

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

---

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME XVIII.

---

SESSION DE 1937.

---



PARIS

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

LIBRAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

55, Quai des Grands-Augustins, 55

---

1937

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 351

LECTURE 1

MECHANICS

1.1. Kinematics

1.2. Dynamics

1.3. Energy

1.4. Momentum

1.5. Angular momentum

1.6. Oscillations

1.7. Relativity

1.8. Quantum mechanics

1.9. Statistical mechanics

1.10. Thermodynamics

1.11. Electrodynamics

1.12. Optics

1.13. Atomic physics

1.14. Nuclear physics

1.15. Particle physics

1.16. Cosmology

1.17. Astrophysics

---

# LISTE DES MEMBRES

DU

## COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 30 JUIN 1937.

---

*Président :*

1. M. V. VOLTERRA, Sénateur du Royaume d'Italie, 17, via in Lucina, *Rome*.

*Secrétaire :*

2. M. B. CABRERA, Professeur à l'Université de Madrid, R. Serrano, 155, *Madrid*.

*Membres :*

3. M. M. CHATELAIN, Professeur à l'École supérieure d'Électromécanique, *Sosnowka*, près de *Leningrad*.
4. M. M. DEHALU, Administrateur-Inspecteur de l'Université, Directeur de l'Observatoire, *Liège*.
5. M. CH. FABRY, Membre de l'Institut de France et du Bureau des Longitudes, Professeur honoraire à la Sorbonne et à l'École Polytechnique, Directeur de l'Institut d'Optique théorique et appliquée, 3 et 5, boulevard Pasteur, *Paris (15<sup>e</sup>)*
6. M. D. ISAACHSEN, Directeur honoraire du Service des Poids et Mesures de Norvège, Nobels gt, 29, *Oslo*, 24.

7. M. E. S. JOHANSEN, Professeur à l'Ecole Polytechnique, 1, Hejlsmindevej, Charlottenlund, *Copenhague*.
8. M. C. KARGATCHIN, Directeur au Ministère du Commerce du Royaume de Yougoslavie, 3, Obilitchev Venac, *Belgrade*.
9. M. A. E. KENNELLY, Professeur à l'Université Harvard, Pierce Hall, *Cambridge, Mass., U. S. A.*
10. M. W. KÖSTERS, Directeur de l'Abteilung I (Poids et Mesures) de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 27-28, Werner Siemensstrasse, *Berlin-Charlottenburg*.
11. M. H. NAGAOKA, Institut de recherches physiques et chimiques, Komagome, Hongo-ku, *Tokio*.
12. M. Z. RAUSZER, Directeur du Bureau National des Mesures, Elektoralna, 2, *Varsovie*.
13. M. C. M. ROŠ, Professeur à l'Ecole Polytechnique fédérale, Chef de la Station d'essai des Matériaux, Leonhardstrasse, 27, *Zurich*.
14. M. J. E. SEARS, Superintendant de la Section de Métrologie du National Physical Laboratory, *Teddington, Middlesex*.
15. M. C. STATESCU, Directeur général du Service des Poids et Mesures de Roumanie, 42, Strada Benito Mussolini, *Bucarest, III*.
16. M. P. ZEEMAN, Professeur à l'Université, 158, Stadhouderskade, *Amsterdam*.
17. M. A. PÉRARD, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

*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 JUIN 1937.

---

MM.	
Directeur.....	A. PÉRARD.
Adjoints.....	{ CH. VOLET. A. BONHOURE.
Archiviste-comptable.....	G. MINAULT.
Assistants.....	{ M. ROMANOWSKI. M. ROUX. J. TERRIEN. H. MOREAU. N. CABRERA (à titre provisoire).
Secrétaires-dactylographes.	{ M <sup>me</sup> C. BABOLAT. M <sup>me</sup> G. BROCHARD.
Calculateurs.....	{ P. CHEMIDLIN. G. PERONNO.
Mécaniciens.....	{ R. HANOCQ. R. MICHARD.

*Membres honoraires :*

Directeur honoraire.....	CH.-ÉD. GUILLAUME.
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 DE 1937.

---

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Mercredi 23 juin 1937.

PRÉSIDENTE DE M. V. VOLTERRA.

---

Sont présents : MM. CABRERA, DEHALU, FABRY, ISAACHSEN, KARGATCHIN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER, SEARS, STATESCU, ZEEMAN.

Assiste à la séance : M. CRITTENDEN.

Le quorum étant atteint, M. le PRÉSIDENT déclare la séance ouverte à 15<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>. Il souhaite la bienvenue aux membres présents, en particulier aux nouveaux venus, MM. DEHALU, FABRY et RAUSZER, qui apporteront certainement une aide utile et efficace à nos travaux. Il rappelle la perte considérable qu'a faite le Comité dans les personnes de MM. MAC LENNAN et Paul JANET, décédés depuis la dernière session, et les services éminents qu'ils ont rendus au Bureau. Les membres du Comité se lèvent

et observent quelques instants de silence pour honorer la mémoire des disparus.

M. le PRÉSIDENT a reçu une lettre de M. JOHANSEN, l'informant qu'à son grand regret il ne peut assister à la session, et lui donnant le pouvoir de voter en son nom, conformément à l'article 12 du règlement.

M. KENNELLY a également écrit que l'état de sa santé l'empêche actuellement de venir en Europe.

Enfin M. ROŠ s'est aussi excusé par télégramme de ne pouvoir se rendre à Paris.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour la lecture de son rapport sur la gestion du Bureau entre le 1<sup>er</sup> septembre 1935 et le 31 mai 1937.

M. B. CABRERA donne lecture du Rapport suivant :

**RAPPORT DU SECRÉTAIRE**  
**DU COMITÉ**  
**ET DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE PERMANENTE**  
**SUR LA GESTION DU BUREAU**  
**ENTRE LE 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1935 ET LE 31 MAI 1937.**

---

Peu d'heures après la dernière réunion du Comité, le 9 octobre 1935, Sir J. C. Mac Lennan est décédé presque subitement. Entré au Comité en 1929, notre collègue en a été l'un des membres les plus fervents tant au sein du Comité même que dans sa Commission administrative. Son œuvre scientifique si vaste est bien connue de vous et son esprit pénétrant marquait chacune de ses interventions. Permettez-moi de rappeler ici la séance dans laquelle Sir Mac Lennan a proposé de combler la différence entre la masse du kilogramme d'après la définition primitive et la masse réelle du prototype en faisant intervenir dans l'eau une certaine teneur en eau lourde. On n'élimine point ainsi le léger écart commis dans la réalisation du prototype, mais on l'englobe avec élégance dans un phénomène que personne ne pouvait soupçonner à cette époque.

L'année 1936 a été particulièrement cruelle pour le Comité international des Poids et Mesures, deux des membres honoraires sont morts au cours de cette année :

M. L. de Bodola est décédé le 28 juin à Budapest. Élu au Comité en 1894, il en avait été le secrétaire de 1923 à 1927 et s'était retiré en 1929 pour raisons de santé. Il était professeur honoraire de l'École Polytechnique de Budapest.

Le 18 décembre, M. L. Torres y Quevedo mourait à Madrid, victime des privations imposées par la guerre civile. Ingénieur des Ponts et Chaussées, il faisait partie de l'Académie des Sciences de Madrid, dont il fut le président pendant six années. Il était aussi membre de l'Académie espagnole et associé étranger de l'Académie des Sciences de Paris.

Le 21 février 1937, notre Comité a souffert une perte irréparable en la personne de son membre français, M. Paul Janet. Éminent professeur d'électricité, directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité, notre regretté collègue a contribué puissamment au développement de cette branche de l'art de l'ingénieur en France. Membre, puis président des Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie, il a été l'âme de ces deux comités depuis leur création. Il faisait aussi partie de notre Commission administrative depuis son institution; et à ce titre il a été le promoteur de plusieurs des réformes récemment introduites dans l'administration du Bureau.

Après tous les regrets émus que nous venons d'accorder à la mémoire de nos anciens collègues, c'est pour nous un devoir agréable de souhaiter une cordiale bienvenue à M. Rauszer (Pologne), élu en remplacement de M. Posejpal, à M. Dehalu (Belgique), successeur de Sir J. C. Mac Lennan, et à M. Fabry, qui vient d'être élu pour succéder à M. Janet; leurs diverses activités viennent à point combler les vides qui s'étaient produits au sein de notre assemblée.

Lors de la dernière réunion du Comité, en octobre 1935, nous avons appris que M. Ch.-Ed. Guillaume, directeur du Bureau, prendrait sa retraite en 1936, et notre Président, M. Volta, a exprimé, en notre nom à tous, avec la sincérité et l'éloquence qui lui sont propres, nos sentiments d'affection et de regret. Mais notre Comité n'a pas voulu que le départ de M. Guillaume fût une séparation définitive, et l'a nommé directeur honoraire du Bureau, de sorte que nous pouvons encore l'avoir parmi nous.

D'autre part, son successeur, M. Pérard, n'est certes pas un nouveau venu : nous avons pu apprécier longuement, par la façon dont il a assumé les fonctions de sous-directeur, les mérites et les aptitudes qui ont entraîné l'unanimité au moment de sa nomination comme directeur. M. Pérard arrive à ce nouveau poste à une époque singulière de l'histoire du Bureau et il aura des occasions nombreuses de faire sentir son activité.

Entre la session du Comité d'octobre 1935 et celle de ce mois de juin 1937 la Commission administrative permanente s'est réunie d'abord du 13 au 15 octobre 1936, puis à nouveau juste avant la session actuelle, afin d'étudier les questions qu'elle doit soumettre à la décision du Comité.

Pendant sa réunion d'octobre 1936, et ainsi qu'elle y était autorisée par la décision du Comité en date du 8 octobre 1935,

elle a d'abord nommé M. Ch.-Ed. Guillaume directeur honoraire du Bureau, à dater du 22 octobre 1936, et M. A. Pérard directeur à la même date, sous réserve de la ratification du Comité. Elle a également fixé l'échelonnement du traitement de M. Pérard; comme directeur, depuis sa nomination jusqu'au moment de sa retraite. La transmission des pouvoirs de l'ancien au nouveau directeur a eu lieu le 22 octobre 1936; comme délégué par la Commission administrative, j'ai assisté à cette remise de service, ainsi qu'aux diverses opérations d'inventaire des valeurs et du matériel précieux du Bureau. Un rapport spécial sur cette transmission de pouvoirs, accompagné des procès-verbaux des diverses opérations, est présenté à la Commission administrative.

