N ^o .				
1	Après nettoyage de (47) au blaireau	{ ^{mg} +0,2124 +0,2196	+0,2160	
				^{mg} —0,0477
2	Après lavage de (47) à la vapeur d'eau.....	{ +0,1690 +0,1677	+0,1683	
				—0,0021

3	Après nettoyage de (47) à la benzine.....	{	+0,1564 +0,1760	+0,1662	
					+0,0109
4	Après nettoyage de (47) à l'alcool.....	{	+0,1874 +0,1544 +0,1895	+0,1771	
					+0,0092
5	Après lavage de C à la vapeur d'eau.....	{	+0,1921 +0,1805	+0,1863	

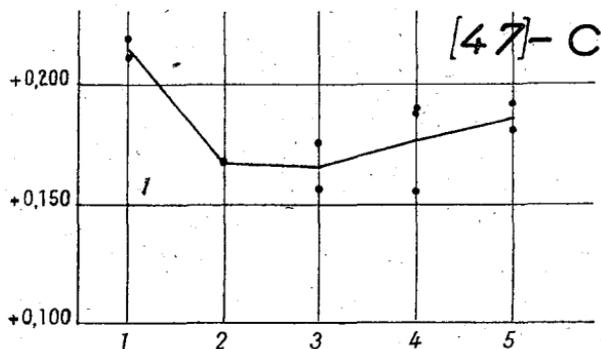


Fig. 5. — Variations du Kilogramme [47] après divers nettoyages.

L'examen de ces tableaux et des graphiques qui les complètent appelle quelques observations.

Dans le tableau relatif au Kilogramme n° 48, on remarque surtout l'influence du nettoyage à la benzine (3) succédant au nettoyage à l'alcool (2) qui avait pourtant laissé, en apparence, le poids parfaitement propre. Le lavage à la vapeur d'eau (4) abaisse la masse du Kilogramme [48] d'une quantité bien faible ($-0^{\text{mg}},011$), que le second lavage à la vapeur d'eau (6) ne modifie pas sensiblement. Entre ces deux lavages le Kilogramme a été nettoyé dix fois à la benzine (5) sans qu'il en résulte une usure du poids. La petite augmentation que l'on constate, même après ces nettoyages volontairement répétés, s'explique par les résidus que la benzine, en s'évaporant, peut avoir laissés sur la surface du poids.

Le Kilogramme n° 44, soumis d'emblée à l'action de la vapeur d'eau (2), perd $0^{\text{mg}},02$ et n'est plus affecté par les nettoyages suivants, à l'alcool (3) et à la benzine (4). Des trois lavages succes-

sifs à la vapeur (3, 6, 7), qui ont été pratiqués ensuite, le premier a semblé provoquer une nouvelle diminution de la masse du poids, qui n'a pas été confirmée par les mesures faites après les deux autres lavages. Enfin, un nettoyage à l'éther (8) a été sans aucun effet.

Les essais effectués sur le Kilogramme n° 47 confirment sensiblement les résultats obtenus sur le Kilogramme n° 44. L'action du lavage à la vapeur d'eau (2) a été plus importante, le nettoyage à la benzine (3) a été sans effet, et le nettoyage à l'alcool (4) paraît avoir un peu relevé la valeur du poids. Comme il a été déjà dit, le lavage de C à la vapeur d'eau (5) avait seulement pour but de vérifier la constance de cette pièce.

L'enseignement à tirer de ces expériences paraît être que le nettoyage d'un poids de précision peut avoir, selon le procédé qui est employé, une influence non négligeable sur la valeur trouvée pour sa masse, eu égard à la sensibilité des meilleures balances qui sont utilisées actuellement dans les grands laboratoires de métrologie. Il n'y a d'ailleurs là rien de surprenant quand on songe qu'une pellicule d'eau, peu supérieure à 1mm^2 d'épaisseur, recouvrant toute la surface d'un Kilogramme en platine iridié, suffirait à modifier sa masse de $1/100^{\text{e}}$ de milligramme.

Le lavage des poids à la vapeur d'eau paraît être le mieux approprié pour éliminer les matières étrangères déposées sur leur surface. Cependant, il ne saurait suffire dans tous les cas et particulièrement lorsque les poids présentent des traces visibles de souillures dues, le plus souvent, à un contact prolongé avec les garnitures des écrins ou étuis de voyage dans lesquels ils ont séjourné. On est alors obligé d'avoir recours à un dissolvant convenable et à une action mécanique, telle que le frottement d'une peau de chamois ou d'un linge fin mouillés. Il ressort de nos expériences que ce procédé de nettoyage n'est aucunement préjudiciable aux poids s'il est effectué avec discernement; bien entendu il doit être complété par un lavage à la vapeur d'eau, qui rejette les résidus de l'évaporation du liquide dissolvant.

ANNEXE IV

CONSERVATION
DES UNITÉS ÉLECTRIQUES AU BUREAU INTERNATIONAL
PENDANT LES ANNÉES 1939 A 1946

Par M. ROMANOWSKI

I. — INTRODUCTION

Les dernières intercomparaisons internationales, exécutées avec la présence des *étalons-voyageurs* remis par les six grands Laboratoires nationaux, avaient eu lieu dans les premiers mois de 1939 (1). Tous les étalons voyageurs avaient donc eu le temps de réintégrer leurs pays d'origine avant que les événements de l'automne 1939 ne missent fin aux relations habituelles entre ces Laboratoires et le Bureau international.

Lorsque, par la suite, nous avons réalisé que la cessation de ces relations allait durer plusieurs années et que la série des intercomparaisons du Bureau international allait subir une interruption prolongée, nous avons recherché le moyen de *conserver* les unités de résistance et de force électromotrice moyennes, Ω_M et V_M (2), en utilisant au mieux les étalons déposés à poste fixe au Pavillon de Breteuil par les Laboratoires nationaux, à des époques s'échelonnant entre 1932 et 1939 (étalons dits *sédentaires*). Malheureusement, tous les laboratoires n'étaient pas représentés d'une façon identique, la quantité des étalons (et, on peut même dire, la qualité) était différente d'un Laboratoire à l'autre, certains même, n'étaient aucunement représentés. Dans

(1) *Procès-verbaux*, t. 19, 1939, p. 50.

(2) Les unités en question sont les moyennes, en mars 1935, des unités des six grands Laboratoires nationaux (Allemagne, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Japon, URSS) (*Procès-verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, t. 17, 1935, p. 279 et p. 291.

ces conditions, il ne peut être question de considérer le travail qui fait l'objet du présent rapport comme une expérience qui aurait été soigneusement préparée d'avance; mais il faut y voir une tentative de faire face aux circonstances exceptionnelles avec les moyens que les événements laissaient à la disposition du Bureau international.

La liste des instruments ayant participé d'une façon quelconque à la conservation des unités internationales est donnée dans les tableaux ci-après : Tableau A, étalons de résistance et Tableau B, étalons de force électromotrice. A côté des étalons provenant des Laboratoires nationaux figurent également les étalons appartenant en propre au Bureau international. Leur rôle était de compléter l'ensemble des étalons nationaux, et même, parfois, de tenir la place des étalons nationaux manquants. Tous ont été construits, soit par les Laboratoires nationaux eux-mêmes, soit par les constructeurs réputés travaillant en liaison avec ces Laboratoires et sous leur contrôle. Les étalons de résistance, de valeur nominale de 1 ohm (certains ajustés à l'ohm international, d'autres à l'ohm absolu) sont en manganine et à bornes de potentiel, les étalons de force électromotrice sont des éléments Weston saturés, à électrolyte acide (sauf deux sous-groupes qui sont neutres).

Voyons d'abord les résistances. L'examen des résultats obtenus lors des intercomparaisons successives exécutées à deux ans d'intervalle, de 1932 à 1939, indique que, pour chaque étalon, le rapport

$$\frac{\text{Étalon}}{\Omega_M}$$

varie lentement et assez régulièrement aux cours des années. Cette variation peut évidemment aussi bien être attribuée à l'évolution lente de Ω_M qu'à celle de l'étalon lui-même. Il n'existe pas de moyen de trancher cette question, étant donné qu'il ne s'agit que de variations faibles n'atteignant pas la précision des mesures électriques absolues. Nous avons admis l'hypothèse, faute de pouvoir en formuler une autre plus plausible, que, pour chaque étalon, le rapport ci-dessus continuait à évoluer pendant les années suivant 1939, avec la même vitesse que celle enregistrée au cours des années précédant 1939. Ceci, bien entendu, à condition que l'étalon fût resté dans des conditions toujours identiques à elles-mêmes et n'eût pas été soumis à cer-

taines causes perturbatrices telles que voyages, secousses, surchauffes, etc.

Cette hypothèse entraîne une conséquence importante qui doit être soulignée tout particulièrement. Tout d'abord nous conviendrons que, si la valeur d'un ohm, déterminée en fonction de Ω_M au cours de deux comparaisons internationales consécutives, présente une variation, cette variation sera appelée *apparente* (la dénomination *variation relative* étant réservée pour indiquer les évolutions des ohms entre eux). En divisant cette variation par le temps (exprimé en jours) nous obtiendrons l'évolution apparente journalière qui est désignée, dans la suite, par le symbole ν . Toute extrapolation, pour une date ultérieure, effectuée sur la valeur de l'ohm au moyen de ν , attribuée à cet ohm une valeur en fonction de Ω_M , *tel qu'il aurait été obtenu si les comparaisons internationales avaient pu être effectuées à la date de l'extrapolation.*

Pour éviter tout malentendu dans les notations, nous ferons dorénavant accompagner Ω_M du millésime auquel il se rapporte; nous noterons ainsi $\Omega_M(1936)$, $\Omega_M(1942)$, etc.

En réalité, le procédé d'extrapolation n'a jamais été appliqué à un étalon individuel. Il n'a été appliqué qu'à la moyenne d'un groupe d'étalons et l'écart de chaque étalon par rapport à cette moyenne était déterminé expérimentalement par une comparaison effectuée entre les étalons du groupe, pris deux à deux dans toutes les combinaisons possibles. Conformément à l'hypothèse admise ci-dessus, la valeur calculée (par extrapolation) de la moyenne du groupe, pour chaque année suivant 1939, devait être considérée comme exprimée en fonction de Ω_M correspondant à cette année-là, par exemple les résultats des mesures de 1942 sont donnés en fonction de la valeur (présumée) $\Omega_M(1942)$, etc. Il en est naturellement de même pour les étalons individuels composant le groupe, ainsi que pour les étalons rattachés.

Le nombre d'ohms qui ont constitué notre groupe fondamental n'a d'ailleurs jamais été élevé, d'abord six, chaque ohm représentant un Laboratoire national, ensuite quatre, chaque ohm représentant un mode de construction. Voici la liste des ohms ayant participé aux travaux, et parmi lesquels nous avons eu à choisir les étalons fondamentaux comme il est indiqué dans le paragraphe suivant.

TABLEAU A (1)

N ^{os} .	Constructeur.	Propriétaire.	Type.
85	N. B. S.	NBS (États-Unis)	{ Hermétique, rempli d'un gaz inerte
86			
87			
643*	N. P. L.	NPL (G ^{de} -Bretagne)	Hermétique, rempli d'huile
645*			
717			
2836*	O. Wolff	PTR (Allemagne)	Ouvert
3751*			
34052	E. T. L.	ETL (Japon)	{ Hermétique, rempli d'un gaz inerte
269965	Leeds et Northrup	B. I. P. M.	{ Hermétique, rempli d'un gaz inerte

Dans le domaine des forces électromotrices, la variation des sous-groupes nationaux (composés chacun de 4, 5 ou 6 éléments) au cours des années précédant 1939 (les comparaisons internationales étant exécutées aux mêmes dates que pour les ohms) n'a pas présenté un caractère de régularité analogue à celui des étalons de résistance. La seule hypothèse plausible était donc d'admettre la constance d'un groupe d'éléments de premier ordre en faisant entrer dans ce groupe le plus grand nombre d'étalons. Nous avons ainsi constitué un groupe fondamental de 47 éléments, sans tenir compte, pour le choix des éléments, de leur provenance, de leur mode ou de leur date de fabrication. La quantité considérable d'éléments très divers devait constituer une certaine garantie pour la stabilité de leur moyenne grâce à la compensation qui pouvait se produire entre les évolutions des éléments constituants. Voici le tableau des éléments qui ont été utilisés pour la conservation du volt international moyen.

(1) Les étalons sont stabilisés par un recuit à haute température, sauf ceux qui sont marqués par un astérisque. Ces derniers sont d'une construction ancienne, datant de l'époque où la stabilisation par recuit à haute température n'était pas encore pratiquée.

TABLEAU B

N ^{os} .	Propriétaire.	Type.
R ₁ (315, 317, 3128, 3132).....	PTR (Allemagne)	Neutre
S ₂ (820, 822, 823, 824, 826, 827).....	NBS (États-Unis)	Acide 0,05 N
S (719, 720, 730, 732).....	»	Neutre
G ₂ (315, 316, 318, 341).....	LCE (France)	Acide 0,1 N
E (315, 336, 337, 388, 391).....	ETL (Japon)	Acide 0,1 N
M ₁ (2295, 2297, 2298, 2300, 2316, 2318)...	IM (URSS)	Acide 0,1 N
I ₁ (2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905)...	B. I. P. M.	Acide 0,1 N
I _A (2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990)...	»	»
I _B (2970, 2971, 2972, 2974, 2975, 2976)...	»	»

Ni pour les ohms, ni pour les éléments, nous n'avons formulé de règles rigides concernant l'élimination de ceux d'entre eux qui, au cours des intercomparaisons, pouvaient paraître défec-
tueux. Chaque cas a été examiné en particulier, et la décision prise d'après l'ensemble des résultats connus.

II. — CONSERVATION DE L'UNITÉ DE RÉSISTANCE

1. Détermination de l'évolution probable des ohms. —

Parmi tous les ohms sédentaires, les trois ohms du National Bureau of Standards (N^{os} 85, 86 et 87) et les trois ohms du National Physical Laboratory (N^{os} 643, 645 et 717) sont restés continuellement au Pavillon de Breteuil de 1936 à 1939. Leurs valeurs ont été déterminées au cours des comparaisons internationales, auxquelles ils ont naturellement pris part. Le calcul de leur évolution *apparente* est donné dans le Tableau C, ci-dessous.

TABLEAU C.

	1 décembre 1936.	15 février 1939.	Variation apparente totale.	Variation apparente journalière.
S(85)...	0,9995219 Ω _M (1936)	0,9995241 Ω _M (1939)	+ 2,2 μΩ	+ 0,002740 μΩ
S(86)...	0,9995230	0,9995251	+ 2,1	+ 0,002615
S(87)...	0,9995129	0,9995153	+ 2,4	+ 0,002989
N(643)...	0,9999522	0,9999551	+ 2,9	+ 0,003611
N(645)...	1,0000012	1,0000063	+ 5,1	+ 0,006351
N(717)...	1,0000105	1,0000124	+ 1,9	+ 0,002366
				+ 0,003445 μΩ
			Moyenne....	