Après avoir ainsi réglé la question posée, par le départ de M. Guillaume, la Commission a continué l'étude du statut et du recrutement du personnel du Bureau. Elle a d'abord fixé des limites d'âge, qui diffèrent suivant les divers emplois et qui sont les suivantes :

Directeur, Sous-Directeur, Adjoint, Archiviste...	70 ans
Assistants.....	68 »
Calculateurs, Dactylographes.....	66 »
Mécaniciens, Garçons, Gardiens.....	64 »

D'autre part, en ce qui concerne le recrutement du personnel scientifique, la Commission considère comme un devoir essentiel de veiller de très près à ne choisir que des candidats qualifiés par leurs études et leurs travaux antérieurs. Il importe en effet de maintenir le bon renom du Bureau international des Poids et Mesures; depuis plus de cinquante ans des physiciens éminents ont travaillé dans notre Institut à créer et à perfectionner sans cesse des méthodes de très haute précision pour effectuer les comparaisons des unités de longueur et de masse, pour déterminer l'échelle des températures et quelques constantes fondamentales de la physique moderne. Ce prestige scientifique du Bureau, résultat de tant de labeurs, est aujourd'hui plus nécessaire que jamais, puisque le champ d'activité du Bureau a été étendu aux définitions et comparaisons d'autres unités physiques. Il est donc de notre devoir d'exercer une sélection assez sévère dans le recrutement du personnel scientifique. Mais pour pouvoir choisir, il faut d'abord avoir des candidats qualifiés, en nombre suffisant. Dans ce but, la Commission administrative a chargé le directeur d'envoyer à

tous les membres du Comité une circulaire leur demandant de provoquer dans leur entourage des candidatures répondant à son desiderata. Ce procédé à lui seul ne suffirait peut-être pas à atteindre le but poursuivi, mais d'autres mesures viendront le compléter. Pour la mise en œuvre de ces mesures, nous comptons avant tout sur les conseils et sur l'aide efficace des membres du Comité.

Sur ce même chapitre du personnel, je mentionne en passant qu'une décision a été prise fixant au 1<sup>er</sup> janvier 1931 l'ancienneté de M. Volet comme adjoint de 2<sup>e</sup> classe.

Au sujet du matériel scientifique du Bureau, et sur la proposition du Directeur, la Commission administrative a voté un crédit de 20000 à 25000 francs-or pour l'achat d'un mètre en alliage Johnson-Matthey, et un autre crédit de 12 à 13000 francs-or pour l'acquisition de 2 kilogrammes en platine iridié. Effectivement, le Bureau s'est rendu acquéreur en mars dernier du mètre n° 19, appartenant à l'Autriche. Pour avoir disponibles les fonds suffisants à ces achats, et conformément à la décision de la Commission, on a revendu le deuxième lingot d'or à la Banque de France.

L'examen des questions financières a retenu longuement l'attention de la Commission. En premier lieu, après avoir entendu un rapport du directeur sur la loi monétaire française du 2 octobre 1936, la Commission a eu à déterminer le nouveau coefficient permettant de passer du franc-or au franc français dévalué. Elle a accepté *provisoirement*, pour nouvelle valeur du franc français, celle qui correspond à la teneur en or maximum prévue par la loi, soit 49<sup>ms</sup> d'or au titre de 900 millièmes de fin, de sorte qu'un franc-or équivaut à 6,583 francs français. Ce coefficient est d'ailleurs celui qui a été choisi par la Banque de France pour la réévaluation de son encaisse-or. En second lieu, la Commission a décidé de placer en War Loan ou fonds anglais analogues les 600 £ figurant à l'avoir du Compte I au 31 décembre 1935. Effectivement, il a été acheté avec cette somme 550 £ de capital nominal War Loan. De même, la Commission avait décidé de transformer en titres suisses les 600 £ appartenant au Compte II. Des pourparlers ont été engagés à cet effet, mais pour des raisons d'opportunité, et suivant les avis donnés au Directeur par des conseillers financiers très avertis, il a paru préférable de surseoir pour le moment à cet achat.

La Commission a ensuite voté le budget de l'exercice 1937,

donné en détail par la Première Partie du Rapport annuel financier et qui est reproduit ci-dessous.

**RECETTES PRÉVUES.**

	Francs-or.
Contributions des États.....	166 400
Intérêts des Titres et des Fonds :	
du Compte I.....	4 800
du Compte II.....	900
Deux tiers des Taxes de vérification.....	2 000
Total.....	<u>174 100</u>

**DÉPENSES PRÉVUES.**

**A. Personnel :**

Directeur.....	16 000
Adjoints (indemnité de logement comprise)....	19 920
Assistants, Archiviste-comptable, Calculateurs, Dactylographes, Mécaniciens, Garçons de bureau et de laboratoire.....	49 780
Indemnités pour charges de famille.....	2 300

B. *Indemnité du Secrétaire*..... 3 000

**C. Frais généraux d'administration :**

Entretien des bâtiments, travaux urgents de réparation.....	15 000
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	15 000
Frais de chauffage, éclairage et force motrice...	8 000
Primes d'assurance.....	2 000
Bibliothèque.....	2 000
Frais d'impressions et de publications.....	7 000
Frais de bureau et de secrétariat.....	3 500
Déplacements.....	2 000
Frais divers et imprévus.....	12 600
Versement à la Caisse de retraites pour reconstitution de la réserve.....	<u>16 000</u>
Total.....	<u>174 100</u>

La Seconde Partie de ce Rapport, que vous avez entre les mains, présente de façon complète les résultats de l'exercice 1936 et la situation à la date du 31 décembre 1936. Le tableau ci-après, qui donne l'actif du Bureau au 1<sup>er</sup> janvier 1936, 1<sup>er</sup> janvier 1937 et 1<sup>er</sup> juin 1937, permet de porter une appréciation sur la situation financière :

*Actifs du Bureau.*

	Au 1 <sup>er</sup> janvier 1936 (francs-or).	Au 1 <sup>er</sup> janvier 1937 (francs-or).	Au 1 <sup>er</sup> juin 1937 (francs-or).
Fonds disponibles . .	181 233,12	183 114,37	223 663,89
Fonds de réserve . . .	89 972,19	87 660,71	62 717,68
Caisse de Retraites .	22 562,59	26 924,45	20 557,19
Total . . .	<u>293 767,90</u>	<u>297 699,53</u>	<u>306 938,76</u>

L'examen de ces chiffres montre que la situation reste satisfaisante, malgré la perte résultant de la dévaluation du franc français et du franc suisse, survenue en octobre 1936. Toutefois la hausse rapide des prix en France, principalement pour tout ce qui concerne les travaux de bâtiment et le matériel scientifique, hausse qui déborde largement la baisse par dévaluation du franc français, doit retenir l'attention. Et nous sommes conduits à considérer comme une nécessité le maintien de la dotation annuelle du Bureau international au chiffre minimum de 150 000 francs-or.

La Deuxième Partie du Rapport Annuel contient un Chapitre spécial relatif à cette dévaluation ; je me contenterai de signaler que grâce à la judicieuse répartition de l'avoir du Bureau, la perte est relativement peu importante, puisque l'estimation la plus sévère la fixe à moins de 10 % de l'avoir du 1<sup>er</sup> octobre 1936.

Il y a lieu de mentionner que l'achat du mètre n° 19 de l'Autriche, réalisé en mars 1937, a diminué le fonds de réserve de 24 943 francs-or.

D'autre part, la Caisse de Retraites doit faire face à des charges nouvelles du fait de la retraite de MM. Ch.-Ed. Guillaume et L. Reverchon. Il en résulte une augmentation de dépenses annuelles de 13 116,79 francs-or.

Les versements des États sont effectués régulièrement. On peut remarquer que le total des sommes restant dues au Bureau en fin d'année sur les contributions des exercices écoulés va en diminuant chaque année.

VERSEMENTS DES ÉTATS (1932-1936).

ÉTATS.	CONTRIBUTIONS. (en francs-or).		DATES DES VERSEMENTS.				
	1932-1933.	1934-1936.	1932.	1933.	1934.	1935.	1936.
1. Allemagne.....	15 437	14 311	X 32	X 33	III 35	XII 35	XII 36
2. États-Unis d'Amérique..	22 500	22 500	XII 31	IX 32	XI 34	I 35	I 36
3. République Argentine..	1 998	2 619	IX 32	IV 34	II 35	VI 36	IX 36
4. Autriche.....	1 554	1 539	IV 32	V 33	IV 34	III 35	IV 36
5. Belgique.....	1 920	1 856	XI 32	X 33	XII 34	X 35	VII 36
6. Bulgarie.....	1 232	1 256	X 33	XII 33	VII 36	—	VIII 36
7. Canada.....	2 120	2 379	I 33	VI 33	VIII 35	III 35	IV 36
8. Chili.....	1 016	983	—	III 35	III 35	III 36	III 36
9. Danemark.....	750	750	I 32	III 33	II 34	XII 34	II 36
10. Espagne.....	5 259	4 956	X 33	XII 33	IV 34	VI 36	—
11. Finlande.....	750	750	II 32	III 33	III 34	X 35	IV 36
12. France.....	11 501	11 076	XII 32	II 34	XII 34	III 35	III 36
13. Grande-Bretagne.....	10 881	10 361	III 32	IV 33	III 34	II 35	III 36
14. Hongrie.....	1 775	1 991	VI 32	VI 33	VII 34	V 35	VI 36
15. Irlande.....	750	750	VIII 32	IV 33	IV 34	IV 35	III 36
16. Italie.....	9 264	9 454	II 32	IV 33	V 34	III 35	V 36
17. Japon.....	19 737	20 441	V 32	V 33	IV 34	VI 35	IV 36
18. Mexique.....	3 832	3 762	IX 32	V 33	VI 34	III 35	IV 36
19. Norvège.....	750	750	VIII 32	VIII 33	VIII 34	VII 35	VIII 36
20. Pays-Bas.....	1 933	1 820	IX 32	VIII 33	VI 34	VII 35	VIII 36
21. Pérou.....	1 157	1 409	IV 33	IV 33	XII 34	I 36	—
22. Pologne.....	6 893	7 321	X 32	VIII 33	VII 34	VII 35	VI 36
23. Portugal.....	1 511	1 300	XII 34	XII 34	IV 34	XI 35	IV 36
24. Roumanie.....	4 122	4 133	IV 33	IV 34	VIII 35	XII 36*	XII 36*
25. Siam.....	2 189	2 638	XI 32	V 33	VI 34	IV 35	IV 36
26. Suède.....	1 465	1 409	VI 32	III 34	XII 34	XII 35	II 36
27. Suisse.....	983	932	I 32	II 34	III 35	III 35	II 36
28. Tchécoslovaquie.....	3 296	3 377	IV 32	IV 33	VI 34	II 35	III 36
29. Turquie.....	3 132	3 152	(non contractant)	V 33	III 35	V 35	—
30. U. R. S. S.....	22 500	22 500	VI 32	IX 33	VI 34	V 35	V 36
31. Uruguay.....	750	750	X 33	I 36	I 36	XII 36	XII 36*
32. Yougoslavie.....	3 047	3 195	VI 32	II 34	VIII 34	X 35	XII 36

\* L'astérisque indique un versement partiel.