Conformément à ce qui a été admis plus haut, nous avons supposé que la moyenne des six ohms ci-dessus (désignée par B) continuait à évoluer, après 1939, à une vitesse apparente de $+ 0,003445 \mu\Omega$ par jour. Désireux de faire entrer dans notre groupe fondamental d'autres étalons, qui n'ont été déposés au Pavillon de Breteuil qu'à partir de 1938, nous nous sommes servis du groupe B uniquement pour déterminer la variation apparente de ces nouveaux étalons qui sont R(2836), L.N.(269965) et E(34052). Les comparaisons de 1939, 1940 et 1941 nous ont permis d'effectuer la détermination en question. Les calculs en sont résumés ci-dessous :

TABLEAU D

	15 février 1939.	13 février 1940.	15 mars 1941.	Variation journalière (relative).
R(2836).....	B + 415,6 $\mu\Omega$	B + 416,7 $\mu\Omega$	B + 417,7 $\mu\Omega$	+ 0,002767 $\mu\Omega$
L.N.(269965).	B + 221,1	B + 221,0	B + 220,6	- 0,000659
E(34052).....	B - 170,0	B - 170,5	B - 170,7	- 0,000922

La variation apparente totale s'obtient en combinant les nombres de la dernière colonne avec la variation admise pour B. On obtient ainsi :

TABLEAU E

	Variation journalière.	
R(2836).....	+ 0,003445	+ 0,002767 = + 0,006212 $\mu\Omega$
L.N.(269965).	+ 0,003445	- 0,000659 = + 0,002786
E(34052).....	+ 0,003445	- 0,000922 = + 0,002523

2. *Groupe étalon de résistance.* — De 1939 à 1946 le groupe étalon (symbole GO = « groupe-ohm ») a passé par trois stades successifs qui seront, dans ce qui suit, désignés par GO₁, GO₂ et GO₃. Le premier a servi de 1939 à 1941, le second de 1941 à 1943, le dernier de 1944 à 1946. Les étalons qui ont effectivement fait partie du groupe étalon GO sont :

*
TABLEAU F

	Val. au 15 fév. 1939	Variation journalière apparente (v)
R (2836).....	1,0001720 Ω_M (1939)	+ 0,006212 $\mu\Omega$ (2)
S (85).....	0,9995241	0,002740
N (643).....	0,9999551	0,003611
N (645).....	1,0000063	0,006351
N (717).....	1,0000124	0,002366
E (34052).....	0,9995864	0,002523
LN (269965) (1).	0,9999775	0,002786

Compositions successives du groupe étalon :

$$GO_1 = \frac{1}{6} [R(2836) + S(85) + N(645) + N(717) + E(34052) + LN(65)]$$

$$= 0,9998798\Omega_M (1939)$$

Variation journalière apparente $v_1 = + 0,003830\mu\Omega$

$$GO_2 = \frac{1}{6} [R(2836) + S(85) + N(643) + N(717) + E(34052) + LN(65)]$$

$$= 0,9998712\Omega_M (1939)$$

$$v_2 = + 0,004086\mu\Omega \quad (2)$$

$$GO_3 = \frac{1}{4} [S(85) + N(717) + E(34052) + LN(65)]$$

$$= 0,9997751\Omega_M (1939)$$

$$v_3 = + 0,0026037\mu\Omega$$

Au moyen de ces données on peut établir le tableau G des valeurs des groupes pour les années de leur utilisation (on y a fait figurer, marquées d'un astérisque, les valeurs rétrospectives, calculées pour les années précédentes). Voici l'exemple d'un calcul :

$$GO_1 \text{ au 15 mars 1941} = 0,9998798\Omega_M(1939) + 0,003830\frac{\mu\Omega}{j} \times 759 j$$

$$= 0,9998827\Omega_M (1941)$$

Pour ce qui concerne les raisons qui nous ont conduits à modifier la composition du groupe étalon au cours du temps, il

(1) Désigné plus loin par le symbole abrégé LN (65).

(2) A partir de 1942 (c'est-à-dire GO_2) la variation journalière de R(2836) a été prise égale à + 0,010491 $\mu\Omega$ conformément aux mesures sur un ohm que le Bureau a reçu de la P. T. R.

TABLEAU G.

Nombre de jours à partir du 15-2-39			GO ₁	GO ₂	GO ₃
15 fév. 1939	0		0,9998798 Ω _M (1939)	0,9998712 Ω _M (1939)	0,9997751 Ω _M (1939)
13 fév. 1940	363 jours		0,9998812 (1940)	0,9998727 (1940)*	0,9997760 (1940)*
15 mars 1941	759 »		0,9998827 (1941)	0,9998744 (1941)*	0,9997771 (1941)*
28 mai 1942	1198 »			0,9998762 (1942)	0,9997782 (1942)*
27 janv. 1943	1442 »			0,9998771 (1943)	0,9997788 (1943)*
16 janv. 1944	1796 »				0,9997798 (1944)
4 fév. 1945	2181 »				0,9997808 (1945)
10 fév. 1946	2552 »				0,9997817 (1946)

TABLEAU H

Valeurs des étalons établies au moyen de GO₃

	15 fév. 39	13 fév. 40	15 mars 41	28 mai 42	27 janv. 43	16 janv. 44	4 fév. 45	10 fév. 46
S (85)	0,9995241	0,9995252	0,9995264	0,9995281	0,9995287	0,9995299	0,9995316	0,9995316
N (717)	1,0000124	1,0000133	1,0000146	1,0000148	1,0000157	1,0000164	1,0000165	1,0000194
E (34052)	0,9995864	0,9995870	0,9995880	0,9995885	0,9995893	0,9995900	0,9995912	0,9995920
L. N. (65)	0,9999775	0,9999785	0,9999793	0,9999815	0,9999817	0,9999829	0,9999838	0,9999839
GO ₃	0,9997751	0,9997760	0,9997771	0,9997782	0,9997788	0,9997798	0,9997808	0,9997817
R (2836)	1,0001720	1,0001741	1,0001763	1,0001851	1,0001935	1,0002040		1,0002142
N (643)	0,9999551	0,9999560	0,9999571	0,9999590	0,9999593	0,9999601		0,9999606
N (645)	1,0000063	1,0000078	1,0000095	1,0000113	1,0000118	1,0000125		1,0000142
S (86)	0,9995251	0,9995254	0,9995270	0,9995292	0,9995297	0,9995304		0,9995322
S (87)	0,9995153	0,9995163	0,9995174	0,9995199	0,9995202	0,9995217		0,9995228

suffit de dire que les modifications, et en particulier les éliminations, ont été opérées après constatation d'un désaccord sensible entre l'évolution, effectivement constatée, d'un étalon et l'évolution qu'il aurait dû subir s'il avait suivi la loi d'extrapolation linéaire proportionnellement au temps.

Rappelons, à propos du groupe GO₃, qui ne se compose que de quatre ohms, que chacun d'eux représente, non plus un laboratoire, mais un mode de construction, tous les étalons étant de fabrication moderne, c'est-à-dire hermétiques et stabilisés par un recuit à haute température.

Les valeurs des étalons en fonction de GO₃ sont données dans le Tableau H où figurent également divers ohms rattachés au groupe étalon.

Il ne faut pas oublier que, dans chaque colonne, l'unité est Ω_M de l'année, c'est-à-dire $\Omega_M(1939) \dots \Omega_M(1946)$.

L'examen du tableau justifie bien la confiance que nous avons accordée aux étalons du groupe GO₃ quant à leur tenue relative les uns par rapport aux autres. Pour savoir si l'extrapolation de la valeur du rapport

$$\frac{GO_3}{\Omega_M(t)}$$

aura conduit à des résultats corrects, il conviendra d'attendre que le Bureau international ait effectué une nouvelle comparaison entre ces étalons sédentaires et les étalons voyageurs des six Laboratoires nationaux, sur le modèle des comparaisons de 1939 et antérieures.

CONSERVATION DE L'UNITÉ DE FORCE ÉLECTROMOTRICE

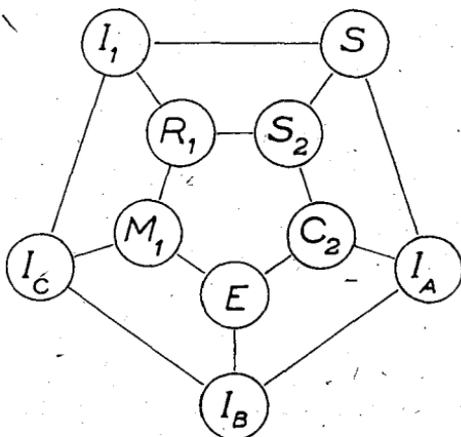
I. *Constitution des groupes étalons successifs.* — En suivant un procédé analogue à celui des étalons de résistance, nous avons d'abord constitué un premier groupe-étalon au moyen de quatre sous-groupes nationaux R₁, S₂, E, M₁ et un sous-groupe du Bureau international I₁ (pour leur composition voir tableau B). La force électromotrice moyenne W₁ du groupe, désigné par GV₁ (groupe-volt), était calculée par la formule :

$$W_1 = \frac{1}{5} [(R_1) + (S_2) + (E) + (M_1) + (I_1)]$$

où un symbole tel que (R₁) désigne la moyenne des forces électromotrices des éléments composant le sous-groupe R₁. Les écarts

de chaque sous-groupe par rapport à GV_1 étaient déterminés expérimentalement, en comparant deux à deux, dans toutes les combinaisons possibles, les cinq sous-groupes ci-dessus. (1). Le groupe GV_1 a servi de base pendant les années 1940 et 1941, et il a été ensuite remplacé par le groupe composé d'après le principe suivant :

Étant donné la prolongation de l'isolement où se trouvait le Bureau international, nous avons senti, à partir de 1942, la



nécessité de donner au volt V_M une assise plus large en augmentant considérablement le nombre d'éléments inclus dans le groupe-étalon. Ainsi le groupe-volt recevait quatre autres sous-groupes, soit S , C_2 , I_A et I_B et était désigné par le symbole GV_2 . En même temps nous décidions que la valeur W_2 de GV_2 serait la simple moyenne des valeurs des éléments individuels et non plus la moyenne des moyennes des sous-groupes. On peut noter :

$$W_2 = \frac{1}{47} [4(R_1) + 6(S_2) + 4(S) + 4(C_2) + 5(E) + 6(M_1) + 6(I_1) + 6(I_A) + 6(I_B)].$$

Ce nouveau procédé introduit une certaine simplification dans les calculs en cas de modification de la composition d'un sous-

(1) Méthode utilisée pour toutes les comparaisons internationales décrites dans les *Procès-verbaux* précédents (années 1933 à 1939).

groupe. Ainsi, lors des comparaisons de février 1943, un élément a dû être éliminé par suite d'un défaut d'un ordre purement mécanique (rupture d'un contact). Le groupe a été alors appelé GV_3 (46 éléments) avec la moyenne W_3 . Après la réparation du contact, le groupe est redevenu GV_2 pour les comparaisons de 1944 et les comparaisons suivantes.

Avec neuf sous-groupes l'application du schéma de comparaison, où les groupes sont pris deux à deux dans toutes les combinaisons possibles, conduit à des opérations beaucoup trop longues.

On a alors adjoint aux neuf sous-groupes ci-dessus un dixième sous-groupe, afin de pouvoir appliquer le schéma, relativement plus simple, indiqué sur la figure ci-contre. Le calcul fournit d'abord l'écart de chaque élément par rapport à la moyenne des sous-groupes, dont on déduit ensuite facilement son écart par rapport à la moyenne W_2 de tous les éléments qui constituent GV_2 .

II. *Résultats.* — Les résultats sont réunis dans un tableau unique I. La première colonne comporte les numéros des éléments et la deuxième colonne les valeurs de leurs forces électromotrices en février 1939. Les autres colonnes se rapportent aux années où le groupe étalon était GV_2 avec la moyenne W_2 . Ne figurent donc pas dans ce tableau les mesures rapportées à W_1 ou W_3 dont l'examen rétrospectif ne présente pas un grand intérêt.

TABLEAU I.

	février 1939	février 1942	février 1944	avril-mai 1945	février 1946	
R_1	315	1,0182497	1,0182745	1,0182684	1,0182658	1,0182656
	317	2897	2695	2761	2849	2693
	3128	3348	3394	3459	3513	3497
	3132	5286	5818	5656	5900	5541
S_2	820	2730	2724	2731	2721	2735
	822	2746	2752	2755	2746	2757
	823	2745	2737	2752	2744	2759
	824	2738	2740	2750	2742	2752
	826	2757	2762	2764	2758	2766
	827	2748	2743	2754	2745	2755
C_2	315	2664	2680	2720	2731	2742
	316	2670	2686	2716	2720	2731
	318	2698	2706	2711	2720	2697
	341	2659	2576	2652	2673	2738

TABLEAU I (suite).

	février 1939	février 1942	février 1944	avril-mai 1945	février 1946	
E	315	2858	2915	2879	2894	2857
	336	3048	3019	3036	3003	3028
	337	3038	2971	2960	2925	2948
	388	3102	3040	3081	3018	3468
	391	2764	2504	2495	2482	2513
M ₁	2295	2759	2635	2665	2802	2667
	2297	2418	2434	2322	2301	2224
	2298	2714	2584	2581	2635	2567
	2300	2492	2514	2498	2527	2484
	2316	2518	2484	2483	2528	2475
	2318	2376	2409	2391	2372	2372
I ₁	2900	2511	2501	2498	2477	2491
	2901	2504	2501	2507	2496	2505
	2902	2500	2484	2501	2485	2500
	2903	2505	2497	2512	2494	2506
	2904	2508	2505	2512	2500	2509
	2905	2508	2500	2519	2500	2513
S	719	2727	2734	2694	2680	2681
	720	2662	2683	2645	2643	2635
	730	2748	2775	2737	2736	2718
	732	2751	2784	2740	2753	2723
I _A	2985	2346	2334	2345	2328	2349
	2986	2360	2348	2359	2339	2360
	2987	2362	2352	2358	2336	2357
	2988	2346	2336	2342	2323	2343
	2989	2333	2329	2343	2322	2344
	2990	2341	2329	2347	2325	2348
I _B	2970	2405	2402	2407	2376	2398
	2971	2400	2398	2409	2377	2397
	2972	2401	2400	2405	2372	2394
	2974	2399	2398	2412	2378	2401
	2975	2397	2393	2402	2365	2389
	2976	2403	2403	2407	2366	2391
	I,0182674	I,0182674	I,0182674	I,0182674	I,0182674	

ANNEXE V

NOTE SUR L'OBTENTION
DES COUCHES MINCES PAR ÉVAPORATION

DANS LE VIDE

par N. CABRERA et J. TERRIEN

Introduction. — La présente Note a pour but de décrire les appareils et les méthodes que nous avons mis au point au Bureau International des Poids et Mesures pour recouvrir de couches minces, généralement métalliques, des lames de verre et des plans d'interférence, par évaporation dans le vide. Initialement, cette installation était surtout destinée à nous permettre de produire rapidement nous-mêmes les miroirs semi-transparents ou opaques de nos interféromètres. Par la suite, des recherches sur la structure et les propriétés des couches minces, que l'on obtient par cette méthode, nous ont amenés à préparer un très grand nombre d'échantillons.

Afin d'abréger la description de cette installation, nous n'insisterons pas sur les techniques qui ont déjà été décrites par d'autres auteurs, en particulier par Strong, Yarwood et Boutry [1] (1).

1. *Installation à vide.* — Sur la figure 1 nous donnons un schéma de l'installation, qui permet de faire le vide dans la cloche-laboratoire; la figure 2 est une photographie de l'ensemble. P₁ est une pompe rotative, P₂ une pompe à diffusion de mercure et P₃ une pompe à diffusion de phtalate de butyle.