Suivant l'usage, je donne ci-contre le tableau des Versements des États au cours des cinq dernières années.

En dehors de la session de la Commission administrative permanente, du 13 au 15 octobre 1936, que nous avons citée plus haut, aucune des Assemblées consultatives adjointes au Comité international des Poids et Mesures ne s'est réunie avant les premiers jours du mois de juin 1937.

M. le PRÉSIDENT demande au Comité de ratifier la nomination comme directeur de M. A. PÉRARD, qui, en qualité de sous-directeur, s'est initié depuis longtemps à sa tâche et a déjà fait sentir si heureusement son influence sur la marche du Bureau.

Le Comité prononce cette ratification à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT félicite M. PÉRARD, qui remercie et assure le Comité de son entier dévouement et de son désir de suivre les traces de ses prédécesseurs.

M. le PRÉSIDENT signale que M. GUILLAUME est actuellement absent de Paris, mais ne cesse de s'intéresser aux travaux du Bureau. Il propose au Comité de lui envoyer un télégramme de souvenir et de sympathie.

Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT : L'ordre du jour appelle le Rapport de M. le Directeur sur la gestion du Bureau du 1<sup>er</sup> octobre 1935 au 31 mai 1937.

M. PÉRARD donne lecture du Rapport suivant :

RAPPORT  
PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR  
SUR LA GESTION DU BUREAU

PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE  
ENTRE LE 1<sup>er</sup> OCTOBRE 1935 ET LE 31 MAI 1937.

---

I. — PERSONNEL.

Nous avons appris récemment le décès, survenu à Berlin, du Dr. Max Thiesen, qui avait été Adjoint du Bureau de 1883 à 1889, et dont les études sur les kilogrammes prototypes forment deux tomes des Travaux et Mémoires. Qu'il me soit permis ici d'honorer son souvenir en retraçant brièvement devant vous cette période de la carrière de M. Thiesen :

Nommé à l'unanimité deuxième Adjoint du Bureau, par le Comité, en 1883, il entra en fonctions le 8 juin de cette année. Les premières tâches confiées au Dr. Thiesen comprenaient : l'étude du thermomètre à air, en collaboration avec Pernet; l'étude du baromètre normal de Marek; l'étude de la balance de Bunge; l'étude des kilogrammes prototypes.

C'est surtout à l'étude des balances, à leur amélioration et aux comparaisons des kilogrammes prototypes que le nouvel adjoint allait consacrer son activité, et les Procès-Verbaux de 1885 constatent déjà les beaux résultats obtenus par Thiesen.

Dans la collection des Travaux et Mémoires, Thiesen a publié successivement : Tome V. *Études sur la balance*. Tome VII. *Détermination de la variation de la pesanteur avec la hauteur au Pavillon de Breteuil*. Tomes VIII et IX. *Kilogrammes prototypes*.

En octobre 1889, le Dr. Thiesen quittait le Bureau, et dans sa session de la même année le Comité déclarait que « les travaux consciencieux de M. Thiesen ont pleinement satisfait le Comité ».

Le Dr. Thiesen s'est éteint dans sa 88<sup>e</sup> année, le 7 décembre 1936.

Je désire renouveler ici à sa famille l'expression de nos sincères condoléances.

La période écoulée depuis la dernière réunion du Comité international a vu des changements assez nombreux dans la composition du personnel du Bureau :

Notre Directeur, M. Ch.-Ed. Guillaumé, qui, à la dernière session du Comité, avait annoncé son intention de prendre sa retraite au bout d'une année, s'est retiré à la date du 22 octobre 1936 avec le titre de Directeur honoraire que lui avait décerné le Comité. Il a heureusement fixé sa résidence à proximité immédiate du Pavillon de Breteuil, ce qui nous permet de recourir facilement à sa haute expérience et à ses conseils. A l'occasion de sa retraite, ses admirateurs et ses amis ont voulu, avec nous-mêmes, faire établir une médaille à son effigie. Cette médaille, œuvre du sculpteur Dammann, lui a été remise par Son Excellence M. Dunant, Ministre de Suisse, dans la salle même où nous nous trouvons, au cours d'une réunion intime dans laquelle M. Perrin, Sous-Secrétaire d'État, lui a décerné, au nom du Gouvernement français, la plaque de Grand Officier de la Légion d'Honneur, qui venait de lui être attribuée.

J'ai été moi-même promu, à la date ci-dessus, Directeur du Bureau par la Commission Administrative Permanente, munie des pouvoirs nécessaires, et sous réserve de la ratification du présent Comité.

Après 40 années d'excellents services, notre Adjoint, M. Louis Maudet, a pris, le 1<sup>er</sup> octobre 1935, la retraite qu'il venait de demander au Comité lors de sa dernière réunion.

Un an plus tard (1<sup>er</sup> octobre 1936), M. L. Reverchon a fait valoir ses droits à sa retraite. Il a été remplacé comme archiviste-comptable par M. Georges Minault, ancien élève de l'École Polytechnique, dont la nomination a été agréée par la Commission Administrative dans sa séance du 13 octobre 1936. M. Minault avait pu faire un stage de cinq mois aux côtés de M. Reverchon ; et la façon dont il a ensuite compris son rôle en élargissant les fonctions de l'archiviste à celles d'un véritable administrateur, nous est précieuse.

Conformément aux décisions de la Commission Administrative, M. Bonhore a été promu Adjoint le 1<sup>er</sup> janvier 1936. M. Moreau a été nommé Assistant. L'un et l'autre se sont montrés tout à fait compétents dans leur nouveau poste.

M. Georges Péronno avait été engagé à titre d'essai comme calculateur, au mois de novembre 1936; je l'ai titularisé comme calculateur-stagiaire de 2<sup>e</sup> classe le 1<sup>er</sup> février 1937. Il a pris son travail à cœur, et se trouvera bien au courant, lorsque, en octobre prochain, M. Chemidlin devra partir au service militaire.

Depuis février 1937, M. Nicolas Cabrera, licencié ès sciences physiques de la Faculté de Madrid, auxiliaire de physique théorique et expérimentale de cette Faculté, effectue au Bureau un stage, comme assistant à titre provisoire.

Notre jeune mécanicien, M. Michard, est au service militaire depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1936. Il a été remplacé, pour la durée strictement limitée de son absence, par M. Trichard, ancien élève de l'École Diderot, qui nous donne complète satisfaction.

## II. — BATIMENTS.

La toiture en zinc de l'Observatoire était depuis plusieurs années en mauvais état, et les réparations fréquentes, par lesquelles on essayait de prolonger sa durée, ne donnaient plus de résultats satisfaisants. Cette toiture a été entièrement refaite en 1935.

La couverture en ardoises du petit pavillon avait été remise à neuf en 1911 sur le versant nord et une partie du versant ouest; et René Benoît, en rendant compte de ce travail, signalait, en bon administrateur, la nécessité de remplacer à l'avenir les toitures trop légères établies dans un but d'économie immédiate, par des couvertures en ardoises fortes d'un prix de revient plus élevé, mais d'une durée beaucoup plus grande. Au cours de 1936, la partie ancienne de cette toiture du petit pavillon (versants sud, est et moitié du versant ouest) a été remplacée par une couverture en ardoises agrafées fortes. En même temps on a fait aux souches des cheminées les rejointoiements nécessaires.

Les tuyaux de circulation d'eau chaude des couloirs de l'Observatoire n'étaient pas calorifugés; il en résultait entre les locaux une répartition des calories très différente de celle qu'on désire obtenir par le maniement des robinets des radiateurs. En juin 1936, nous avons fait procéder à l'isolement thermique des grosses canalisations. D'autre part, les conduits de fumée de la chaufferie étaient en tôle et présentaient plusieurs coudes à angle droit; nous les avons remplacés par des conduits en maçonnerie qui améliorent le tirage.

La protection de l'Observatoire contre une tentative d'effraction laissait à désirer en quelques endroits; divers travaux de serrurerie ont remédié à ces lacunes de l'installation.

Enfin, l'appartement du directeur, dans le grand pavillon, et celui de l'adjoint, au petit pavillon, ont été remis en état, en novembre 1936 pour le premier, et en janvier-mars 1937 pour le second, dans les limites des crédits alloués par la Commission Administrative. Le bureau du Directeur, celui des secrétaires et la salle d'attente, dont les tentures dataient de 1915, ont subi un rajeunissement partiel, dont ils avaient grand besoin.

Pour les travaux d'une certaine importance, nous avons adopté le principe de l'appel à la concurrence entre plusieurs entrepreneurs. Cette mesure a sans doute causé quelques déboires à d'anciens fournisseurs attirés du Bureau; mais nous avons réalisé des économies importantes sur le montant des devis; conjuguée avec une surveillance quotidienne de l'exécution des travaux, elle semble donner de bons résultats.

En 1894, un mouvement du sol avait été constaté sous l'angle nord-est du grand pavillon, et avait paru menacer gravement la stabilité de la construction. Pour y remédier, on avait effectué un travail très important, dont on trouve la relation dans les procès-verbaux du Comité. Pendant longtemps, rien d'anormal n'a plus été observé. Mais, à partir de 1934, des fissures sont apparues dans le mur nord du bureau du Sous-Directeur. Des témoins en plâtre se sont fendus l'un après l'autre, indice d'un nouveau mouvement. Sur le conseil de notre architecte, pour nous rendre compte de l'importance, et si possible de la cause des fissures, nous avons fait ouvrir, à l'angle nord de ce bureau, une fouille profonde de 4<sup>m</sup>,50 environ. On a reconnu que la fissure principale se prolonge dans la maçonnerie de fondation et va constamment en s'élargissant vers le bas. De nouveaux témoins ont été alors placés et la fouille est restée ouverte, afin de permettre une surveillance facile du mouvement.

En même temps, nous avons fait pratiquer, dans le jardin, au pied du mur de soutènement, une fouille de 1<sup>m</sup>,50 environ de profondeur, qui a permis de constater que le mur de soutènement est fondé sur la glaise. Lorsque la fouille est arrivée au niveau de cette glaise (à 1<sup>m</sup>,50 en cet endroit) le trou s'est rempli rapidement d'eau, jusqu'à 0<sup>m</sup>,30 environ au-dessous du sol du jardin.

Il semble donc que le mur de soutènement formait, avec la glaise imperméable, un obstacle à l'écoulement naturel des eaux d'infiltration. Pour y remédier, des barbacanes ont été établies à la partie inférieure du mur (qui a 1<sup>m</sup>,95 d'épaisseur à sa base), et une conduite d'écoulement a été placée à 1<sup>m</sup>,50 de profondeur; partant du mur, cette conduite traverse une partie du jardin et débouche sur la pente de la colline, dans le parc. On peut ainsi espérer l'assèchement progressif des terres derrière le mur de soutènement et jusqu'à l'angle nord-est du bureau.

Ayant ainsi paré au plus pressé, nous avons cru devoir attendre quelques mois pour voir si la fissure de la maçonnerie continue à s'élargir. Il appartient maintenant à votre Commission Administrative de statuer sur les propositions qui lui sont présentées en vue de la consolidation du bâtiment.

Le programme des autres travaux qui seraient à entreprendre prochainement va également être soumis à la Commission Administrative; je me bornerai à les énumérer ici : réfection de la grande salle et du bureau attenant au nord; remplacement de la palissade qui domine l'Observatoire par une clôture en panneaux de ciment; modifications à l'installation du chauffage de l'Observatoire.

En terminant ce chapitre, je suis heureux de signaler que l'instance dirigée contre l'ancien architecte du Bureau, M. Chameroy, a abouti à un règlement définitif; notre Bureau a reçu, le 8 février dernier, un remboursement net de 27489,75 francs français, soit 4 175,87 francs-or.

### III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

L'époque est certainement venue où la plupart de nos instruments, qui datent encore de la fondation du Bureau, doivent être remplacés ou tout au moins rénovés si l'on ne veut pas courir le risque que notre Institut se trouve inférieur à la tâche qu'il a à remplir. Aussi le Comité n'a-t-il pas hésité à doubler, tripler, puis quadrupler le crédit affecté à ce chapitre, qui est passé de 4000 francs-or en 1932 à 15.000 francs-or en 1937.

Cet effort de rajeunissement a porté d'abord sur les prototypes mêmes du Mètre et sur leur comparateur :

Mètres proto-  
types. Nou-  
veaux tracés  
et achat.

Dans sa session de 1935, le Comité international avait sanctionné la proposition de retracer les trois mètres  $13_{74}$ , 26 et  $T_4$ . Au cours des comparaisons, dont il sera rendu compte tout à l'heure, entre le Mètre international, ses témoins et nos mètres d'usage, il est apparu non seulement que le mètre  $I_2$ , sur poli mat, ne pouvait fournir aucune précision convenable dans les mesures, mais encore que le mètre 13, de la grande coulée Johnson-Matthey (que j'appellerai ci-dessous  $13_M$ , pour éviter toute confusion avec le mètre  $13_{74}$  de l'alliage du Conservatoire), comportait un tracé si défectueux qu'il n'était pas admissible de le maintenir, en cet état, comme témoin du Mètre. J'ai donc cru devoir écrire à notre Président et aux membres du Comité pour demander l'autorisation de procéder également à un nouveau tracé sur ce mètre  $13_M$ . Après correspondance particulière avec M. Sears, à qui nous avons fourni des explications plus détaillées, qu'il sera même peut-être bon de faire figurer en annexe aux *Procès-Verbaux* en même temps que le rapport lui-même (voir Annexe I, p. 89) l'autorisation nous a été accordée d'un vote unanime, et à cette occasion M. Sears a alors émis l'avis que deux nouveaux mètres en platine iridié devraient être acquis par le Bureau. Cette proposition correspondait trop bien à notre propre sentiment pour que nous ne nous efforcions pas de la réaliser au moins partiellement, et nous avons obtenu de la Commission Administrative Permanente, dans sa réunion de l'année 1936, un crédit de 20000 à 25000 francs-or pour l'achat d'un prototype supplémentaire. Après des pourparlers rendus difficiles par les variations brusques et considérables des cours du platine, nous avons pu acquérir le mètre n° 19 de la grande coulée Matthey appartenant au Gouvernement autrichien, cet État conservant le mètre n° 13, qu'il fait d'ailleurs retracer, comme prototype national; et je dois ici exprimer tous nos remerciements à la Légation d'Autriche, qui, en la circonstance, nous a servi d'aimable intermédiaire auprès de son Haut Gouvernement.

Nous allons donc disposer de cinq prototypes  $13_M$ , 19, 26,  $T_4$  et  $13_{74}$ , munis d'un tracé moderne. Ce tracé sera fait par la Société Genevoise d'Instruments de Physique, spécialiste de cette opération et à qui nous avons aussi communiqué les résultats de notre propre expérience. En voici les caractéristiques :

Partout les traits auront une épaisseur moindre que dans les

anciens tracés (limites fixées à la Société Genevoise  $3^{\mu},7$  à  $4^{\mu},7$  au lieu de  $6^{\mu}$  à  $7^{\mu}$  précédemment).

Les traits longitudinaux seront placés à  $0^{\text{mm}},12$  l'un de l'autre, au lieu de  $0^{\text{mm}},20$ ; cette diminution de la partie utile du trait a été décidée après des essais systématiques auxquels ont participé tous les observateurs du Bureau; elle se justifie en partie rien que par le grossissement de nos microscopes, qui va se trouver, comme nous le verrons plus loin, élevé de moitié.

Sur les trois mètres  $13^{\text{M}}$ ,  $19$  et  $26$ , le nouveau tracé, analogue à l'ancien tracé effectué par Tresca, présentera cependant quelques modifications de détail, dont l'expérience nous a fait reconnaître la nécessité; en particulier on a réduit la longueur des traits auxiliaires pour éviter une confusion possible avec les traits principaux.

Le mètre  $T_1$ , qui possédait une division en millimètres, inutilisable d'ailleurs pour des mesures précises en raison du poli mat de la surface, sera retracé sur toute sa longueur en millimètres, et la division se prolongera de part et d'autre par un millimètre subdivisé en dixièmes.

Le mètre  $13^{\text{M}}$ , destiné aux mesures de dilatation, recevra un tracé spécial, constitué à chaque extrémité par un millimètre divisé en six parties, subdivisions correspondant à peu près à la dilatation de nos mètres entre  $0^{\circ}$  et  $20^{\circ}$ .

Quant à la répartition des divers prototypes appartenant maintenant au Bureau international, elle pourrait être celle qui figure au tableau ci-après.

Cette répartition n'est présentée que comme un projet, qui nous permette, après les premières comparaisons envisagées, d'enfermer aux côtés du Mètre certaines règles considérées comme témoins, et de garder à notre disposition les autres; je ne demande actuellement au Comité que d'approuver le principe de cette répartition en laissant au Bureau, lorsqu'il se sera longuement servi des prototypes avec leurs nouveaux tracés, le soin de soumettre la répartition définitive à une prochaine session du Comité international.

Il est à prévoir qu'à la suite du succès de nos nouveaux tracés, un grand nombre d'États, possesseurs des prototypes originaux, vont, comme a déjà fait l'Autriche, demander que leur règle subisse aussi cette rénovation. Nous nous sommes entendus, dans ce but, avec la Société Genevoise, qui s'est engagée à exécuter cette opération uniformément pour le prix de 400 francs-or.

RÉPARTITION précédente.		RÉPARTITION proposée.	ALLIAGE.	FORME.	TRACÉ.
$\pi$	Prototype international	$\pi$	Grande coulée Matthey	X	Tresca 1888
13 <sub>M</sub>	Témoins	13 <sub>M</sub>	Grande coulée Matthey	X	S. I. P. 1937
I <sub>2</sub>		19	Grande coulée Matthey	X	S. I. P. 1937
T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub>	Matthey spécial 1	<input type="checkbox"/>	Benoit 1909
T <sub>2</sub>	Étalons d'usage pour 1 <sup>m</sup>	T <sub>2</sub>	Matthey spécial 1	<input type="checkbox"/>	Benoit 1909
26		26	Grande coulée Matthey	X	S. I. P. 1937
T <sub>3</sub>		T <sub>3</sub>	Matthey spécial 3	X	Tresca 1892
Règle n° 48 en ac.-nickel	Étalon d'usage pour longueurs inférieures à 1 <sup>m</sup>	T <sub>4</sub>	1874	X	S. I. P. 1937 sur toute la long.
13 <sub>74</sub>	Étalon pour dilatations	13 <sub>74</sub>	1874	X	S. I. P. 1937 spécial
-	Pièce historique	I <sub>2</sub>	Matthey spécial 2	X	Tresca 1881 poli mat

N. B. I. — Les alliages indiqués « Matthey spécial 1 », « Matthey spécial 2 », « Matthey spécial 3 », sont trois coulées différentes, et distinctes de la grande coulée Matthey.