(1) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie donnée à la fin de cette Note.

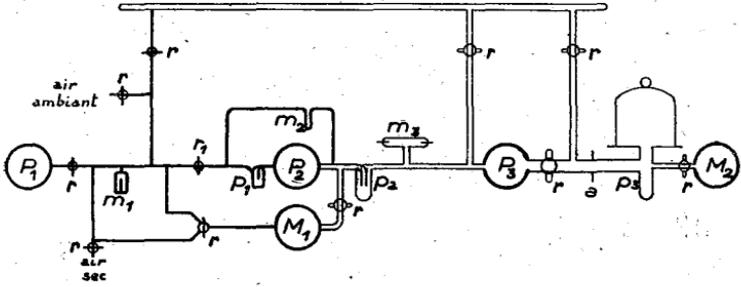


Fig. 1. — Schéma de l'installation à vide; P_1, P_2, P_3 : pompes; p_1, p_2, p_3 : pièges; m_1 : manomètre à mercure; m_2 : manomètre à phtalate de butyle; m_3 : tube à décharge; M_1 : jauge de McLeod; M_2 : manomètre de Knudsen; r : robinets.

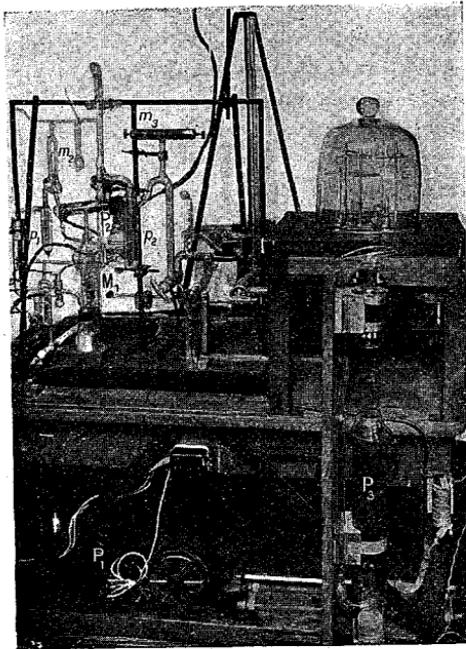


Fig. 2. — Ensemble de l'installation à vide.

La pompe P_2 s'amorce lorsque la pression observée au manomètre m_1 s'abaisse à 2^{mm} de mercure environ; cet amorçage est décelé par le manomètre différentiel m_2 au phtalate de butyle; à ce moment, la différence de hauteur du liquide dans les deux branches passe brusquement de 1^{cm} à 6^{cm} environ. La pompe P_3 a besoin d'un vide préliminaire de 10⁻² mm de mercure, elle est mise en circuit lorsque la décharge ne passe plus dans le tube m_3 .

La vitesse de pompage dans la cloche est probablement voisine de 10 l/s; le vide limite obtenu est de 10⁻⁵ mm de mercure. Des pièges à air liquide ont été prévus aux emplacements désignés par p_1, p_2, p_3 ; p_2 empêche la vapeur de mercure d'atteindre la cloche, p_3 améliore le vide limite et augmente la vitesse de pompage. Toute l'installation a été construite en tubes de verre soudés, mais on a dû faire un masticage au ciment DeKhotinsky, à l'emplacement marqué a .

La pression est mesurée au moyen d'une jauge de MacLeod (M_1) et d'un manomètre de Knudsen (M_2). Ce dernier a été construit à l'atelier du Bureau International des Poids et Mesures selon nos plans, et sa description a été publiée ailleurs [2].

2. *Technique de l'évaporation.* — Les qualités des couches obtenues par évaporation dépendent du soin avec lequel a été réalisé le nettoyage du support, et de la façon dont est menée l'évaporation elle-même. Voyons successivement ces deux points.

2a. *Nettoyage des lames supports.* — Nos lames ont été nettoyées avec un mélange chromique préparé en dissolvant du bichromate de potassium dans de l'acide sulfurique, puis lavées dans des bains successifs d'eau distillée de plus en plus pure. Le procédé que l'on emploie ensuite pour sécher les échantillons est, croyons-nous, essentiel. Nous avons employé le procédé suivant : les lames mouillées sont placées sous cloche, sur le même support qui doit ensuite être utilisé pendant l'évaporation sous le vide, dans une atmosphère séchée par de l'anhydride phosphorique. La lame repose sur trois pointes de vis bien nettoyées. Pour activer le séchage, nous chauffons légèrement la lame dans son dernier bain d'eau distillée, et nous l'introduisons chaude sous la cloche. Ce procédé exige l'utilisation d'une eau distillée très pure, sinon, après l'évaporation de l'eau, les corps dissous restent sur la lame en formant des dépôts qui, même s'ils sont invisibles avant l'évaporation du métal, deviennent parfaitement visibles après : en effet, ces traces

semblent favoriser la formation de grains métalliques suffisamment grands pour diffuser la lumière d'une façon appréciable.

Des essais ont été faits pour chauffer la lame dans le vide avant de déposer le métal; mais la disposition de notre installation n'a pas permis de bons résultats, le vide étant devenu assez mauvais. D'autre part, nous ne conseillons pas de chauffer, comme certains l'ont fait, la lame légèrement pendant l'évaporation; ceci facilite en effet la formation de couches granulaires qui diffusent la lumière.

2b. Evaporation. — Lorsque le corps qu'on doit évaporer peut être chauffé directement par un courant électrique, la technique à employer dépend essentiellement de la pression du *point triple* de ce corps. En effet, si la pression résiduelle à laquelle on fait l'évaporation est très inférieure à la pression du point triple, on pourra réaliser une sublimation en chauffant directement le corps en question; par contre, si la pression lors de l'évaporation est du même ordre ou plus petite que la pression du point triple, le corps fondra avant de s'évaporer, et il faudra prévoir un support pour permettre au courant de passer. Dans le Tableau 1, nous donnons les points triples pour divers métaux; on y remarque que le magnésium, le molybdène et le tungstène pourront être évaporés par sublimation, tandis qu'il faudra prévoir un support

TABLEAU 1.

Points triples.

	Température. °K	Pression. mm Hg
Mg.....	924	2,5
Mo.....	2900	$30 \cdot 10^{-3}$
W.....	3620	$10 \cdot 10^{-3}$
Ag.....	1230	$2 \cdot 10^{-3}$
Pt.....	2040	$0,1 \cdot 10^{-3}$
Au.....	1340	$6 \cdot 10^{-6}$
Al.....	970	$5 \cdot 10^{-9}$

pour l'aluminium, l'or et probablement le platine. L'argent se place entre les deux groupes; en fait, on a obtenu des évaporations de l'argent par sublimation en le chauffant directement, mais l'évaporation était trop lente. Comme nous le verrons,

l'évaporation doit être faite d'ailleurs rapidement; on est donc loin de l'équilibre; en conséquence, pour obtenir une sublimation à débit intéressant, il faut que la pression du point triple soit très supérieure à la pression lors de l'évaporation.

Nous avons utilisé des supports en molybdène, en tantale, et plus souvent en tungstène. La figure 3 donne une photographie du dispositif d'évaporation pour l'aluminium; le métal à évaporer est disposé sur une hélice de 8^{mm} de diamètre et 50^{mm} de longueur, constituée par deux fils torsadés de 0^{mm},35 de diamètre chacun.

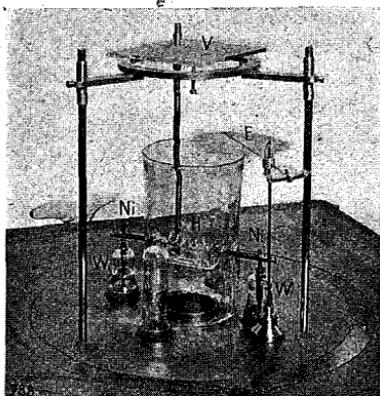


Fig. 3. — Dispositif d'évaporation; H: hélice de tungstène; W: entrées de courant en tungstène scellées dans le verre; N: tiges de nickel; V: lame de verre à métalliser; E: écran manoeuvré de l'extérieur au moyen d'un aimant.

Le courant de chauffage est fourni par un transformateur de 12 volts. Il entre par des tiges en tungstène de 3^{mm} de diamètre scellées dans le verre et prolongées par des tiges en nickel de 5^{mm} de diamètre. Les cavaliers de métal sont serrés sur l'hélice selon la technique décrite par Strong [1] [3].

Lorsque le vide atteint 10⁻³ mm de mercure, nous protégeons la lame par un disque mobile actionné de l'extérieur de la cloche au moyen d'un aimant, puis nous faisons la fusion et une première évaporation partielle du métal, en augmentant progressivement le courant de chauffage jusqu'à 15 A, courant auquel sera effectuée l'évaporation définitive. Au moment de la fusion, on constate

particulièrement pour l'aluminium, un relèvement très sensible de la pression. On continue le pompage ensuite jusqu'à obtenir le vide limite (10^{-5} mm de mercure); l'évaporation est faite alors rapidement à 15 A; elle dure de 1 à 15 secondes. Nous avons constaté que les métallisations étaient d'autant moins absorbantes ($R + T = \text{minimum}$), que : 1° le vide initial était plus poussé; 2° l'évaporation était faite plus rapidement.

Le degré de vide nécessaire pour obtenir une bonne couche de métal évaporé a été quelque peu discuté.

Si, dans une atmosphère en équilibre à la température ambiante formée de molécules de diamètre σ , on envoie un atome de diamètre σ_1 avec une vitesse très grande par rapport à celle des molécules, cet atome a un *libre parcours moyen* donné par la formule bien connue :

$$(1) \quad \lambda = \frac{4}{\pi(\sigma + \sigma_1)^2 n},$$

n étant le nombre de molécules par cm^3 . On en déduit que, pour avoir un libre parcours λ plus grand que la distance hélice-lame, il suffit d'avoir un nombre n correspondant à une pression de 10^{-3} à 10^{-4} mm de mercure. Or, l'expérience montre que cette pression n'est pas suffisamment basse. Nous avons observé, pour des argentures en particulier, même dans les meilleures conditions que nous pouvions réaliser (pression de $5 \cdot 10^{-6}$ mm de mercure), des dépôts métalliques très légers sur la face postérieure de la lame, ce qui montre que les atomes métalliques subissaient des collisions, surtout aux approches de la lame. Cette apparente contradiction peut être due à deux causes : 1° Etant donné que le faisceau des atomes évaporés est assez dense, on aura un certain nombre de collisions dans l'espace compris entre l'hélice et la lame, plus petit que le nombre des atomes, mais non négligeable; ces collisions entraîneront les molécules du gaz ambiant vers la lame, de sorte que la pression près de celle-ci sera sensiblement augmentée; ceci est corroboré par le fait que certains auteurs, disposant d'un manomètre de faible inertie, ont constaté une diminution de la pression tout de suite après l'évaporation, suivie d'une augmentation. 2° L'évaporation se produisant toujours loin de l'équilibre, il n'est pas interdit de penser que les particules évaporées ne sont pas monoatomiques, mais polyatomiques [4]; dans ces conditions, le diamètre σ_1 étant plus

grand, le libre parcours moyen λ donné par la formule (1) est sensiblement diminué.

3. *Mesure des facteurs optiques des lames.* — Le facteur de réflexion côté air (R'_a), le facteur de réflexion côté verre (R'_v), et le facteur de transmission (T') des lames ont été mesurés avec le photomètre à cellule, mis au point par l'un de nous [5], et dont la figure 4 donne une vue d'ensemble.

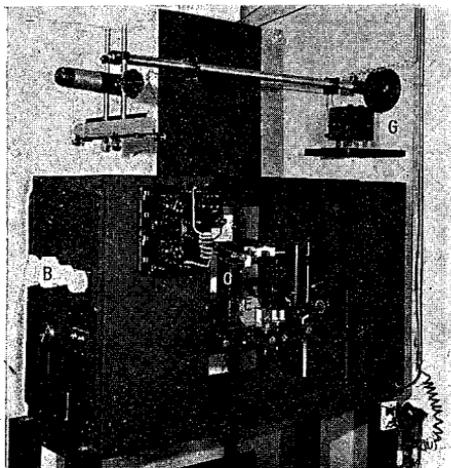


Fig. 4. — Appareil pour la mesure des facteurs optiques des lames; E : échantillon à l'étude; C : cadres du porte-échantillon; B : boutons pour le réglage de l'orientation de l'échantillon; G : galvanomètre.

La cellule employée est une photopile Tungstram ; elle donne, après illumination, un courant d'obscurité négligeable. Mais la déviation pour un flux donné augmente avec le temps d'illumination ; pour obtenir des déviations fidèles, nous avons procédé comme suit : une fois les faisceaux réglés, on introduit la cellule, et on lit la déviation maximum ; le galvanomètre a une période de 2^s, son shunt est réglé de façon qu'il soit légèrement oscillant, et la première élongation passe par un maximum bien net. Ensuite, on replonge la cellule dans l'obscurité et on lit l'élongation minimum qui correspond au zéro ; ceci est répété jusqu'à obtenir la même déviation totale, c'est-à-dire 2 ou 3 fois.

3a. *Correction de proportionnalité.* — La loi reliant la déviation x du galvanomètre au flux Φ qui tombe sur la cellule n'est pas exactement une loi de proportionnalité; écrivons-la sous la forme :

$$(2) \quad \frac{\Phi}{k} = x + \varepsilon(x),$$

k étant une constante et $\varepsilon(x)$ la correction à déterminer. Celle-ci est calculée par la comparaison des déviations correspondant à 4 flux et à des sommes diverses de ces 4 flux. L'appareil permet en effet, avec 4 flux : Φ_1, Φ_2, Φ_3 et Φ_4 , obtenus par interposition d'une lame semi-transparente et par le jeu de 4 obturateurs (voir [5]), les combinaisons suivantes :

$$(3) \quad \begin{aligned} \Phi_{13} &= \Phi_1 + \Phi_3, & \Phi_{23} &= \Phi_2 + \Phi_3, & \Phi_{14} &= \Phi_1 + \Phi_4, \\ \Phi_{24} &= \Phi_2 + \Phi_4, & \Phi_{1234} &= \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4. \end{aligned}$$

En interposant une lame pour laquelle $R'_a \sim T'$, on a $\Phi_1 \sim \Phi_2 \sim \Phi_4$ mais comme R'_b est toujours plus petit que R'_a , on a forcément : $\Phi_1 \neq \Phi_3$. Dans ces conditions :

$$(4) \quad \Phi_{13} \simeq \Phi_{23}, \quad \Phi_{14} \simeq \Phi_{24}, \quad \Phi_1 \simeq \Phi_2 \simeq \Phi_4.$$

Faisons une première série de comparaisons en partant d'un flux total Φ_{1234} donnant la déviation x_{1234} ; celles qui correspondent aux autres flux vérifieront les égalités approchées $x_{13} \simeq x_{23}$, $x_{14} \simeq x_{24}$ et $x_1 \simeq x_2 \simeq x_4$; et nous supposons les égalités suivantes entre les corrections correspondantes :

$$(5) \quad \begin{aligned} \varepsilon(x_{13}) &= \varepsilon(x_{23}), & \varepsilon(x_{14}) &= \varepsilon(x_{24}), \\ \varepsilon(x_1) &= \varepsilon(x_2) = \varepsilon(x_4). \end{aligned}$$

Des 5 égalités (3) nous tirerons, tenant compte de (2), (4) et (5), 3 équations indépendantes avec 5 inconnues $\varepsilon(x_1)$, $\varepsilon(x_3)$, $\varepsilon(x_{13})$, $\varepsilon(x_{14})$ et $\varepsilon(x_{1234})$. Une seule série ne sera donc pas suffisante pour déterminer tous les ε ; on en fera d'autres, en s'arrangeant de façon qu'il y ait des inconnues communes, jusqu'à obtenir un nombre d'équations égal ou supérieur à celui des inconnues.

Nous avons fait 5 séries; en groupant les inconnues convenablement, nous avons réduit le nombre total d'inconnues de 25 à 15, lesquelles ont pu être déterminées d'après les 15 équations. On a obtenu ainsi les 15 valeurs de ε , représentées sur la figure 5, où nous avons tracé une courbe moyenne. Pour vérifier cette

courbe, nous avons calculé les erreurs résiduelles obtenues en l'appliquant directement aux observations. Elles se répartissent au hasard, en s'échelonnant entre $0^{\text{mm}},3$ pour les grandes déviations et $0^{\text{mm}},1$ pour les petites.

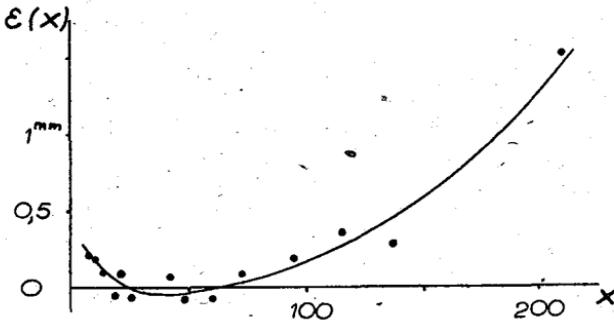


Fig. 5. — Correction $\varepsilon(x)$ dans la formule (2) donnant le flux lumineux Φ en fonction de la déviation x du galvanomètre relié à la photopile.

Il est intéressant de remarquer que la correction est moins bien définie pour les très faibles déviations; les irrégularités prennent plus d'importance aux faibles éclaircissements. Les facteurs optiques sont déterminés par le rapport d'une déviation x variable, à une déviation constante de l'ordre de 160^{mm} . La correction qu'il faut appliquer, du fait de la non-proportionnalité de ε et de x , est négative et ne dépasse pas $-0,2\%$ pour les facteurs supérieurs à 13% ; pour les facteurs inférieurs à 13% , la correction devient positive et de plus en plus grande, en valeur relative; pour un facteur de 3% , elle est de $0,15\%$. Ces résultats ont été obtenus en éclairant le photopile par une lumière verte filtrée par un écran de gélatine Wratten.

3b. *Calcul des facteurs optiques de la couche évaporée.* —

Les facteurs mesurés R'_a , R'_v et T' correspondent à l'ensemble de la lame et dépendent de la face qui a reçu la couche évaporée, de celle qui reste nue et de l'absorption dans le verre. Soient R_a , R_v et T les facteurs correspondant à la face métallisée, r et $t = 1 - r$, ceux de la face nue, et 10^{-K_0} l'absorption dans le verre d'épaisseur e ; il est facile de calculer les formules reliant R'_a , R'_v et T' aux autres facteurs connus, en supposant que la lame

a des faces planes et parallèles. On obtient, par la méthode exposée dans la référence [5] :

$$R_a = R'_a = \frac{rT'^2}{1 - 2r + R'_v r},$$

$$R_v = \frac{R'_v - r}{1 - 2r + R'_v r} 10^{2Ke},$$

$$T = T'_v \frac{1 - r}{1 - 2r + R'_v r} 10^{Ke}.$$

Pour les verres ordinaires, $n_0 = 0,043$ et $K = 0,0008 \text{ mm}^{-1}$, d'où $10^{Ke} \approx 1 + 0,002.e$, e étant exprimé en mm. Il est commode de représenter ces corrections par des courbes en fonction de T' et R'_v . Ces corrections, petites pour les transmissions faibles, peuvent atteindre jusqu'à 5% pour les transmissions supérieures à 90%; elles sont donc nettement plus importantes que celle étudiée au paragraphe 3a.

4. Résultats obtenus pour des couches d'aluminium. — Sur la figure 6, nous donnons, à titre de renseignement, des résultats obtenus pour des couches d'aluminium mesurées en lumière verte, aussitôt après leur sortie de la cloche.

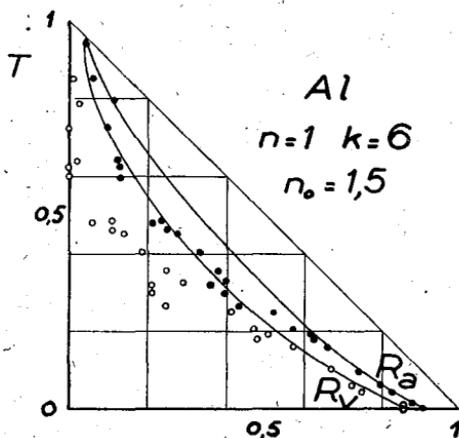


Fig. 6. — Facteurs de réflexion R_a (●) et R_v (○) en fonction du facteur de transmission T , pour des aluminures fraîches déposées sur verre ($n_0 = 1,5$). — : Courbes théoriques pour des couches continues, avec un indice de réfraction $n = 1$ et un indice d'extinction $k = 6$.

Nous avons éliminé les couches qui avaient été obtenues dans des conditions manifestement mauvaises. Malgré tout, il est difficile de tracer une courbe moyenne, étant donnée la dispersion des résultats; nous pensons que les résultats seraient meilleurs si le vide pouvait être poussé davantage. On constate, d'autre part, que la somme $R_a + T$ est plus faible pour des couches moyennes, beaucoup plus que si les couches étaient continues et conservaient les mêmes constantes optiques que le métal massif (courbes en trait plein sur la figure 6); cette particularité s'explique par le fait que pour $T > 0,15$ (épaisseur inférieure à $15\text{m}\mu$), les couches ne sont plus continues, mais composées de grains indépendants les uns des autres; dans ces conditions, la couche diffuse et absorbe plus de lumière que si elle était continue, et d'une façon qui dépend de la grosseur et de la forme des grains, ce qui explique en partie la dispersion des résultats.

Il est parfois intéressant d'obtenir des couches dont les facteurs optiques sont imposés à l'avance. Dans ce but, nous avons d'abord essayé de contrôler l'épaisseur de l'aluminium, soit par le poids du métal déposé sur le filament de tungstène, soit par le temps d'évaporation. Aucune des deux méthodes n'est suffisamment sensible. Finalement, nous avons adopté la méthode qui consiste à mesurer l'un des facteurs optiques dans le vide et pendant l'évaporation elle-même, de façon à arrêter celle-ci au moment voulu; on a mesuré le facteur de réflexion côté verre R_v .

L'application de cette méthode a nécessité l'étude de l'évolution des facteurs optiques des aluminures lorsqu'elles sont mises au contact de l'air. Nous reproduisons sur la figure 7 l'évolution de diverses couches pendant un mois, résultats déjà publiés par l'un de nous [6]. Cette évolution est due à la formation, sur l'aluminium, d'une couche d'alumine Al_2O_3 , dont l'épaisseur croît d'abord très rapidement, puis très lentement; la stabilisation s'obtient pratiquement au bout de quelques mois, l'épaisseur limite est de l'ordre de $7\text{m}\mu$. Cette couche d'oxyde étant transparente et très mince par rapport à la longueur d'onde de la lumière, elle n'agit sur les facteurs optiques de la couche complexe $\text{Al} - \text{Al}_2\text{O}_3$ que parce qu'elle diminue l'épaisseur d'aluminium. L'évolution des couches suit donc à peu près la courbe moyenne des aluminures (*fig.* 6).

Une fois connue l'évolution des aluminures dans l'air, nous avons pu obtenir des couches dont les facteurs, après évolution

complète, étaient donnés a priori. Divers appareils du Bureau International (interféromètre Michelson, interféromètre Pérard, etc...) ont été équipés avec des aluminures, dont les facteurs optiques correspondent au maximum de visibilité des franges d'interférence. Le nombre d'essais nécessaires pour arriver à un bon résultat a été souvent trop grand, parce que le contrôle de R_v n'était pas suffisamment sensible, étant donné que l'évaporation devait être faite rapidement.

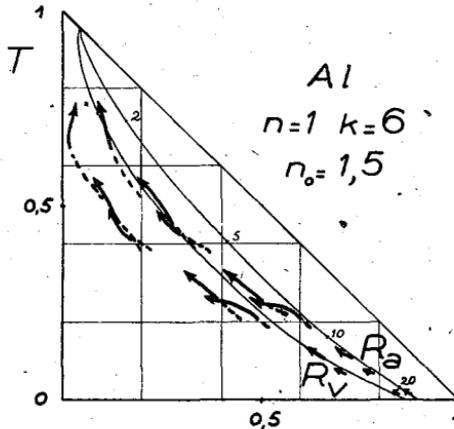


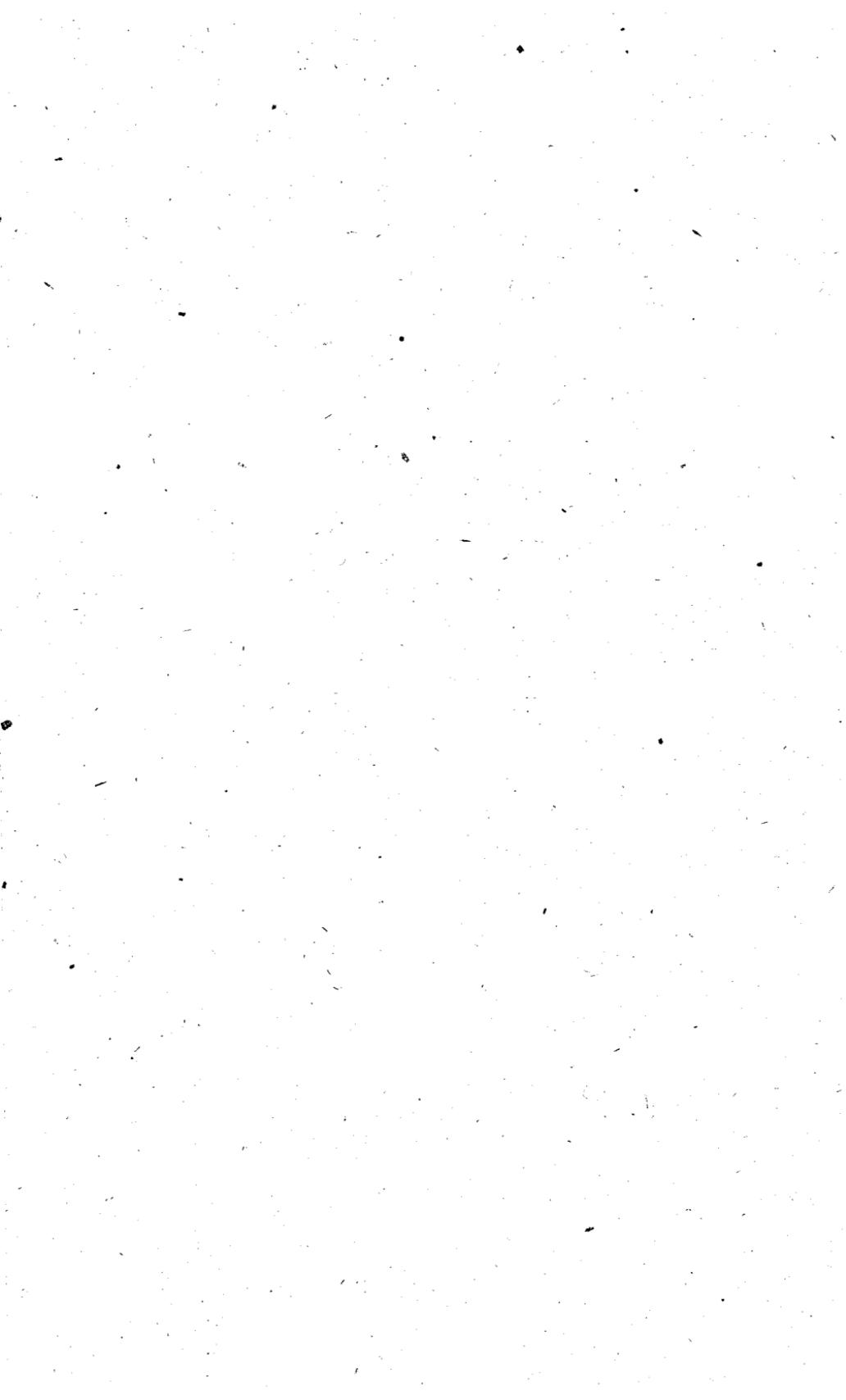
Fig. 7. — Évolution des facteurs optiques de diverses couches d'aluminium pendant un mois.

Actuellement nous essayons une autre méthode, nous cherchons à mettre au point la formation artificielle d'une couche d'oxyde d'épaisseur voulue, sur une aluminure presque opaque. Ce procédé doit probablement offrir plusieurs avantages sur le précédent : 1° on pourra obtenir ainsi une couche qui sera stabilisée rapidement; 2° elle présentera une résistance mécanique accrue, du fait de la dureté de Al_2O_3 et de l'augmentation de son épaisseur; 3° si l'on peut oxyder uniformément l'aluminium, de façon que la couche d'aluminium sous-jacente soit continue, on aboutira à des couches dont la somme $R_a + T$ sera plus grande que celle de couches granulaires.

En terminant, nous tenons à remercier M. Moreau, assistant, M. Hamon, calculateur, et MM. Hanocq et Michard, mécaniciens, pour la précieuse collaboration qu'ils nous ont apportée au cours de ces travaux.

BIBLIOGRAPHIE.

1. J. STRONG, *Proc. in exp. Physics*, Prentice-Hall, N.Y. 1938, p. 168; J. YARWOOD, *High vac. technique*, Chapman et Hall, Lond. 1945, p. 84; G. BOUTRY, *Phys. appl. aux industries du vide*, Ed. Riber, Paris 1945, 15^e et 16^e leçons. — Voir aussi les réalisations industrielles signalées dans *Rev. Sci. Instrum.*, 16, 1945, p. 18 et 105.
 2. N. CABRERA et J. TERRIEN, *Mesures*, 12, 1947, p. 5.
 3. Voir des détails sur la technique d'évaporation de nombreux métaux dans : W. C. CADWELL, *J. appl. Phys.*, 12, 1941, p. 779; et L. O. OLSEN, C. S. SMITH, E. C. CRITTENDEN Jr., *J. appl. Phys.*, 16, 1945, p. 425.
 4. Voir à ce sujet les recherches de F. METZGER, *Helv. Phys. Acta*, 16, 1943.
 5. J. TERRIEN, *C. R. Acad. Sci.*, 218, 1944, p. 43; *Rev. d'Optique*, 23, 1944, p. 105.
 6. N. CABRERA, *C. R. Acad. Sci.*, 218, 1944, p. 994.
-



NOTICES NÉCROLOGIQUES

VITO VOLTERRA

Par M. G. CASSINIS.