II. — Parmi toutes les règles ci-dessus, seule T<sub>4</sub> est tracée sur toute la longueur; les autres comportent des mouches avec tracés locaux à la distance de 1<sup>m</sup>.

III. — L'une des trois règles T<sub>2</sub>, 26 et T<sub>3</sub> serait un prototype d'usage exceptionnel, comme un témoin laissé à la disposition constante du Bureau.

Mais, comme tout nouveau tracé comportera une détermination de premier ordre à refaire à notre Bureau, je ne compte engager les divers Etats à y procéder qu'après que nous-mêmes aurons pu bien établir les valeurs de nos mètres retracés, par des comparaisons avec le Mètre international soigneusement compensées et contrôlées.

Semblable amélioration des tracés eût été inefficace sans une amélioration parallèle des microscopes. D'une part, au point de vue optique, il convenait d'accroître l'ouverture numérique des objectifs, et quelque peu aussi le grossissement, sans pour cela trop diminuer la distance frontale; et, d'autre part, au point de vue mécanique, nous tenions, suivant l'idée de M. Volet, à organiser le retournement possible des microscopes en même temps que celui déjà régulièrement pratiqué de l'observateur. C'était un moyen théoriquement parfait pour éliminer toute erreur systématique pouvant provenir non seulement de l'équation personnelle de l'observateur, mais aussi d'un éclairage et d'une optique dissymétriques des microscopes. En même temps certains perfectionnements de détail ont été apportés dans l'oculaire micrométrique, dont les fils ont été remplacés par un tracé sur glace, et dont le tambour, qui était d'une lecture difficile, va se trouver lisible dans l'oculaire même du microscope. Pour l'optique, nous nous sommes adressés aux Établissements Carl Zeiss, qui ont porté l'ouverture numérique des objectifs de 0,09 à 0,18; le grossissement était de 65, il pourra être à volonté de 65, 90 ou 120, en laissant la distance frontale à 59<sup>mm</sup>, au lieu de 60<sup>mm</sup> précédemment; la longueur totale des microscopes passera de 445<sup>mm</sup> à 558<sup>mm</sup>. La transformation mécanique a été confiée à la Société Genevoise, et MM. les membres du Comité pourront se rendre compte du projet réalisé, d'après les maquettes, établies sur notre demande, offertes à titre gracieux par la Société Genevoise, et qui figurent à notre exposition du Grand Palais.

*Comparateur  
Brunner.*

Les microscopes de notre Comparateur à dilatation, qui sont cependant de construction relativement récente, présentent l'inconvénient d'une distance frontale trop courte. M. Volet a voulu allonger cette distance frontale de 50<sup>mm</sup> à 72<sup>mm</sup>, à la fois pour permettre d'introduire, dans le couvercle supérieur de l'auge, des éléments de chauffage comme dans les parois latérales

*Comparateur  
à dilatation.*

et inférieures, et aussi pour pouvoir mieux protéger les objectifs contre les dépôts de buée, lors des mesures à hautes températures. Les fûts des nouveaux microscopes seront en invar, pour parer à une incurvation systématique suivant la température de l'auge contenant la règle pointée. Toutes ces transformations sont en cours d'exécution.

*Comparateur  
géodésique.*

Notre Comparateur géodésique est un instrument très ancien, dont les organes mécaniques présentent des signes d'usure et ne permettent plus en particulier d'effectuer rapidement et avec précision le réglage des étalons à comparer. M. Bonhoure a établi un avant-projet de transformation, qui a été soumis pour étude à la Société Genevoise; celle-ci ne pourra pas nous remettre son devis avant l'été. Cependant, d'après les premiers renseignements fournis, il semble bien qu'une amélioration, même partielle, nécessiterait une dépense très importante, de l'ordre de 150 000 francs français.

*Base géodé-  
sique.*

Parmi les perfectionnements apportés à notre base géodésique, je dois signaler l'achat, à la Société Genevoise, de deux nouveaux microscopes, qui permettent de laisser la base primaire constamment équipée et réglée.

La tension de 10 kilogrammes-poids, à laquelle sont soumis les fils géodésiques pendant les mesures, leur est actuellement transmise par des cordons tressés à âme droite, s'appuyant sur des poulies à gorge, dont les axes sont munis de roulements annulaires à billes; cet appareillage, très pratique, ne nous donne pourtant pas entière satisfaction en raison de frottements parasites; en particulier après un mouvement de rotation quelconque, les poulies ont une légère tendance à revenir en sens inverse. J'ai chargé M. Bonhoure d'étudier un dispositif différent, en collaboration avec les Ateliers Bariquand et Marre. Un projet intéressant nous a été soumis; c'est, dans ses grandes lignes, une poulie à jante plate, dont l'axe est constitué par un couteau qui porte sur un plan d'acier incliné; le cordon tressé serait remplacé par un mince ruban d'acier (section 7<sup>mm</sup> sur 0<sup>mm</sup>,08). Malheureusement, le prix élevé (16000 francs français par poulie) nous a fait renoncer, provisoirement, à l'exécution de ce projet, qui n'est cependant pas abandonné.

*Interféro-  
mètres.*

Les dispositifs nouveaux, qui doivent être apportés à l'interféromètre Michelson pour lui permettre les mesures absolues des

longueurs d'onde lumineuses (mesure du mètre en longueurs d'onde) suivant la méthode que j'ai indiquée à la dernière session du Comité, ont été en partie réalisés. M. Roux, qui m'a apporté une aide très efficace dans cette exécution, a fait établir, par la Maison Jobin et Yvon, le prototype de support destiné au plus petit des étalons, celui de  $1/4$  de mètre. Les divers agencements délicats, qui, de l'extérieur, permettent les réglages, et la balance à contrepoids qui soulage exactement l'étalon du poids du plan d'acier adhérent à son extrémité, paraissent devoir remplir exactement leur office. Quant aux étalons eux-mêmes, en invar à bouts chromés, leur réalisation se poursuit de façon malheureusement très lente, mais satisfaisante, ainsi que celle des petites pièces porte-trait. Actuellement tous les organes, étalons, pièces porte-trait et plans, dont l'infrastructure en invar avait été exécutée aux ateliers Bariquand et Marre, qui avaient subi chez nous un premier étuvage entre  $170^{\circ}$  et  $70^{\circ}$ , et qui avaient été envoyés à Londres à la Maison Fescol pour chromage des extrémités, puis aux ateliers P. V. E. pour un premier dégrossissage, sont revenus chez nous pour la deuxième partie de l'étuvage qu'ils subissent entre  $70^{\circ}$  et la température ambiante; les uns et les autres retourneront à Londres pour l'exécution définitive des surfaces terminales.

Le mécanisme de déplacement du faisceau lumineux par réfraction dans des cubes de verre, établi par Michelson à son interféromètre, s'était déjà révélé d'une ampleur insuffisante au moment de la mesure des quartz-témoins; je l'avais remplacé par un système à réflexion sur deux miroirs parallèles; l'inconvénient de l'emploi de réflexions résidait dans la perte inévitable de lumière au cours des quatre réflexions. Je me suis décidé à revenir au système par réfraction, mais avec allongement considérable des blocs réfractants; ceux qui sont actuellement commandés à l'« Optique et Précision de Levallois », ont  $90^{\text{mm}}$  de profondeur; ils pourront donner un déplacement du faisceau lumineux de  $25^{\text{mm}}$  de part et d'autre du centre des miroirs pour une inclinaison de  $30^{\circ}$ .

D'après mes indications, M. Roux a poursuivi l'exécution du système d'adduction, destiné à alimenter l'interféromètre en air pur, prélevé dans l'atmosphère du parc, mais rentrant dans le comparateur à la température constante de la salle.

Un jeu de 13 objectifs ordinaires achromatiques du diamètre utile de  $40^{\text{mm}}$ , s'échelonnant de huitième en huitième de dioptrie

entre 0,5 et 2 dioptries, et un jeu de lentilles simples de mêmes puissances, ont été obtenus à la Société des Lunetiers pour un prix global de 1485 francs français. L'on a également acquis deux nouvelles lampes à cadmium du type Osram à électrodes chaudes et à manchon double isolant.

*Coulisse.* A l'occasion d'une demande d'étude d'une règle de 1<sup>m</sup> à bouts sphériques en quartz fondu, nous avons été amenés à acquérir aux Établissements Bariquand et Marre, pour le prix de 3200 francs français, une coulisse d'une longueur de 1<sup>m</sup>,30 à angle de 120°, en fonte. A l'examen par autocollimation, cette coulisse est apparue de très bonne qualité.

*Kilogrammes prototypes.* Dans le but de confirmer, d'une manière plus solide encore, la permanence de l'unité de masse, pour un avenir même très lointain, malgré l'usure toujours à craindre des poids en service courant, j'avais reçu, de la Commission Administrative Permanente, l'autorisation d'acquérir deux nouveaux témoins en platine iridié du Kilogramme prototype international. Malheureusement, au moment où j'ai pu m'occuper de cet achat, la hausse du platine avait été telle que le prix de la matière seule dépassait la limite supérieure qui m'avait été fixée. Actuellement, le métal a légèrement rebaisé, et je viens de reprendre cette question en connexion avec une demande présentée par la République Argentine, tendant à l'achat, pour elle-même, d'un kilogramme étalon national en platine iridié.

*Balances.* Les balances ont été également l'objet de nos préoccupations; mais à leur égard nous avons rencontré plus de difficultés par l'impossibilité où nous étions de confier leur remise en état à des spécialistes familiarisés avec des modèles semblables. Depuis plusieurs années, nous avons déjà constaté que la balance Rueprecht n° 1 n'était plus aussi fidèle que dans le passé; sa sensibilité avait également diminué. Nous avons d'abord confié le soin d'effectuer un nettoyage aux Établissements Jouan à Paris, puis nous avons ajouté un ressort équilibrant partiellement le poids du fléau dans le déclenchement. Il n'était résulté de ces opérations qu'une bien faible amélioration; et nous avons décidé, mais sans succès non plus, de faire retoucher le plan central en agate, dont la forme, étudiée aux interférences, n'était guère satisfaisante. Après un examen minutieux du fléau,

les Établissements Jouan préconisent le réaffûtage des trois couteaux, suivi de leur réglage. De notre côté, à la suite d'observations systématiques, nous pensons que le système de transposition des poids est aussi à incriminer, et que les irrégularités constatées sont dues en partie au décentrement des poids dans le cours d'une pesée.