Celui qui a connu de près Vito Volterra ne peut se rappeler ce qu'il fut sans qu'au regret se mêle l'admiration. Admiration pour son esprit brillant et profond, pour l'œuvre grandiose qu'il a accomplie, pour ses hautes vertus morales non moins frappantes que ses dons intellectuels.

Rappeler, même brièvement, cette existence ne constitue pas seulement un honneur, c'est aussi assumer une grande responsabilité, qui tout d'abord m'effraie, mais que j'accepte avec émotion dans un sentiment de vénération et de douce gratitude envers ce maître, auquel j'ai eu l'honneur de succéder en qualité de représentant de la nationalité italienne au sein du Comité International des Poids et Mesures.

Né à Ancône le 3 mai 1860, lauréat de physique à Pise en 1882, reçu au concours pour la chaire de mécanique rationnelle dans l'Université de Pise en 1883 (il avait seulement 23 ans !), appelé à l'Université de Turin en 1892 et ensuite à celle de Rome en 1900 pour y enseigner la physique, les mathématiques et la mécanique céleste, il fut relevé de ses fonctions en 1931 pour n'avoir pas voulu prêter serment selon la nouvelle méthode instituée par le régime fasciste. Par la suite, et pour le même motif, il fut exclu des Académies et Sociétés scientifiques italiennes, en particulier de l'Académie Nationale des Lincei qu'il avait présidée durant de longues années.

Ces faits suffiraient à démontrer la droiture de son caractère et son attachement à l'idéal démocratique. De cet attachement il donna la preuve durant la guerre de 1914 quand il se rangea aux côtés de la France et de la Grande-Bretagne, participant ensuite à la lutte comme volontaire et apportant une contribution de premier ordre dans la résolution de problèmes scientifiques et techniques essentiels.

Toute l'existence de Vito Volterra est un exemple admirable de dignité et de fermeté ; mais ces vertus atteignirent à l'héroïsme dans la période où, avec quelques rares sénateurs italiens,

Volterra tenta de s'opposer, au sein du Sénat et au dehors, aux plus rudes meneurs du fascisme, alors que la législation raciale et ensuite la guerre rendaient difficile et parfois dangereuse la vie de sa famille.

Malade depuis 1938, il mourut le 11 octobre 1940, conservant jusqu'au dernier jour toutes ses énergies intellectuelles, continuant ses travaux scientifiques tandis, qu'il luttait contre les souffrances physiques, soutenu d'une manière incomparable, avec amour et dévotion, par sa femme, Virginia Almagia, qu'il avait épousée en 1900.

Homme de science, Volterra avait une mentalité tout à fait différente de celle des autres physiciens et physico-mathématiciens italiens. Il fut un analyste des plus rigoureux et un physico-mathématicien classique. Il ne pouvait en être autrement si l'on songe qu'il fut l'élève de Ulysse Dini et Enrico Betti.

Dans l'œuvre de Volterra, on trouve des recherches :

Sur les principes du calcul intégral (1882), sur les fondements de la théorie des équations différentielles linéaires (1887-1888), sur les variables complexes dans les hyperspaces (1889-1899), sur l'inversion des intégraux (1896-1897), sur les équations aux dérivées partielles (1900-1906), sur les équations intégrales et intégréo-différentielles (1909), sur les fonctions permutables (1910), sur les fonctions de lignes (1887-1912), sur la théorie des potentiels des logarithmes (1910), sur la généralisation des fonctions analytiques (1917); sur les fonctions de composition (1919), sur la théorie du potentiel (1882-1883), sur la théorie de l'élasticité (1884), et, en particulier, sur la distorsion des corps élastiques (1905-1906), sur la théorie des variations des latitudes (1895-1898), sur les phénomènes héréditaires (1907), sur les théories de la fluctuation biologique (1925-1929) et, en général, sur la théorie mathématique des associations biologiques et de la lutte pour la vie, qui ont constitué le thème principal de son travail durant les dernières dix années de son existence.

La solution de la plus grande partie de ces problèmes physico-mathématiques et biologiques fut possible grâce à la possession de procédés analytiques vraiment puissants que Volterra construisait graduellement avec les travaux du premier groupe ci-dessus indiqué, en particulier, ceux sur les équations intégrales, les fonctions permutables, les opérations infinitésimales linéaires, dont le champ d'application est illimité et qui ont trouvé leur emploi dans les questions les plus ardues.

Tout ceci montre également l'unité de l'œuvre de Vito Volterra qui, pour un observateur superficiel, pourrait sembler fragmentaire et dirigée vers des sujets différant les uns des autres. Dans toutes ses recherches, il fit preuve d'une personnalité très élevée et, en dehors de son originalité absolue, apporta une précision que l'on trouve rarement chez les autres hommes de science.

La valeur de Vito Volterra se révélait aussi dans les cours qu'il faisait dans de nombreuses Universités italiennes, européennes et américaines. J'éprouvais un réel plaisir aux leçons du Maître et je me souviens encore de son attitude lorsqu'il devait exposer les principes des théories qu'il avait lui-même construites. En certains points de son discours, là où les difficultés de l'argument, unies à la nécessité d'en fixer les conceptions de base dans l'esprit des auditeurs, étaient plus nombreuses que dans d'autres, il baissait les paupières comme pour se concentrer et poursuivait son discours les yeux fermés, d'une manière claire et parfaite. Lorsque les yeux s'ouvraient et que son regard lumineux et profond se tournait vers l'assistance, une espèce d'émotion l'envahissait et les auditeurs avaient l'impression d'avoir participé à l'œuvre créatrice du Maître.

Ces dons, qui lui permettaient d'être un professeur de haute valeur, se manifestèrent dans tous les champs de son activité, en particulier dans les associations scientifiques et culturelles auxquelles il appartenait. J'ai déjà parlé de l'Académie des Lincei, je rappellerai encore la Société italienne pour le progrès des Sciences qu'il fit revivre en 1908, en lui donnant tout de suite un large développement, le Conseil international des Recherches (aujourd'hui Conseil des Unions Scientifiques internationales), l'Union internationale Géodésique et Géophysique, le Comité National de Géodésie et de Géophysique, le Comité International des Poids et Mesures dont il fut le Président durant 19 années, de 1921 à sa mort. Son œuvre dans cette dernière et délicate charge fut de grande importance et mit une fois de plus en évidence ses dons d'homme de science et d'organisateur, joints à un souci de respect pour les idées d'autrui, qui faisaient de lui un Président inimitable et de rare valeur.

ARTHUR EDWIN KENNELLY

Par E. C. CRITTENDEN.

Le Professeur Kennelly est né le 17 décembre 1861 et mort le 18 juin 1939. C'est une charge bien difficile que celle de lui succéder au Comité International des Poids et Mesures; car il avait toujours été reconnu dans le monde entier comme une haute autorité de l'électrotechnique. Il possédait, en outre, une expérience des affaires internationales que peu d'hommes peuvent égaler. Il était un citoyen du monde. Né aux Indes, il avait fait ses études dans les écoles privées en Angleterre, en Écosse et en France. Il a passé une grande partie de sa vie d'adulte au Mexique, et a fait des cours spéciaux dans les universités de France et du Japon. Dans ses dernières années, il a résidé pendant de longues périodes en Italie.

Comparativement à la formation technique des temps actuels, l'éducation scolaire de Kennelly a été réduite. Avant l'âge de 14 ans il devint secrétaire assistant de la *Society of Telegraph Engineers*, devenue depuis lors l'*Institution of Electrical Engineers* de Grande-Bretagne. De 1876 à 1887 il a travaillé pour la *Eastern Telegraph Company*, où il a été successivement opérateur télégraphiste, assistant électricien de la station de Malte, électricien principal sur un navire chargé de réparer les câbles et électricien chef des navires poseurs de câbles de cette Compagnie.

En 1887 il est venu aux États-Unis et s'est joint au personnel de Thomas A. Edison, comme son principal assistant dans les travaux électriques. En 1894 il est devenu ingénieur-conseil en association avec Edwin J. Houston. Cette association a pris une part considérable dans l'élaboration et l'exécution d'un grand nombre de projets électriques. En 1902 Kennelly a été nommé professeur d'électrotechnique de l'Université de Harvard. Il a occupé ce poste jusqu'à sa retraite en 1930, et il a rempli des fonctions analogues de 1913 à 1924 au *Massachusetts Institute of Technology*, où il était le Directeur des travaux de recherches

électrotechniques. Il a été élu membre du *Comité International des Poids et Mesures* en 1933.

Kennelly était bon orateur et il écrivait avec beaucoup de facilité. Il a été l'auteur ou le cosignataire d'une série d'ouvrages et de plus de 300 articles techniques. Dans un travail présenté devant l'*American Institute of Electrical Engineers* en 1893, il a introduit la notion de l'*impédance* et l'usage des quantités complexes pour représenter les phénomènes qui ont lieu dans les circuits parcourus par les courants alternatifs. Il a ainsi établi pour ces circuits les équations analogues à la loi d'Ohm pour les courants continus. En 1902 il suggéra d'expliquer la transmission des ondes hertziennes à grande distance malgré la courbure de la terre par la réflexion de ces ondes contre les couches conductrices supérieures de l'atmosphère. Olivier Heaviside a plus tard émis, indépendamment, la même idée. Cette hypothèse a été vérifiée expérimentalement et la région conductrice devint connue sous le nom de couche de Kennelly-Heaviside. Pendant ces dernières années les régions conductrices ont été reconnues comme étant d'une extrême complexité, et la connaissance de leurs propriétés est d'une très grande importance pour l'usage pratique des ondes hertziennes de différentes fréquences.

Les contributions de Kennelly à la science et à la technique ont été consacrées par l'attribution de nombreuses récompenses. Les diplômes *honoris causa* lui ont été attribués par l'Université de Harvard, les Universités de Toulouse et de Pittsburgh, ainsi que par la *Technische Hochschule* de Darmstadt. De l'*Institution of Electrical Engineers* de Grande-Bretagne, il a reçu l'*Institution Premium* et le *Fahie Premium*, de l'*American Institute of Electrical Engineers* la médaille Edison, de l'*Institute of Radio Engineers* sa médaille d'or, de l'*Institut Franklin* de Philadelphie les médailles de Longstreth et de Howard Potts, et de la *Société Française des Électriciens* la médaille Mascart. Il était Chevalier de la Légion d'Honneur.

Il a pris une part active dans un grand nombre d'organisations techniques et scientifiques. Il a été ainsi président de l'*American Institute of Electrical Engineers*, de l'*Illuminating Engineering Society*, de l'*Institute of Radio Engineers*, de la *Metric Association*, membre de l'*Académie Nationale des Sciences*, de l'*Académie Américaine des Arts et des Sciences* et de diverses autres Sociétés spécialisées. Il était membre honoraire des sociétés nationales d'ingénieurs de France, Grande-Bretagne,

Allemagne et Japon, aussi bien que de celles des États-Unis d'Amérique.

La participation de Kennelly aux organisations internationales a débuté avec le *Congrès International d'Électricité* à Paris en 1881, et il a été délégué à presque tous les autres congrès d'électricité. Il prit une large part dans le développement de la *Commission Électrotechnique Internationale* et a été successivement Président et Président honoraire du *Comité National des États-Unis* de cette Commission. Il a été aussi délégué à plusieurs sessions de l'*International Commission on Illumination*, et il était le représentant officiel du gouvernement aux *Conférences Internationales de Radio* de Paris (1921) et de Washington (1927).

Il aimait introduire de la méthode et de l'ordre dans chaque sujet dont il s'occupait. Il n'est par conséquent pas surprenant qu'il ait été un protagoniste continu du Système Métrique. Plusieurs de ses derniers articles ont été écrits dans le but de faire accepter l'usage général du système Mètre-Kilogramme-Secondes dans les différents domaines de la science et de la technique. Sa patience et sa courtoisie, jamais en défaut dans toutes les discussions, et sa personnalité aimable lui ont gagné des amis dans toutes les parties du monde et ont fait de lui un ardent apôtre de la compréhension et de la coopération internationales.

CHARLES FABRY

Par M. Louis DE BROGLIE.

Charles Fabry appartenait à une famille qui avait longtemps exercé l'industrie de la filature dans le département de l'Ardèche. Son père fut banquier à Marseille où il mourut en 1915. L'un de ses frères occupa de hautes fonctions dans la magistrature ; les deux autres, l'un astronome, l'autre mathématicien, furent des savants de valeur et devinrent Correspondants de l'Académie des Sciences. La famille Fabry était par ailleurs apparentée à la famille Rostand à laquelle appartint le célèbre poète Edmond Rostand.

Né à Marseille le 11 juin 1867, Charles Fabry entra à 18 ans à l'École Polytechnique et, peu après sa sortie de l'École, il se décide à se consacrer aux recherches scientifiques et revient à Marseille préparer sa thèse de Doctorat sous la direction de Macé de Lépinay. Reçu docteur et agrégé, Fabry, après avoir enseigné dans un certain nombre de lycées en province et à Paris, retourne à la Faculté des Sciences de Marseille où il ne tarde pas à devenir titulaire de la chaire de Physique industrielle. Sauf pendant les quelques années de la guerre de 1914-18, il devait rester à Marseille jusqu'en 1921 et y accomplir une œuvre scientifique de la plus haute portée.

C'est essentiellement du côté de l'Optique que Charles Fabry a orienté ses travaux. Dès sa thèse de Doctorat en 1892, il montrait l'originalité de son esprit et son habileté d'expérimentateur en étudiant avec précision une question difficile : celle de l'aspect et des conditions de visibilité des franges d'interférences obtenues avec une source étendue. Les raisonnements et les résultats que Fabry exposa dans ses travaux sur ce sujet, soit seul, soit avec Macé de Lépinay, sont aujourd'hui bien connus de tous les physiciens et on les trouve résumés dans tous les traités de physique générale.

Ses recherches sur les franges d'interférence amenèrent Charles

Fabry à l'une de ses plus belles inventions : l'emploi des lames semi-argentées pour l'obtention de franges d'interférences d'une extrême finesse. Il donna du phénomène utilisé une théorie classique et il réalisa sur ce principe des interféromètres et des étalons interférentiels qui sont restés pour les physiciens de précieux instruments de recherche et de mesure.

L'extrême précision des mesures que les appareils interférentiels et en particulier ceux qu'avait imaginés Fabry permettent d'atteindre devait tout naturellement amener l'éminent physicien à s'occuper de métrologie et, dans ce domaine aussi, il ne tarda pas à se montrer un maître.

Reprenant les déterminations de longueurs d'onde effectuées par Rowland, il montra à l'étonnement de tous, qu'elles étaient loin d'avoir la précision qu'on leur attribuait jusque-là. Ses recherches sur la longueur d'onde des raies du spectre solaire, la carte détaillée du spectre du fer qu'il publia avec son collègue et ami Buisson sont connues de tous les spectroscopistes.

On doit aussi à Charles Fabry de pénétrantes études sur l'élargissement des raies spectrales par l'effet Doppler. La théorie cinétique des gaz, qui attribue aux molécules d'un gaz des mouvements d'autant plus rapides que sa température est plus élevée, prévoit que l'élargissement par effet Doppler des raies spectrales émises par les molécules d'un gaz raréfié dans un tube de Geissler doit diminuer quand la température du gaz s'abaisse. Dans une magnifique expérience, Fabry et Buisson ont vérifié cette prévision : plongeant le tube lumineux dans un bain d'air liquide, ils ont constaté que les raies deviennent beaucoup plus fines par suite de l'abaissement de la température.