Les balances Rueprecht n° 2 (portée 200<sup>g</sup>) et n° 3 (portée 1<sup>kg</sup>), ont été également nettoyées et révisées.

Nous avons aussi entrepris, avec les Établissements Jouan, de remettre en état de fonctionnement la balance Bunge, spécialement conditionnée en vue des pesées dans une atmosphère raréfiée. Cette balance n'avait pas été utilisée depuis de longues années. Elle est d'une construction très soignée et ingénieuse; mais la plupart des pièces qui la composent sont frêles et ne semblent présenter qu'un coefficient de sécurité extrêmement bas. Après des tâtonnements inévitables et beaucoup de temps passé, M. Bonhoure a obtenu des résultats encourageants; depuis plusieurs mois il effectue toutes les pesées importantes sur cette balance.

Dans le domaine des mesures électriques, où les instruments sont relativement récents, on a principalement exécuté des améliorations techniques aux appareils déjà existants, ainsi qu'un aménagement des montages provisoires pour les transformer en installations définitives.

*Instruments  
des mesures  
électriques.*

Des expériences relatées au précédent Rapport avaient montré que tout écart de température entre les deux électrodes des éléments Weston était beaucoup plus préjudiciable à l'exactitude des comparaisons qu'une simple erreur sur l'évaluation de leur température commune; et comme une nouvelle cuve, plus vaste que la précédente, devait être établie, on s'est efforcé, dans l'agitation de l'huile, de diriger constamment le courant dans le sens allant d'une électrode à l'autre pour chaque élément.

Les résistances du potentiomètre destiné aux comparaisons des éléments ont été réajustées par le constructeur (Association des Ouvriers en Instruments de Précision); et l'on a supprimé, par un changement approprié des connexions internes, une petite résistance additionnelle du conducteur qui relie les deux décades de la boîte des mesures, et qui pouvait, dans certains cas d'inversion du courant, être cause d'une légère erreur.

Pour la comparaison des ohms, l'appareil qui supporte les

godets à mercure où viennent plonger les bras d'adduction des étalons a dû être transformé pour se prêter à la mesure de la volumineuse bobine réalisant l'addition de 10 ohms unités. On a profité de cette réfection pour apporter certaines améliorations : réduction notable de la résistance qui relie l'ohm mesuré à l'ohm tare, et entrée axiale, par le fond des godets, du courant de mesure.

Je signale encore la construction d'une cuve à double paroi destinée plus particulièrement à l'étude des coefficients thermiques. Les récipients ont été fournis par la Maison Proust; l'équipement, qui n'est d'ailleurs pas encore complètement terminé, se fait à l'atelier du Bureau. La température intérieure du bain d'huile sera amenée au point choisi par une circulation extérieure d'eau chauffée électriquement.

Dans la question délicate des étalons multiples de l'ohm, je dois signaler que la première étape n'est pas encore franchie de façon satisfaisante : la bobine, qui avait été fabriquée spécialement, sur le plan de M. Romanowski, s'est révélée, pendant les quelques mois passés au Bureau, d'une stabilité insuffisante. Elle a été remise au constructeur, et le National Physical Laboratory a bien voulu se charger de sa vérification avant un nouvel envoi

*Thermométrie.* Le crédit de 20000 francs français accordé à la session de 1935 pour l'acquisition des instruments nécessaires à la réalisation de l'échelle internationale des températures ambiantes, a été employé à l'achat, à la Cambridge Instrument Co, d'un pont de Smith et de ses accessoires : galvanomètre, système d'éclairage et échelle de lecture, deux thermomètres à résistance de platine (25 ohms à 0°C), l'un droit et l'autre coudé, ce dernier étant plus spécialement destiné aux comparaisons avec nos thermomètres à mercure observés en position horizontale.

Le pont de Smith a été vérifié et rapidement étalonné au National Physical Laboratory avant de nous être expédié. Depuis son arrivée au Bureau, il a fait l'objet d'une étude abrégée, destinée simplement à contrôler son bon fonctionnement; il devra maintenant subir un étalonnage détaillé avant les mesures de précision.

*Outils.* Les prix constamment croissants, et devenus souvent inabordable, des instruments commandés au dehors, nous ont incités à améliorer l'outillage de notre atelier, à la fois pour lui donner

un rendement plus élevé et pour lui permettre d'aborder la construction d'instruments qu'il ne pouvait envisager auparavant. Déjà en 1934, nous avions acquis un tour moderne Schaublin; plus récemment, on a complété ce tour par des accessoires de filetage par cardans. Comme nouvelles machines l'on a acquis une perceuse Jost pour le prix de 2700 francs français, et une belle fraiseuse Gambin au prix de 16500<sup>fr</sup>, avec étai et plateau circulaire.

Je signale enfin l'achat, pour un prix relativement bas, d'une machine à calculer, de 10 et 8 chiffres aux facteurs, 13 chiffres au produit, du type Triumphator, qui jusqu'ici nous avait donné satisfaction.

#### IV. — TRAVAUX.

Le travail d'étude, de discussion et de surveillance dans l'exécution ou la transformation des instruments, dont je viens de parler, n'a pas ralenti les observations et les expériences, que je vais maintenant passer en revue.

Deux importants groupes de comparaisons des prototypes métriques ont été effectués en conformité des décisions du Comité international dans sa dernière session.

*Études sur les  
prototypes  
métriques.*

Le premier, exécuté de novembre 1935 à janvier 1936, comprenait les mètres nos 6<sub>74</sub> (Roumanie), 10 (Portugal), 28 (U. R. S. S.), qui n'avaient pas encore pu être soumis à la vérification périodique, et le nouveau mètre n° 21<sub>74</sub> (Turquie); ces quatre prototypes ont été comparés avec nos deux prototypes d'usage n° 26 et T<sub>3</sub> dans toutes les combinaisons possibles deux à deux. Chacune des quinze comparaisons a été faite dans les huit positions relatives possibles des mètres entre eux et par rapport au comparateur, et individuellement par quatre observateurs, MM. Pérard, Maudet, Volet, Bonhoure, ce qui faisait en tout 480 séries de comparaisons. Les variations trouvées pour les mètres 6<sub>74</sub>, 10 et 28, par rapport aux équations initiales de 1888-1892, sont respectivement de + 0<sup>μ</sup>, 01, — 0<sup>μ</sup>, 24 et + 0<sup>μ</sup>, 24. Quant à l'équation du mètre 21<sub>74</sub>, tracé par M. Volet sur notre machine à diviser, elle a été trouvée égale à — 1<sup>μ</sup>, 56. La prochaine Conférence aura à sanctionner cette valeur.

Ce groupe de mesures termine la première vérification périodique des mètres, prévue pour 1914, commencée en 1919, et que la période troublée d'après guerre n'a pas permis de poursuivre avec suffisamment de régularité.

Parmi les 29 mètres de la coulée Matthey (en dehors du Mètre international), seuls les nos 9 (Italie) et 11 (Académie de Leningrad) n'ont pas participé à cette vérification; cela tient à ce que les pays auxquels ils appartiennent possèdent chacun un autre mètre de cette coulée, respectivement les nos 1 (Italie) et 28 (U. R. S. S.), qu'ils ont soumis à notre vérification, et par rapport auxquels ils ont eux-mêmes déterminé leur deuxième prototype. Les 27 autres mètres ont accusé des variations allant de  $-0^{\mu},65$  à  $+0^{\mu},38$ , si l'on excepte une variation de  $0^{\mu},88$ , accidentelle et nettement expliquée. La moyenne des variations, prises en valeur absolue, est de  $0^{\mu},24$ ; et la moyenne des variations dans les deux sens des 27 mètres est de  $-0^{\mu},08$ , c'est-à-dire que la moyenne des mètres nationaux répandus dans le monde n'a pas changé par rapport au Mètre international d'une quantité qui atteint le dixième de micron. Nous aurons à revenir sur ces constatations.

Parmi les mètres de la coulée du Conservatoire (alliage de 1874), 10 mètres ont participé à l'ensemble des comparaisons de la première vérification; ce sont les mètres nos 3 (Danemark), 6 (Roumanie), 7 (Tchécoslovaquie), 11 (Académie des Sciences de Paris), 13 (Bureau international), 19 (Hollande), 21 (Turquie), 26 (Conservatoire de Paris), 27 (Hollande),  $T_4$  (Bureau international); mais deux seulement donnent un renseignement net sur la tenue de cet alliage : le mètre n° 6<sub>74</sub> n'a pas montré de variation ( $0^{\mu},01$ ) entre l'époque de sa première détermination en 1892 et aujourd'hui; le mètre 26<sub>74</sub> a subi quatre mesures en bonne concordance, mais dans l'intervalle assez étroit de 1911 à 1924. Tous les autres mètres ne permettent pas d'établir de conclusions; les nos 3, 7, 21, 19, 27 n'ont été mesurés véritablement qu'une seule fois, avec leur dernier tracé, par rapport au Mètre international; les nos 13 et  $T_4$  avaient un tracé bien défectueux, et le n° 11 n'a servi la deuxième fois qu'à des mesures de dilatation. La bonne tenue des nos 6 et 26 suffit cependant à montrer la stabilité de cette coulée, qui fut tant discutée à l'époque de sa réalisation.

Le deuxième groupe des comparaisons, exécutées en janvier-

avril 1936, a constitué le premier acte de l'important programme de retraçage que j'ai exposé au Chapitre précédent. Avant de faire disparaître irrémédiablement des tracés qui avaient été le point de départ de nombreuses et importantes déterminations, il convenait d'arrêter, de façon aussi précise que possible, la valeur des longueurs qu'ils avaient si longtemps définies. Ce deuxième groupe comportait deux témoins du mètre  $I_2$  et 13, deux de nos mètres d'usage 26 et  $T_3$ , et le mètre des dilata-tions 13<sub>74</sub>. Avec le Mètre international, qui, conformément à l'autorisation donnée par le Comité, avait été sorti à cette occa-sion, cela faisait encore un groupe de six mètres qui ont été com-parés entre eux dans les mêmes conditions que le groupe précé-dent et par les mêmes observateurs (480 séries de compa-raisons).