Cette influence de la température sur la largeur des raies émises par un gaz raréfié permet non seulement de calculer la température des nébuleuses, mais même dans certains cas d'évaluer la masse des molécules qui émettent les raies. Fabry fit ainsi des observations intéressantes sur la nébuleuse d'Orion et crut même pouvoir reconnaître dans cette nébuleuse la présence d'un corps de poids atomique égal à 3, inconnu sur la terre, le Nébulium, résultat que les progrès plus récents de la spectroscopie n'ont pas confirmé.

Poursuivant ses travaux de Métrologie interférentielle, Fabry a repris avec Perot et Macé de Lépinay la mesure exacte de la masse du décimètre cube d'eau à 4° et montré qu'elle est inférieure de 21^{mg},4 à celle du kilogramme étalon. Le Bureau Inter-

national des Poids et Mesures admet aujourd'hui que la différence est de 28^{ms}.

En 1913, avec l'aide de Benoit et Perot, Fabry a repris les célèbres mesures effectuées une quinzaine d'années auparavant par Michelson pour comparer la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium avec le mètre étalon, et il a obtenu pour cette longueur d'onde la valeur $0^{\mu},64384696$, très voisine de celle donnée par Michelson.

L'œuvre de Charles Fabry en photométrie fut également considérable. Il fut le premier à étudier et à résoudre le difficile problème de la photométrie hétérochrome et la solution qu'il en a proposée est demeurée classique. Inventeur d'un microphotomètre et d'un photomètre à lentilles sans écran, il a fait les premières mesures correctes de l'éclairement produit par le Soleil et de l'intensité lumineuse des étoiles en fonction des unités photométriques usuelles.

Ces études photométriques ont aussi conduit Charles Fabry à s'occuper de la question de la brillance du ciel nocturne et de la présence de l'ozone dans la haute atmosphère. Il s'est beaucoup préoccupé de cet important problème qui intéresse aussi la physique du globe.

Il faudrait citer encore d'autres travaux de Fabry, notamment des études théoriques ou expérimentales sur le phénomène de Gouy, la production des champs magnétiques par des bobines avec ou sans fer et la température d'équilibre d'un corps soumis à un rayonnement. Il faudrait aussi, pour être complet, énumérer les nombreux ouvrages d'enseignement ou de haute vulgarisation qui lui sont dus, ouvrages auxquels sa fine et profonde connaissance de la physique conférait la plus haute valeur et que rendaient particulièrement attrayants l'élégance du style et la vivacité, souvent teintée d'humour, de l'exposition.

Devenu en 1921 Professeur de Physique générale à la Sorbonne, Charles Fabry eut aussi à assurer à Paris la direction de l'Institut d'Optique alors récemment créé, et si cet Institut a depuis 25 ans beaucoup contribué aux progrès de la science et de l'industrie française, c'est en grande partie à Charles Fabry qu'en revient l'honneur. Les charges qu'il assumait étaient variées et étendues et il assura même pendant de longues années l'enseignement de la physique à l'École Polytechnique.

De grands honneurs vinrent récompenser son talent de physicien universellement reconnu. Membre de la Société royale de Londres,

de la Royal Institution, du Franklin Institute et de plusieurs Académies étrangères, il devint Membre de l'Académie des Sciences en 1927. D'abord Correspondant du Bureau des Longitudes, il en devint Membre titulaire, en 1935.

Atteint par la retraite en 1937, mais resté plein d'activité, il continua à se consacrer aux progrès de la physique et au développement de l'Institut d'Optique. La guerre de 1939-40 et l'occupation de la France dont il fut très affecté l'amènèrent à se retirer dans sa maison de campagne aux environs de Marseille. Rentré à Paris peu avant la libération du territoire français, il eut la joie de voir son pays recouvrer sa liberté; mais, peu de temps après, il fut atteint d'une grave et douloureuse maladie et le 11 décembre 1945 il succombait.

Charles Fabry reste une grande figure de la science française de notre temps; il a laissé une œuvre admirable dans toutes les branches de l'Optique et en particulier en Métrologie interférentielle. Le Comité International des Poids et Mesures perd en lui un de ses Membres les plus actifs, un de ses conseillers les plus justement écoutés.

PIETER ZEEMAN

Par W. J. DE HAAS.

Pieter Zeeman naquit le 25 mai 1865 à Zonnemaire, petit village situé dans l'île de Schouwen, Zélande, où son père était pasteur. Cette province est pour la plus grande partie formée par quatre îles ; c'était alors un des coins les plus isolés des Pays-Bas.

Là, Zeeman a eu une jeunesse extrêmement tranquille et plutôt contemplative. Aussi il avait déjà étudié plusieurs ouvrages de physique avant même de commencer ses études de physique expérimentale à l'Université, études qui le placeront au premier rang des physiciens hollandais.

En outre — ce qui ne se produit pas souvent — avant d'être nommé professeur de physique expérimentale à l'Université d'Amsterdam, notre compatriote avait déjà fait une découverte scientifique de tout premier ordre, le célèbre effet Zeeman. Cette découverte date de 1896. Zeeman travaillait alors au laboratoire de Kamerlingh Onnes, à Leyde, dans des conditions idéales.

Lorentz, professeur de physique théorique à la même Université, était en train de développer sa théorie des électrons et pouvait assister Zeeman d'une manière efficace.

Il prédit la polarisation des raies spectrales, qui dans les premières expériences n'étaient pas encore séparées en doublets et triplets. Elles n'étaient qu'élargies, comme l'avait déjà trouvé quelques années plus tôt M. Fiéver à Louvain, qui attribua cet élargissement à une cause banale.

Cette collaboration idéale du théoricien Lorentz et de l'expérimentateur Zeeman aboutit *en octobre* 1896 à une *détermination préliminaire* du rapport e/m des particules, qui étaient nommées dans ce temps-là des « ions ». D'après Lorentz, ces ions étaient liés à l'atome par une force quasi élastique. De la détermination préliminaire de e/m , ils purent déduire une masse de l'ordre de

grandeur d'un millième de celle d'un atome d'hydrogène et le signe négatif de la charge. L'électron était né.

Je me souviens très bien que Lorentz me dit qu'il ne s'attendait pas à une particule aussi petite et d'une nature tout à fait nouvelle.

Il est intéressant de remarquer, qu'une année plus tard, au mois d'octobre 1897, J.-J. Thomson publia les valeurs de e/m des particules dans les rayons cathodiques. Et encore un peu plus tard Wiechert donna des valeurs analogues à celles de Thomson. Ces valeurs de Thomson étaient du même ordre de grandeur que celles mesurées par Zeeman et calculées par Lorentz.

L'électron libre était trouvé par Thomson. La découverte de l'électron et celle de l'effet Zeeman donnaient une grande impulsion à la physique et devenaient en même temps des guides pour débrouiller les spectres lumineux.

Le prix Nobel accordé aux deux savants fut la récompense très méritée de leur découverte.

De la collaboration de Lorentz et Zeeman naquit une amitié profonde. Zeeman avait une grande admiration pour Lorentz et celui-ci, quoique beaucoup plus âgé, était grand ami de Zeeman.

En 1900, ce dernier devint professeur à l'Université d'Amsterdam. Chose remarquable : Zeeman à Amsterdam fut influencé pendant toute sa vie par le travail de Lorentz, tandis qu'inversement Kamerlingh Onnes à Leyde tira son inspiration du travail théorique de van der Waals à Amsterdam. La découverte de l'influence du champ magnétique sur la fréquence des raies spectrales est incontestablement l'œuvre la plus importante de Zeeman. Mais on peut dire que tout son travail ultérieur témoigne d'un esprit inventif, d'une critique approfondie, d'une ténacité extraordinaire dans l'exécution des projets. L'identité de la masse pesante et de la masse inerte, le coefficient d'entraînement de la lumière par la matière en mouvement d'après les calculs relativistes de Lorentz, le spectrographe de masse, toutes ces expériences démontrent une habileté rare de l'auteur.

Zeeman, homme tenace et entêté dans ses recherches scientifiques, était, dans la vie, un homme d'une grande douceur, parfois même timide. On ne le voyait aux assemblées que dans les cas absolument nécessaires et inévitables. Il n'avait pas d'ennemis et se montrait d'esprit large et bienveillant envers autrui. Paisible à l'extrême, il détestait les discussions et préférait rester silencieux plutôt que de se mêler aux petites querelles qui de temps à autre s'élèvent aussi dans le royaume de la science et de l'esprit.

Il n'est pas étonnant que cet homme courtois et aimable ait eu de nombreux amis dans son pays natal comme à l'étranger.

Il avait beaucoup voyagé et partout il était bien reçu. La plupart de ses déplacements étaient la suite d'invitations. Citons seulement sa visite à Stockholm pour recevoir le prix Nobel, à Philadelphie où lui fut remise la médaille Franklin, sa présence à la commémoration de Fresnel à Paris et à celle de Volta à Como.

En 1930, il accepta d'aller en Roumanie. Il en revint épuisé et tomba malade. Il se rétablit pourtant, mais sans jamais retrouver sa santé et son énergie antérieures.

Comme Lorentz, Zeeman était un grand ami de la France.

Membre du Comité International des Poids et Mesures, et plus tard, à la mort de Volterra, président par intérim de ce Comité, il venait régulièrement à Paris assister aux sessions. Il jouissait toujours de ces visites, heureux de rencontrer ses collègues venus de toutes les parties du monde et spécialement ses amis français. Assurément, les membres du Comité n'oublieront pas l'homme droit, aimable, d'un savoir solide, ni l'expérimentateur réellement grand. Ils garderont dans leur cœur l'image de Zeeman, calme et réservé, vrai fils de la nation tranquille et douce dont il était un représentant caractéristique et noble.

Zeeman, le Néerlandais, qui appartenait au monde entier.

BLAS CABRERA

Par M. MANNE SIEGBAHN.

Le professeur Blas Cabrera qui, de 1933 à 1941, fut Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures, était né à Arrefice de Lanzarote (les Iles Canaries) en 1878. Il est mort au Mexique le 2 août 1945.

Il fit ses études à l'Université de Madrid où il obtint en 1900 le diplôme de Docteur ès Sciences Naturelles. En 1905, il fut nommé professeur d'électricité et de magnétisme à la Faculté des Sciences de Madrid. Trois ans plus tard, il fonda le « Laboratorio de Investigaciones Fisicas » de Madrid et le dirigea jusqu'en 1932, date à laquelle il fut nommé Directeur de l'« Instituto de Fisica y Quimica » de Madrid.

L'intérêt scientifique principal de Cabrera se concentra sur les propriétés magnétiques des corps. Dans ce domaine il fut, pendant de nombreuses années, le savant le plus éminent.

Prenant pour base les résultats de ses propres expériences et de celles d'autres savants, il étudia les théories courantes. Après un examen systématique du résultat des observations, il en déduisit, entre autres, ce qu'il définit comme de vrais *rayons atomiques*. Il présenta ces recherches dans une conférence faite le 15 avril 1925 à la Société Française de Physique. Le mémoire relatif à ces recherches fut ensuite imprimé dans le *Journal de Physique* (1). Deux années plus tard il publia dans le même journal (2) un travail sous le titre « La théorie du paramagnétisme ». Utilisant comme point de départ la loi de Curie-Weiss pour les corps paramagnétiques :

$$H (T + \Delta) = C,$$

(1) *Journal de Physique*, t. 5, 1925, p. 241-258.

(2) *Journal de Physique*, t. 8, 1927, p. 257-275.

il montra que la constante C est caractéristique d'un certain état de l'atome et qu'on peut démontrer empiriquement la relation :

$$\sqrt{C} = nK,$$

où n est un nombre entier et K une constante universelle.

Vu le grand intérêt général suscité par les recherches de Cabrera sur les propriétés magnétiques des corps, il lui fut demandé d'exposer les résultats de ses travaux devant le Congrès de Solvay, à Bruxelles, en 1930, et de diriger une discussion sur ces questions. Le rapport que présenta Cabrera à ce Congrès et qui fut publié dans ses procès-verbaux est un brillant exposé de l'état du problème concernant le paramagnétisme, tel qu'il se présentait à cette époque. Dans son activité scientifique ultérieure, Cabrera suivit toujours de près le développement de nos connaissances dans ce domaine et apporta constamment de nouvelles contributions à notre science de ces phénomènes.

En 1910, Cabrera fut élu membre de l'Academia de Ciencias de Madrid et devint Président permanent de cette Académie en 1935. La même année, il succéda à M. Ramon y Cajal comme membre de l'Academia de la Lengua Espanola.

Cabrera eut aussi l'honneur d'être admis comme membre d'un grand nombre d'Académies étrangères, entre autres Correspondant de l'Académie des Sciences à Paris. Il participa aux travaux de diverses commissions et de comités scientifiques internationaux établis par la Société des Nations, par l'Union internationale de Physique pure et appliquée et par plusieurs autres institutions; et soit qu'il siégeât comme membre ou comme Président, ses services furent toujours hautement appréciés.

Les raisons de cette estime universelle furent les dons intellectuels de Cabrera, son intérêt passionné pour les questions scientifiques et ses solides qualités personnelles. En donnant son opinion dans des questions scientifiques ou administratives, il montrait toujours une grande objectivité. Sa grande amabilité et le calme dont il ne se départissait jamais contribuaient à rendre le travail à ses côtés agréable et fructueux.

CHARLES-ÉDOUARD GUILLAUME

Par A. PÉRARD et CH. VOLET

La carrière entière de Charles-Édouard Guillaume a été consacrée à l'Institution internationale des Poids et Mesures. Pendant 53 ans au service de notre Bureau, dont 21 à sa direction, notre éminent Maître déploya une activité dont l'empreinte restera marquée longtemps encore dans les fastes de la métrologie. Son nom sera conservé parmi ceux des savants qui, grâce à un travail acharné, portèrent la renommée de notre institut jusque dans les plus lointains pays.

Charles-Édouard Guillaume est né à Fleurier, dans le Canton de Neuchâtel en Suisse, le 15 février 1861. Après avoir fait ses premières classes dans sa ville natale, puis ses études secondaires à Neuchâtel, il entra, en 1878, à l'École Polytechnique de Zurich; il y reçut un excellent enseignement, qui l'orienta définitivement vers les recherches physiques. Dans ce milieu cosmopolite des 2000 étudiants de l'École zurichoise, le jeune Guillaume eut sans doute la première initiation à la vie internationale, à laquelle il devait être mêlé tout au long de sa carrière. Ces études furent consacrées par une thèse de doctorat sur les condensateurs électrolytiques.

C'est Adolphe Hirsch, l'actif secrétaire du Comité international, qui fit entrer Guillaume, son ancien élève de Neuchâtel, au Pavillon de Breteuil, dès 1883. Le Bureau International était sous la sage direction de O.-J. Broch, le mathématicien norvégien. Un problème fondamental pour la métrologie se posait alors : celui de la mesure des températures. Dès son arrivée au Bureau, Guillaume fut chargé de calibrer des thermomètres. Cette besogne fastidieuse, accomplie durant plus d'une année, aurait pu rebuter un étudiant frais émoulu de l'Université; mais Guillaume ne fut pas insensible aux satisfactions qu'apportent, au métrologiste-né, une mesure bien faite, des résultats cohérents, ou la réalisation d'un perfectionnement qui permettra de gagner en précision. Le

résultat de ces travaux est publié dans les *Études thermométriques* (Travaux et Mémoires, tome 5), puis dans le *Traité de Thermométrie* paru en 1889. La technique du thermomètre à mercure venait de faire un progrès définitif ; elle n'a guère évolué depuis lors que dans des détails. Aussi le *Traité de Thermométrie* n'a-t-il vieilli que dans la mesure où le thermomètre à mercure lui-même a vu sa prééminence céder le pas au thermomètre à résistance électrique, en attendant, pour un avenir prochain sans doute, l'usage généralisé du thermomètre à mercure en quartz fondu.

Dans les années qui précédèrent la Première Conférence Générale des Poids et Mesures (1889), tous les efforts du Bureau furent mis au service de la détermination des nouveaux étalons qui allaient être sanctionnés. Il y avait plus de 30 Mètres et 40 Kilogrammes à étudier. Des retards successifs, causés en particulier par la difficulté qu'on avait rencontrée dans la fabrication d'un alliage convenable de platine iridié, avaient fait reculer cette Première Conférence bien au delà des délais prévus. On était pressé de conclure. Benoit et Guillaume furent chargés de la mesure des coefficients de dilatation des Mètres. Les valeurs qu'ils trouvèrent étaient légèrement différentes d'un Mètre à l'autre. Certaines de ces différences ayant paru dépasser les erreurs possibles d'observation, on admit, pour chacun des Mètres, les coefficients de dilatation que l'observation avait fournis. C'est bien plus tard que l'identité de ces coefficients de dilatation a été reconnue, grâce à des mesures spéciales de vérification. Quoi qu'il en soit, les résultats de Benoit et Guillaume furent fondamentaux et atteignirent une précision inégalée pour l'époque. Les méthodes qu'ils avaient mises au point sont encore, à quelques variantes près, celles que nous utilisons aujourd'hui ; elles sont à l'origine de la métrologie moderne.

Ainsi, les si délicates et pénibles mesures de dilatation au comparateur à microscopes marquaient le début de la carrière de Guillaume. Il ne devait jamais les abandonner. Ce sont elles qui l'ont conduit d'abord à l'invar, puis, tout au long de sa vie, aux découvertes des propriétés alors extraordinaires des ferro-nickels ou des alliages plus complexes de la même famille.

La découverte de l'invar a été maintes fois narrée. C'est Benoit qui, le premier, trouva, pour la dilatabilité d'une tige d'acier au nickel, une valeur jugée anormale ; elle était nettement plus élevée que celle des métaux constituants ; une anomalie dans ce

sens n'avait guère d'intérêt pour la métrologie. Un de ces hasards heureux qui ne favorisent que ceux qui en sont dignes, mit Guillaume sur la voie de son vaste champ de recherches : une tige d'acier, contenant 30% de nickel, lui révélait une dilatabilité, cette fois, bien inférieure à celle des métaux constituants. Il restait à explorer toute la série de ces alliages suivant les proportions.

Cette recherche fut la préoccupation constante de Guillaume. Chaque fois que ses autres travaux métrologiques ou la direction du Bureau lui en laissaient le temps, il entreprenait l'étude de quelques aspects particuliers de l'un de ces alliages ou d'une propriété commune à tous. C'est ainsi qu'il étudia la question de la stabilité, si importante pour les applications à la métrologie et aux industries de précision. Les actions de différentes additions métallurgiques : manganèse, chrome, carbone, cuivre, etc., ont été mises en évidence. Quand on songe que ces études portaient sur toute la gamme des aciers au nickel dans leurs différents états : recuit, étiré, trempé, etc. et sur toutes leurs propriétés métrologiques principales : dilatabilité, magnétisme, élasticité, stabilité, thermoélasticité, on comprend mieux qu'il ait fallu pour les alimenter plusieurs centaines d'éprouvettes et un nombre presque égal de coulées, exécutées et analysées avec le plus grand soin par la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

Guillaume reconnut bien vite que la dilatabilité exceptionnellement faible de l'invar ne s'étendait qu'à un domaine restreint de température. Au delà de 100° l'invar reprend une dilatabilité de plus en plus forte qui ne tarde pas à rejoindre, et même dépasser, celle de ses constituants. Le champ des applications de l'invar n'en reste pas moins considérable ; une des premières en date est celle que les horlogers en firent aux pendules astronomiques.

Le seul fait de pouvoir tracer les courbes représentant les coefficients de dilatation en fonction du titre de l'alliage mettait Guillaume en possession de métaux nouveaux, dont il vit aussitôt l'utilité pratique.

C'est l'alliage à 42% de nickel qui possède la dilatation du verre et peut se souder avec lui ; Guillaume disait, avec un légitime orgueil, toute l'immense valeur du platine économisé par son emploi dans les millions de lampes à incandescence.

L'alliage à 58% de nickel a la dilatation de l'acier, mais possède une grande résistance à l'oxydation ; il est utilisé pour la constitution de certains étalons de longueur.

Celui qui contient 38 % de nickel présente, dans un intervalle restreint il est vrai, une dilatabilité qui diminue lorsque la température augmente. Avec une rare perspicacité, Guillaume tira parti de cette propriété pour supprimer dans les chronomètres une cause de variation dite « erreur secondaire », qui fait que l'instrument, parfaitement réglé à deux températures, avance si on le maintient à une température intermédiaire.

Parmi les alliages plus complexes, mis au point par Guillaume, il ne faut pas manquer de mentionner l'élinvar, aboutissement d'une recherche systématique, dont le point de départ fut cette observation d'un horloger neuchâtelois, Paul Perret, qui, ayant muni une montre d'un spiral en invar, constata que, contrairement à ce qui se passait avec tous les métaux alors connus, l'invar avait un coefficient thermoélastique positif. En diluant cette anomalie au moyen d'additions judicieuses, Guillaume a obtenu un alliage à coefficient thermoélastique nul.

Après l'horlogerie, la géodésie est une des premières branches qui ont bénéficié de l'emploi des nouveaux alliages. Dans ce domaine encore, Guillaume découvrit, au moment opportun, le métal qui manquait. Un géodésien suédois, Jäderin, avait eu l'idée d'utiliser des fils tendus sous un effort constant comme étalons pour la mesure des bases. Les avantages de la méthode résidaient surtout dans sa rusticité et la rapidité des opérations qu'elle permettait. Mais la précision était fort inférieure à celle de la méthode classique de la règle ; malgré l'emploi simultané de fils de dilatabilité différentes, en acier et en laiton, selon le principe indiqué par Borda, la température restait un élément dont il était difficile d'apprécier exactement les effets. L'utilisation des fils en invar répondit à l'objection : les mesures devenaient pratiquement indépendantes de la température, si mal connue dans des expériences faites en plein air. Benoit et Guillaume s'attachèrent alors à codifier la technique des fils, à créer un matériel de campagne, à réfuter les objections opposées à la nouvelle méthode et à corriger les erreurs que l'emploi d'étalons aussi vulnérables pouvait entraîner. Une démonstration très remarquée de la méthode fut faite avec Guillaume lui-même, par la mesure d'une base dans le tunnel du Simplon en 1905. La précision atteinte était égale à celle des anciennes méthodes, alors que la rapidité et la facilité des mesures étaient incomparablement plus élevées. Aujourd'hui, les fils géodésiques en invar sont exclusivement utilisés dans les opérations de haute précision.

Dès l'origine, avait été inscrite au programme des travaux du Bureau International la détermination de la masse du décimètre cube d'eau. Depuis Lefèvre-Gineau et Fabbroni, cette mesure avait été effectuée à différentes reprises au cours du XIX^e siècle, et les résultats, fort discordants, témoignaient de sa difficulté. Ce n'est qu'après avoir terminé la longue série des travaux nécessités par la création des nouveaux prototypes que le Bureau put entreprendre cette étude. Guillaume fut chargé d'utiliser la méthode des contacts, qui consiste à déterminer les dimensions géométriques d'un corps par l'usage de palpeurs appropriés. Il créa les appareils, les perfectionna peu à peu et recommença patiemment les mesures qui ne donnaient pas entière satisfaction. Il obtint finalement un résultat extrêmement voisin de ceux auxquels étaient arrivés Chappuis d'une part, Macé de Lépinay, Buisson et Benoît d'autre part, en utilisant les méthodes interférentielles, sensiblement plus précises.

Armé de l'appareil à palpeurs ainsi établi, Guillaume se trouva encore bien placé pour entreprendre la première détermination des étalons industriels de longueur, que la Section technique de l'Artillerie, à Paris, créa vers la fin du XIX^e siècle, dans un but d'unification précise des constructions mécaniques.

Charles-Édouard Guillaume s'était fait l'apôtre du Système Métrique. Conscient des bienfaits qu'apporterait aux nations britannique et américaine la réforme si délicate à accomplir de leur système de mesure, différent de celui du reste du monde, il était en rapports constants avec toutes les personnalités de ces pays, favorables à la réforme, et ne manquait pas de les aider de ses conseils et de stimuler leur action. A chaque Conférence Générale, tous les six ans, il présentait les « Récents Progrès du Système Métrique » qui enregistraient fidèlement l'avance réalisée dans l'intervalle. Est-il besoin de relater que c'est à son initiative que l'on doit le « carat métrique », d'une valeur de 2 décigrammes, qui fut accepté d'office par tous les bijoutiers et négociants en pierres précieuses, alors que des dizaines d'années eussent été certainement nécessaires pour l'introduction dans cette branche du commerce des sous-multiples du gramme.

Nous ne devons pas non plus passer sous silence ce que lui doit le Bureau International des Poids et Mesures pour les ressources exceptionnelles et indispensables qu'il sut trouver aux heures critiques de son histoire. La prudente gestion de René Benoît avait lentement constitué des réserves qui avaient permis à

L'Institut international de subsister pendant les années de la précédente guerre pour reprendre, aussitôt après, son activité ; mais c'est bien grâce à Charles-Édouard Guillaume que, après amenuisement de ces réserves, purent être franchies les années de la dévaluation initiale, dans lesquelles, en attendant la réunion de l'assemblée habilitée pour augmenter les contributions des États, le budget total du Bureau restait figé en francs français à la dotation dérisoire d'avant-guerre. Les démarches pressantes de Guillaume, les relations qu'il possédait dans tous les milieux lui permirent de recueillir les sommes indispensables. C'est encore Guillaume qui put obtenir, de la Fondation Rockefeller, la subvention sans laquelle les nouveaux bâtiments, nécessaires à l'extension de notre observatoire, n'auraient pu être édifiés.

Éloquent, spirituel, doué d'une mémoire très sûre, Charles-Édouard Guillaume était un conférencier hors ligne ; il parlait sans note, tantôt d'abondance, tantôt d'après un texte, qu'il lui suffisait d'avoir rédigé pour pouvoir, non le réciter d'une façon banale, mais bien le dire de sa voix prenante et si apte à en faire ressortir toutes les finesses.

D'un accueil souriant et bienveillant, d'une conversation séduisante, bourrée d'anecdotes, parfois légères, parfois mordantes, mais toujours amusantes, d'une verve intarissable, Guillaume était un charmeur, dont tous ceux qui l'ont approché ont gardé un souvenir inoubliable.

Il possédait une grande connaissance des hommes, dont Hirsch lui avait inculqué les premiers éléments, et qu'il avait développée progressivement au cours de sa carrière. Cette connaissance, il la mettait constamment au service de l'Institution Métrique, dans les contacts fréquents que le Directeur doit avoir avec les diplomates des délégations des divers pays, et où il est bien obligé de se révéler un peu diplomate lui-même. Guillaume excellait dans ce genre d'entretien, qui lui avait valu quelques relations intimes avec les Ambassadeurs ou Ministres des pays signataires de la Convention du Mètre.

Les Sociétés savantes du monde entier tinrent à inscrire Charles-Édouard Guillaume parmi leurs membres. Il était, en particulier, Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, aux séances de laquelle il assistait chaque semaine ; et il appréciait, tout spécialement, l'honneur d'avoir été le seul étranger élu Président de la Société Française de Physique.

Le couronnement de cette belle carrière fut le Prix Nobel de

Physique, qui lui fut décerné en 1920, et dont, suivant ses propres paroles, « le vif éclat rejaillit sur le Bureau International, et sur la Métrologie tout entière ».

Il était Grand Officier de la Légion d'Honneur de France et haut dignitaire de très nombreux ordres étrangers.

Profondément attaché à l'Institution à laquelle il avait consacré son existence, ce ne fut qu'avec un réel déchirement qu'il dut la quitter en 1936, quand sa santé déclina. Incapable de s'en séparer tout à fait, il établit sa retraite tout près, sur le versant opposé de la vallée de Sèvres, dans une villa, d'où il pouvait apercevoir encore les toitures du Pavillon et le faite de ses beaux arbres qu'il aimait à faire admirer.

C'est là qu'il rendit le dernier soupir, le 13 mai 1938. Des funérailles imposantes ont été célébrées par la ville de Fleurier qui l'avait vu naître, et où il repose maintenant.

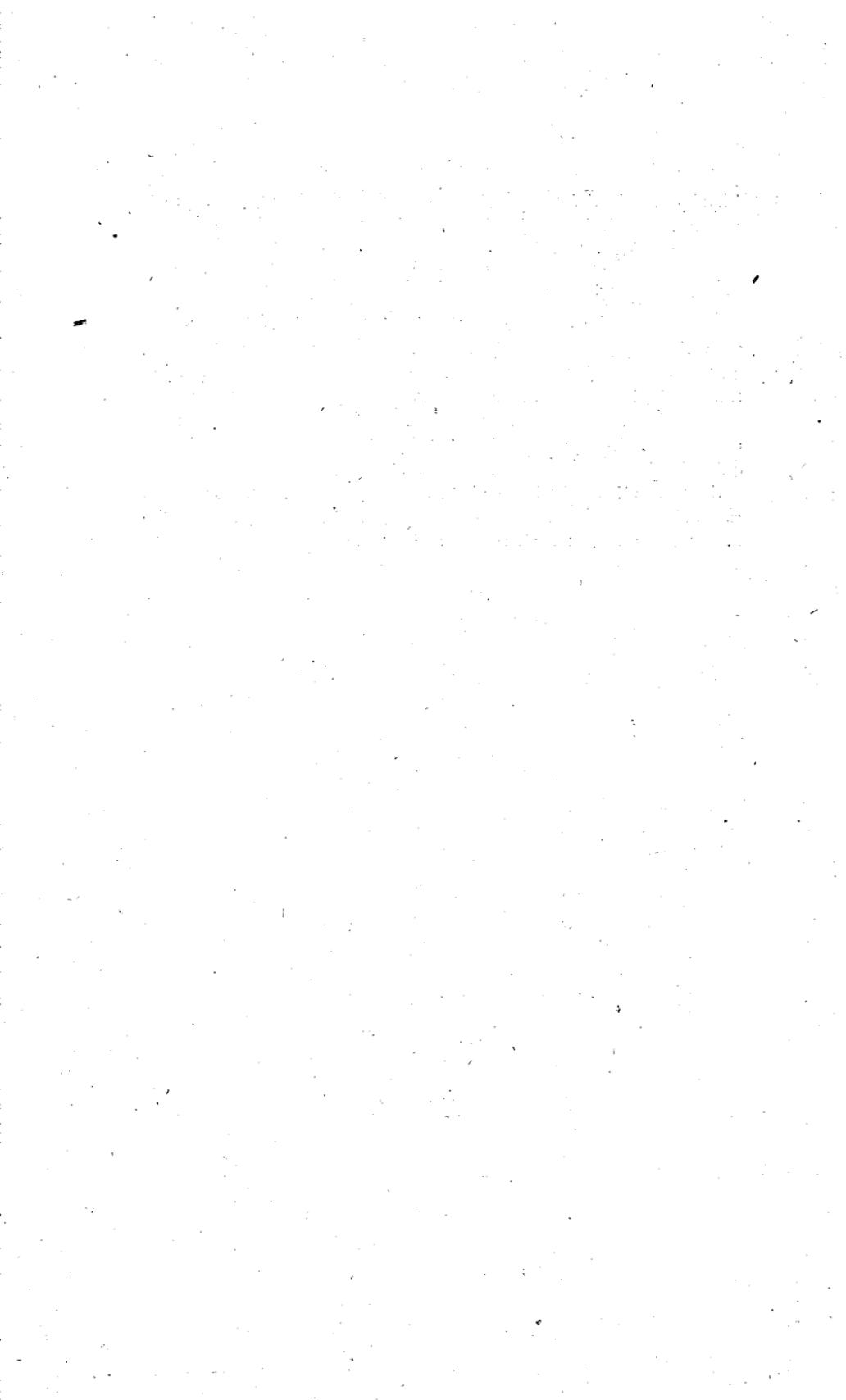


TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Liste des Membres du Comité International.....	V
Liste du personnel du Bureau.....	VII

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1945.