Considérées au point de vue des résultats moyens, ces déter-minations conduisent à établir le tableau suivant, où sont juxtaposées les valeurs obtenues à différentes époques, tous les résultats étant réduits avec les coefficients de dilatation que nous admettons aujourd'hui:

*Valeurs à 0° C. (Excès sur 1<sup>m</sup>).*

	13 <sub>74</sub> .	26.	$T_3$ .	$I_2$ .	13.
1888-92.....	+3,11 <sup>μ</sup>	+0,73 <sup>μ</sup>	+1,46 <sup>μ</sup>	+6,06 <sup>μ</sup>	+0,19 <sup>μ</sup>
1920-21.....	-	+1,18	+1,76	+6,18	+0,16
1936.....	+3,29	+1,09	+1,81	+6,41	+0,34

Pour tous commentaires à ces chiffres, je renvoie au Mémoire qui est actuellement en préparation. Mais pour la question qui intéresse le Comité de façon immédiate, je tiens à signaler que le grand nombre des observations, accumulées sur les dix mètres de ces deux groupes, a permis de connaître d'une façon précise les différences d'estimation que les observateurs présentent entre eux, relativement aux équations de ces règles. En faisant l'hypothèse plausible que la moyenne des 10 règles a été estimée de la même façon par les quatre observateurs, on peut en effet déduire pour chaque mètre les différences d'appréciation individuelle. On trouve ainsi, pour les mètres du Bureau, entre les deux observateurs les plus éloignés l'un de

l'autre, un écart de :

$\mu$		
0,34	sur le mètre 13 <sub>74</sub>	( <sup>1</sup> )
0,23	»	I <sub>5</sub>
0,18	»	26
0,12	»	13
0,12	»	28
0,07	»	T <sub>3</sub>

Avec un nombre très grand d'observateurs, la classification qui résulterait de tels écarts pourrait définir la qualité des mètres; il est curieux de constater qu'avec quatre observateurs seulement, cette classification confirme la conclusion du rapport qui a été envoyé après la dernière session du Comité, et justifie déjà sa décision de faire exécuter un nouveau tracé sur les mètres les plus défectueux.

M. Volet, qui est devenu spécialiste du polissage et du tracé des règles, reste chargé de la machine à diviser, au moyen de laquelle de nombreuses divisions ont été exécutées sur des tiges d'acier, des fils, des repères et sur deux règles de 1<sup>m</sup>, forme en H, en nickel pur, désignées autrefois sous le vocable *Règle normale* n° 3 et *Règle normale* n° 5, que nous possédions depuis 1900. M. Volet a été secondé dans ce travail par M. Moreau, qui a lui-même effectué quelques tracés.

J'indique enfin la remarque intéressante que M. Volet a pu faire sur la structure des traits exécutés en 1888 par Tresca. A cette époque pour ébarber un trait, on se contentait de le frotter dans le sens de sa longueur avec une peau fine. Nous savons maintenant qu'il faut réellement polir à nouveau la surface avec l'abrasif le plus ténu. M. Volet en a fait l'expérience sur le mètre 26, dont un trait présentait une grande irrégularité. En poussant progressivement l'ébarbage, le trait s'est peu à peu amélioré, et est apparu finalement avec des bords bien parallèles, tout en restant dans l'ensemble légèrement sinueux. La présence d'une rébarbe, plus ou moins importante sur certains traits de prototypes, peut expliquer les écarts observés entre les équations

---

(<sup>1</sup>) Je rappelle que 13<sub>74</sub> n'a jamais été utilisé pour des déterminations en valeur absolue, parce que le voisinage de traits secondaires trop rapprochés fausse le pointé du trait principal.

initiales et celles que nous trouvons aujourd'hui sur plusieurs des mètres ayant participé à la première vérification des prototypes; elle produit des irrégularités qui rendent les pointés incertains; elle exagère l'influence dissymétrique d'un défaut d'éclairage et surtout, par sa sensibilité au nettoyage des traits, elle risque de causer à la longue des modifications dans leur aspect.

A la suite d'un léger accident survenu à la règle 13<sub>74</sub>, une nouvelle mesure de cette règle a été faite par MM. Volet et Moreau. La règle était tombée au fond de l'auge du comparateur à dilatation au cours d'un réglage; on a profité de ce qu'elle venait d'être déterminée dans la grande opération relatée ci-dessus, pour mesurer l'effet d'un tel accident. On a heureusement retrouvé ensuite la même valeur à quelques centièmes de micron près.

*Diverses déterminations de règles à traits.*

Parmi les déterminations de règles à traits, je signale seulement les suivantes : par M. Roux, une règle de 1<sup>m</sup>, étalonnage et équation pour les Ateliers Doignon de Malakoff, et une autre pour les Établissements Skoda de Pilsen; par M. Volet, une règle en acier-nickel pour la Maison Karl Zeiss à Iéna, une règle pour le Japon, dont M. Moreau a exécuté l'étalonnage, une petite réglette divisée sur verre pour l'Observatoire de Nice, étudiée entièrement par M. Moreau, avec la collaboration d'une dame astronome de cet Observatoire. Enfin, deux réglottes décimétriques, les nos 8 et 47, établies autrefois au Bureau International et étudiées en 1900, appartenant au Bureau Fédéral des Poids et Mesures de Vienne, nous sont revenues parce que ce Bureau avait constaté une variation de leur différence; leur équation a été redéterminée à nouveau par MM. Cabrera et Moreau.

Au comparateur à dilatation MM. Volet et Bonhoure ont comparé la dilatation du mètre 21<sub>74</sub> à celle de notre étalon 13<sub>74</sub>. L'extrême petitesse de la différence trouvée, 0<sup>u</sup>,02 entre 0 et 37°, fournit une confirmation de l'homogénéité de la coulée de 1874.

*Mesures de dilatations.*

Une autre preuve de cette homogénéité, sur laquelle on possédait moins de documents que sur celle de la coulée Johnson-Matthey, a été établie grâce aux comparaisons très complètes effectuées par MM. Volet, Bonhoure, Romanowski et Roux sur les mètres nos 13, 13<sub>74</sub>, T<sub>4</sub> et I<sub>2</sub>, à 0 et à 37°. Ces mesures ont

donné, pour la dilatabilité relative des coulées de Johnson-Matthey et du Conservatoire, la valeur  $0,023 \cdot 10^{-6}$ , très voisine de celle qu'une discussion de l'ensemble des mesures que nous possédons nous a amenés à admettre dorénavant, soit :

$$\alpha_{1874} - \alpha_M = -0,022 \cdot 10^{-6}.$$

Cet ensemble de déterminations a, de plus, permis de préciser la dilatabilité du mètre  $I_2$  dont l'écart par rapport à la grande coulée Matthey est

$$\alpha_{I_2} - \alpha_M = -0,007 \cdot 10^{-6}.$$

D'autres règles ont été étudiées au comparateur à dilatation par M. Völet : notre règle n° 48 en acier-nickel dont la dilatabilité continue à croître d'environ  $0,003 \cdot 10^{-6}$  par an, les règles déjà signalées pour Zeiss et le Japon, une règle en acier pour les ateliers Doignon à Malakoff, quelques tiges d'invar et 14 échantillons de fils géodésiques.

*Étude des fils  
géodésiques.*

M. Bonhoure, qui collaborait depuis plusieurs années déjà à l'étude des fils géodésiques et à toutes les déterminations qui s'y rattachent, a pu assurer, immédiatement après le départ de M. Maudet, la bonne marche de ce service, dans lequel une activité accrue s'est manifestée au cours des deux dernières années.

En septembre 1935, nous avons fait avec la collaboration du Dr Nussberger, du Bureau National des Mesures de Tchécoslovaquie, une nouvelle détermination de la règle géodésique de 4 mètres en invar, appartenant à ce Bureau, et de notre règle  $I_3$ , également en invar, qui constitue notre étalon pour la mesure des fils. La règle  $I_3$  a été elle-même déterminée à nouveau en octobre 1936, par MM. Bonhoure et Roux. Enfin, en janvier et en novembre 1936, M. Bonhoure a fait deux groupes de quatre mesures indépendantes des 12 fils du Bureau international, avec la collaboration de MM. Romanowski, Roux et Moreau.

Le principal avantage de la méthode de mesure des fils géodésiques, que nous appliquons au Bureau international (*Voir* annexe aux *Procès-Verbaux* de 1925) réside dans le fait que les observations des fils en cours d'étude sont exécutées à la simple loupe, dans des conditions semblables en tous points à celles de

leur emploi en campagne. Mais les observations à la loupe étant peu précises, on doit en effectuer un nombre élevé si l'on veut obtenir une bonne valeur moyenne des fils; et l'étude d'un fil de 24<sup>m</sup> demande un délai considérable, souvent supérieur à deux mois. C'est un avantage au point de vue des conditions forcément très variables où est étudié le fil; mais c'est aussi un grave inconvénient pour les usagers qui ont besoin de leurs instruments. M. Bonhoure a proposé de munir les fils géodésiques de réglottes spéciales, sur lesquelles seront gravés, en plus de la division habituelle qui aboutit à l'arête faisant suite à l'axe du fil, des traits fins sur des petites plages polies, situées de part et d'autre de la division principale, à cheval sur l'arête de la réglotte et faisant un angle de 0,02 radian avec elle, de façon à se présenter horizontalement lorsque le fil est sous la tension habituelle de 10 kilogrammes-poids. Il serait possible de mesurer sur chaque réglotte, avant son montage, la distance des deux divisions; et la longueur du fil pourrait alors être déterminée, soit par la méthode habituelle sur les traits normaux, soit par la base à microscopes sur les traits fins. S'il y a concordance entre les valeurs trouvées, on pourra envisager de supprimer complètement les observations à la loupe, et les expériences de détermination ne demanderont plus qu'un délai fort court. Les ateliers Carpentier ont été chargés d'établir deux réglottes d'essai dans ce but.