Procès-verbal de la première séance, mardi 13 novembre 1945	1-6
Ouverture de la session, et souhaits de bienvenue ..	1
Désignation du président de séance et du secrétaire.	1
Situation des Membres absents. Caractère officieux de la session.....	1-2
Présentation d'un Rapport succinct du Directeur du Bureau.....	2
<i>Contributions des États</i> (État des cotisations arriérées. — Subvention et avances consenties au Bureau).....	3
<i>Personnel du Bureau</i> (Avancements accordés et à accorder. — Relèvement possible des traitements; limite d'âge des enfants pour l'attribution des allocations familiales. — Question fiscale).....	3-4
<i>Budget pour 1946</i>	4
<i>Unités de lumière, de chaleur et d'électricité.</i> — (Propositions pour la fixation de la date de mise en vigueur des nouvelles unités. — Ajournement de toute décision relative à l'unité de chaleur. — Spécifications à établir pour les étalons électriques. — Bureau prêt pour la détermination des étalons d'électricité et de lumière)	4-5
<i>Comités Consultatifs.</i> — (Demande du Gouvernement Français relative au Conservatoire National des Arts et Métiers)	5

	Pages.
<i>Élections au Comité International.</i> — (Élections à prévoir).....	5
<i>Questions diverses.</i> — (Proposition d'un secours éventuel aux fonctionnaires du Bureau. — Dates à prévoir pour les prochaines réunions internationales. — Possibilité de fournir certains étalons aux Services nationaux).....	5-6
Procès-verbal de la deuxième séance, jeudi 15 novembre 1945	7-15
Approbation des rapports présentés par M. le Directeur dans la séance précédente.....	7-8
Autorisation d'accorder éventuellement des suppléments temporaires aux traitements et allocations familiales.....	8
<i>Contributions des États</i>	9-10
<i>Budget pour l'exercice 1946</i>	10
<i>Mesures en faveur des mobilisés</i>	11
<i>Allocations familiales.</i> — (Relèvement de la limite d'âge des enfants).....	11
<i>Question fiscale</i>	11
<i>Nomination de M. Romanowski au poste d'Adjoint.</i>	12
<i>Secours éventuel aux fonctionnaires du Bureau.</i> — (Approbation).....	12-13
<i>Date de mise en vigueur des nouvelles unités de lumière et d'électricité</i>	13
<i>Élections éventuelles de Membres du Comité</i>	13-14
<i>Dates des prochaines réunions internationales</i>	14
<i>Questions diverses.</i> — (Le Conservatoire National des Arts et Métiers devient le Laboratoire national français de Métrologie. — Adhésion possible du Congo Belge et de certaines colonies françaises à la Convention du Mètre).....	14-15

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1946.

Procès-verbal de la première séance, mardi 22 octobre 1946	17-101
Ouverture de la session, et souhaits de bienvenue...	17

	Pages.
Élection de M. Sears Président jusqu'à la session suivante et de M. Dehalu Secrétaire à titre définitif.	17-18
Hommage rendu à la mémoire de MM. Cabrera, Fabry, Isaachsen, Kennelly, Volterra, Zeeman.....	18
RAPPORT PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR SUR LA GESTION DU BUREAU PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE LE 1^{er} SEPTEMBRE 1939 ET LE 31 AOUT 1946.....	19-97
Difficultés rencontrées par le Bureau pendant la guerre.	19
Hommage rendu à la mémoire des Membres du Comité décédés.....	19
Souhaits de bienvenue aux nouveaux Membres.....	20
Session officieuse du Comité en 1945 (Avancement du personnel du Bureau. — Avances consenties au Bureau. — Dommages de guerre. — Protection du caveau des prototypes. — Reconstitution des Comités Consultatifs. — Vote du budget pour 1946. — Situation financière du Bureau. — Bâtiments, laboratoires, ateliers. — Caisse de retraites. — Versements des États).....	20-25
I. — Personnel. — Titularisation de M. N. Cabrera. — M. Girard est engagé comme calculateur. — Engagement de MM. Diaz et Souriman comme gardiens, en remplacement de MM. Leveugle et Gillon, retraités. — Décès de M. Roux. — Avancement du personnel scientifique.....	25-27
II. — Bâtiments. — Protection du caveau des prototypes contre les bombardements. — Remplacement d'une chaudière. — Installation nouvelle pour l'étuvage des fils. — Réfection des toitures. — Programme de travaux à exécuter. — Dommages de guerre.....	27-29
III. — Machines et Instruments	29-44
Prototypes.....	29
Longueurs à traits.....	30
Comparateur Brunner. Petit comparateur à étalonnage.	31
Base géodésique.....	32
Machine à diviser.....	33
Petite lunette astronomique.....	33
Métallisation des miroirs.....	33
Interférométrie.....	34
Appareil Fizeau.....	35
Masses.....	35
Instruments électriques (Instruments nouveaux. — Instruments anciens).....	35

	Pages.
Photométrie (Assèchement. — Banc photométrique et accessoires. — Photomètre à photopile. — Sphère d'Ulbricht. — Brillancemètre. — Secteur photométrique tournant — Appareils de mesure électriques. — Étalons. — Appareil pour l'étude des lames semi-transparentes. — Amplificateur photoélectrique. — Aménagement de la salle 15 S. — Monochromateur double)	38
Thermomètres et baromètres	42
Contrôle des alignements.....	43
Accumulateurs.....	43
Oùillage.....	43
 IV. — <i>Travaux</i>	 44-90
Prototypes	44
Précision des pointés.....	45
Longueurs diverses.....	47
Mesures de dilatation.....	49
Étude des alliages	50
Étude des fils géodésiques.....	51
Interférences lumineuses.....	54
Métallisation des surfaces.....	58
Masses.....	59
Accélération de la pesanteur.....	62
Thermométrie à mercure (Thermomètres en quartz fondu. — Point zéro de l'échelle thermométrique. — Études diverses).....	63
Mesures électriques (Travaux sur les étalons. — Travaux sur les instruments de mesure. — Étalonnages. — Étude de l'alliage or-chrome. — Expériences exécutées au Laboratoire Central des Industries Électriques. — Études théoriques).....	66
Photométrie (Comparaison des étalons d'intensité lumineuse. — Études sur la précision de la photométrie visuelle. — Équation personnelle. — Photométrie par photopile. — Mesures des températures de couleur. — Études sur les étalons d'intensité lumineuse. — Mesures de flux. — Monochromateurs).....	71
Divers (Conférences au Bureau International. — Publications du Bureau. — Publications extérieures).....	78
Liste des Certificats et Notes d'étude.....	85
 V. — <i>Comptes</i>	 91-97
1. Fonds disponibles. — 2. Fonds de réserve. —	
3. Caisse de retraites.....	91
Bilan.....	92

	Pages.
Mouvements des valeurs. — Fluctuations des devises monétaires	94
Tableaux résumant le compte « Fonds disponibles »....	95
Approbation du Rapport précédent.....	97
Résolution concernant l'ouverture du caveau pour y remettre le prototype international du Kilogrammè.	97
Constitution des Commissions.....	98
Confirmation des résolutions prises dans la session officieuse de 1945.....	98
Ratification de la nomination de M. Romanowski comme Adjoint.....	98
Ajournement d'élections au Comité et de la reconstitution de la Commission Administrative.....	98
Pouvoirs donnés à M. Louis de Broglie pour les formalités bancaires	99
Subvention offerte par l'UNESCO.....	99
Question du changement des unités.....	99
Discussion sur l'unité de force.....	100
Reconstitution des Comités Consultatifs	100
Décision relative au Conservatoire National des Arts et Métiers, laboratoire national français de Métrologie.....	100
Échange de vues sur la désignation de spécialistes à nommer aux Comités Consultatifs.....	101
Procès-verbal de la deuxième séance, samedi 26 octobre 1946.....	102-125
Visite au Dépôt des prototypes.....	102
Procès-verbal de la visite du Dépôt des Prototypes.	103
Protection du caveau laissée en l'état actuel.....	104
Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux (Progrès réalisés dans le tracé et la comparaison des étalons de longueur. — Projet de mesure de l'intensité de la pesanteur. — Comparaisons entre le Kilogramme international et ses témoins. — Nettoyage des poids. — Projet de modification de la base géodésique. — Conservation des unités électriques. — Installations photométriques. — Étude de la règle T ₁ . — Thermomètre à mercure en quartz fondu. — Point triple de l'eau. — Nouvelle méthode de comparaison des étalons interférentiels. — Projet de mesure des fils géodésiques par	

les interférences. — Obtention des couches métalliques minces. — Stabilité des plans en invar et élinvar. — Étude sur les radiations du cæsium, du zinc et du thallium. — Discussion sur l'adoption d'une longueur d'onde comme étalon de longueur. — Projet, non accepté, de la détermination de la vitesse de la lumière. ² Priorité à accorder aux travaux de métrologie pure et de coordination internationale). Approbation du Rapport.....	104-110
Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (Approbation des comptes).....	110
Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (Situation des paiements des contributions. — Répartition de la contribution du Japon et du Siam. — Tableau des parts contributives. — Résolution relative à l'effcience de la clause-or. — Contribution d'entrée dans la Convention du Mètre ramenée à trois annuités. — Approbation de la remise en état des bâtiments, du projet de budget pour 1947 et 1948, des dispositions et avancements concernant le personnel du Bureau).	111-116
Troisième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (Nomination éventuelle d'un sous-directeur, et, à titre provisoire, d'un troisième adjoint. — Engagement, à prévoir, d'un calculateur).....	116-117
Approbation de ces trois Rapports.....	117
Nomination de M. Volet comme sous-directeur et de M. Terrien comme troisième adjoint.....	117
Réélection de M. Lombardi au Comité Consultatif d'Électricité, et de MM. Bordoni, Pirani et Zwikker au Comité Consultatif de Photométrie.....	117
Élection de MM. Perucca, Swietoslawski et Timmermans au Comité Consultatif de Thermométrie....	118
Question de l'unité de chaleur laissée en suspens....	118
Date d'introduction de la « bougie nouvelle » dans les législations.....	118
Résolution concernant le changement des unités photométriques.....	119
Approbation de cette Résolution.....	122
Discussion sur l'attribution d'un symbole à la nouvelle unité lumineuse.....	123
Échange de vues sur la prochaine réunion du Comité International.....	123
Dotation du Bureau.....	123

Résolution concernant l'augmentation de la dotation.	124
Procès-verbal de la troisième séance, mardi 29 octobre 1946	126-139
Discussion sur la date d'entrée en vigueur des unités électriques absolues.....	126
Résolutions concernant le changement des unités électriques (Substitution définitive des unités électriques absolues au système international. — Continuité historique du système. — Considérations générales. — Grandeurs théoriques des unités. — Objet des définitions. — Étalons matériels. — Étalons de référence internationaux. — Étalons de référence nationaux. — Rapport entre les unités absolues et les unités du système international),	
Recommandation et Annexe à la Résolution 1.....	129
Échange de vues sur ces Résolutions.....	137
Nom de « newton » à donner à l'unité de force M.K.S.	137
Acceptation des subventions de l'UNESCO.....	138
Adhésions ultérieures à la Convention du Mètre....	138
Clôture de la session.....	139
Annexes des Procès-Verbaux des séances de 1945 et 1946	140-203
N° 1. <i>Lettre du Ministère des Affaires Étrangères de France</i> (laboratoire français de Métrologie).	140
N° 2. <i>Correspondance échangée au sujet des changements d'unités</i>	142-170
Lettre adressée par le Directeur du Bureau International aux Membres du Comité Consultatif de Photométrie.....	142
Lettre adressée par le Directeur du Bureau International aux Membres du Comité Consultatif d'Électricité.....	144
Lettre du Professeur Pirani.....	146
Lettre du Professeur Zwikker.....	147
Lettre du Directeur du National Bureau of Standards.....	147
Lettre du Directeur du National Physical Laboratory.....	148

	Pages.
Lettre du Directeur du National Bureau of Standards.....	149
Lettre du Président de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.....	151
Extrait d'une lettre du Directeur du Bureau International au Directeur du National Bureau of Standards.....	152
Lettre du Directeur du National Bureau of Standards.....	153
Propositions du National Bureau of Standards concernant l'introduction dans l'usage pratique des unités électriques absolues.....	156
Lettre du Directeur de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.....	159
Lettre du Directeur du National Physical Laboratory.....	159
Observations du National Physical Laboratory sur une lettre du National Bureau of Standards.....	160
Extrait d'une lettre de M. Lombardi.....	162
Lettre du Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.....	163
Lettre de M. Jouaust au Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.....	164
Note du Bureau Fédéral des Poids et Mesures.....	165
Lettre du D ^r W. Kösters.....	166
Résumé du Mémoire sur l'introduction de nouvelles unités électriques, établi par M. H. von Steinwehr.....	167
N° 3. <i>Note sur l'efficacité de quelques procédés de nettoyage des poids en platine iridié; par A. Bonhoure.....</i>	171
N° 4. <i>Conservation des unités électriques au Bureau International pendant les années 1939 à 1946; par M. Romanowski.....</i>	179
N° 5. <i>Note sur l'obtention des couches minces par évaporation dans le vide; par N. Cabrera et J. Terrien.....</i>	191

	Pages.
Notices nécrologiques	206-227
Vito Volterra; <i>par M. G. Cassinis</i>	206
Arthur Edwin Kennelly; <i>par M. E. C. Crittenden</i> ..	209
Charles Fabry; <i>par M. Louis de Broglie</i>	212
Pieter Zeeman; <i>par M. W. J. de Haas</i>	216
Blas Cabrera; <i>par M. Manne Siegbahn</i>	219
Charles-Édouard Guillaume; <i>par MM. A. Pérard et Ch. Volet</i>	221
TABLE DES MATIÈRES	229

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