Le coefficient de dilatation des fils géodésiques en cours d'étude est maintenant presque toujours déterminé sur les fils eux-mêmes, à l'aide du dilatomètre de 24<sup>m</sup> organisé par M. Bonhoure. Les résultats encore peu nombreux qui sont en notre possession, confirment que des fils issus d'une même coulée peuvent avoir des dilatabilités sensiblement différentes, ainsi que le montrent les exemples suivants :

Coulées.	N <sup>o</sup> s des fils.	$\alpha_{25-10^6}$ .	Allongement des 24 <sup>m</sup> pour une variation de 10 degrés.		Diff.
			$\mu$	$\mu$	
0652.....	C. 1060	- 0,010	- 2	} 34	
»	M. 35	+ 0,134	+ 32		
1438.....	C. 286	- 0,219	- 53	} 54	
»	C. 287	+ 0,006	+ 1		

Le contrôle des résultats fournis par ce dilatomètre a été poursuivi. D'une part, grâce à l'obligeance de M. Sears, nous avons pu faire déterminer, par le N. P. L., à titre de contrôle, le coefficient de dilatation d'un fil d'invar de 24<sup>m</sup>, qui a été étudié aussi dans notre dilatomètre, avant et après son séjour à Teddington. Les résultats suivants, qui ont été obtenus dans les deux laboratoires, présentent une bonne concordance.

Coulée 0179. — Fil d'essai n° 2

	$\alpha_{22}^{\circ}, 10^6$		
N. P. L. (entre 8° et 33°)	}	+ 0,270	méthode absolue
		+ 0,253	méthode relative
		+ 0,264	moy. (poids 2 à la méthode abs.)
B. I. P. M. (entre 16° et 34°)	}	+ 0,231	avant N. P. L.
		+ 0,240	»
		+ 0,244	après N. P. L.
		+ 0,240	moyenne av. ap.

D'autre part, un fil d'essai (n° 1), prélevé sur la coulée 0179, après avoir servi à l'étude de l'influence de la tension et des battages sur la dilatabilité des fils (voir *Procès-Verbaux*, 1935, p. 33), a été coupé en fragments de 1<sup>m</sup>, et sur 10 de ces fragments, la dilatation a été déterminée au comparateur par MM. Volet et Moreau. Le résultat moyen de ces mesures, rapproché de celui qui avait été trouvé à la base, donne la différence suivante

Base-Comparateur.....  $\alpha_{22} = - 0,063.10^{-6}$

Ce faible écart est à la limite de ce qui peut intéresser la géodésie; mais le fait qu'il se trouve de même sens que celui du National Physical Laboratory, nous incite à entreprendre de nouvelles recherches. Et nous n'en estimons pas moins que la détermination directe de la dilatation sur les fils eux-mêmes est un progrès important par rapport à l'ancienne méthode de détermination sur quelques échantillons par coulée. D'ailleurs, notre installation n'a pas un caractère définitif, et nous envisageons d'en créer une nouvelle lorsque notre expérience sera plus complète.

J'ai noté plus haut les modifications et installations nouvelles en cours d'exécution à l'interféromètre Michelson, en vue de la mesure absolue des ondes lumineuses. Ces transformations ont quelque peu interrompu les expériences à cet instrument. Par contre, j'ai continué à utiliser l'interféromètre industriel pour des déterminations intéressantes de calibres Johansson s'échelonnant de 10<sup>mm</sup> à 100<sup>mm</sup>, et de petits cylindres d'horlogerie de 1<sup>mm</sup>. J'ai mis au courant de cet appareil M. Roux, qui y a fait quelques déterminations (calibres et études de plans); M. N. Cabrera s'est également exercé à ce genre d'expériences.

*Interférences  
lumineuses.*

C'est encore à l'interféromètre industriel, à défaut du Michelson, que j'ai mesuré l'un des deux beaux étalons en quartz fondu envoyés par le Bureau of Standards. Ces étalons sont des prismes carrés de 20<sup>mm</sup> de côté et de 100<sup>mm</sup> de longueur; leur substance est parfaitement claire, dépourvue de stries et presque exempte de bulles; leurs surfaces terminales sont des plans assez exacts pour que les interférences elles-mêmes ne puissent guère y découvrir d'imperfections. En même temps nous étaiet fournis aimablement, par le bureau de Washington, trois plans circulaires également en quartz fondu, l'un de 79<sup>mm</sup> de diamètre, épaisseur 20<sup>mm</sup>, et les deux autres de 68<sup>mm</sup> de diamètre, épaisseur 9<sup>mm</sup>.

La méthode employée pour cette détermination a été celle qui sert pour la mesure des calibres; avec cette difficulté supplémentaire d'un pouvoir réfléchissant très bas sur des surfaces de quartz simplement polies, mais non métallisées. La concordance des deux résultats obtenus ici avec ceux du Bureau of Standards mérite d'être signalée :

	Bureau of Standards.	Bureau international.
A 20°	99999 <sup>μ</sup> , 844	99999 <sup>μ</sup> , 840
	99999 <sup>μ</sup> , 857	99999 <sup>μ</sup> , 856

Des étalons semblables avaient été en même temps mesurés au National Physical Laboratory et à la Physikalisches Reichsanstalt. Je ne puis reproduire toutes les particularités d'emploi et remarques curieuses faites dans les différents laboratoires à l'occasion de l'étude de ces calibres; elles ont été mises en évidence dans la correspondance échangée au début de l'année passée, et se trouvent, pour certaines, confirmées et brillamment développées dans une récente publication de

Lord Rayleigh (1). Mais, pour ma part, j'ai été frappé de la difficulté que l'on éprouve à obtenir ce fameux contact optique sur toute l'étendue de la surface et du danger qui en résulte pour les surfaces qu'on veut faire adhérer entre elles. Malgré le soin avec lequel j'ai cherché à me conformer aux recommandations du Bureau of Standards, il m'est arrivé de produire une rayure simultanément sur deux des surfaces entre lesquelles je cherchais à réaliser le contact (sans doute particule dure interposée). Cet accident qui m'a beaucoup contrarié, a été en partie cause du fait que j'ai abandonné provisoirement ces mesures, dans la crainte que le simple contact de la surface rayée ne provoque par lui-même des rayures sur d'autres. D'ailleurs, dans mon idée, ces expériences à l'interféromètre industriel n'étaient que des mesures préliminaires; les mesures définitives auront lieu à l'interféromètre Michelson, muni des nouveaux dispositifs en cours d'exécution.

*Masses. Densités.*

Après le départ de M. Maudet, c'est M. Bonhoure qui a exécuté toutes les déterminations de masses demandées au Bureau international. Je note l'étude complète (volume et masse) d'un kilogramme en laiton doré qui constitue le prototype des Indes néerlandaises, celle d'une série de sept poids en acier inoxydable appartenant au National Research Council à Ottawa, comprenant, entre autres, deux poids de 1 kilogramme, dont l'un sera le prototype du Canada. Je signalerai particulièrement les comparaisons des prototypes nationaux nos 2 (Roumanie), 10 (Portugal), 12 (U. R. S. S.) et 22 (Allemagne) avec les étalons d'usage en platine iridié nos 9 et 31 du Bureau international. Sauf sur le prototype n° 10 (Portugal), ces dernières comparaisons ont conduit à des valeurs un peu différentes de celles qui étaient admises précédemment :

nos.	1889.		1899-1900.	1903-05.	1935-36.	Diff.
	kg	mg	mg	mg	mg	
2....	1	0,953	0,952	-	0,986	- 0,033
10....		+ 0,228	-	-	+ 0,237	+ 0,009
12....		+ 0,068	-	-	+ 0,040	- 0,028
22....		+ 0,053	+ 0,037	+ 0,002	- 0,021	- 0,023

(1) *Proc. Royal. Soc.*, vol. 156, série A, n° 888, 17 août 1936, p. 326.

La dernière colonne indique les différences entre les valeurs actuelles et les précédentes. La valeur officielle du prototype n° 22 avait été modifiée, en 1907 par une déclaration de la Quatrième Conférence Générale. Aucune de ces différences n'atteint la limite de  $\pm 0^{\text{mg}},05$ , fixée en 1899 par le Comité international comme variation au-dessous de laquelle il n'y avait pas lieu de modifier le certificat des prototypes; pourtant les diminutions de  $0^{\text{mg}},03$  et  $0^{\text{mg}},02$  constatées sur les prototypes nos 2, 12 et 22 paraissent réelles et tout à fait normales chez des poids soumis à l'usure inévitable de l'emploi. A l'exemple de ce qui a été fait récemment (8<sup>e</sup> Conférence Générale) pour le prototype n° 15 (Bavière), le Comité international pourrait proposer à la prochaine Conférence Générale de sanctionner les nouvelles valeurs de ces étalons.

Après deux ans et demi de repos, notre kilogramme en acier inoxydable (Uranus 10) a été déterminé à nouveau. La valeur trouvée par M. Bonhoure concorde avec celles obtenues précédemment par M. Maudet, et confirme la parfaite stabilité de ce poids. Ci-dessous est reproduite la liste des masses obtenues :

		mg	mg
Février	1931.....	999889,91	+0,02
Octobre	1931.....	999889,87	—0,02
Juin,	1932.....	999889,88	—0,01
Avril	1933.....	999889,90	+0,01
Février	1934.....	999889,88	—0,01
Décembre	1934.....	999889,91	+0,02
Avril	1937.....	999889,91	+0,02
Moyenne.....		999889,89	

Enfin, récemment, M. le Dr A. Wellik, Premier Conseiller technique du Bureau Fédéral des Poids et Mesures de Vienne, a comparé trois poids de 1<sup>er</sup> en platine iridié, à la pièce de même valeur de notre série de premier ordre Oe. M. N. Cabrera a fait, à titre d'exercice, l'étalonnage d'une boîte de poids.

La thermométrie des températures ambiantes est toujours l'une des branches importantes de notre activité. C'est M. Moreau qui, sous la direction de M. Bonhoure, est chargé presque exclusivement de l'étude des thermomètres à mercure; ainsi a-t-il fait l'étude d'un grand nombre de thermomètres, tant pour

*Études thermo-  
métriques.*

notre propre usage que pour l'extérieur. M. N. Cabrera a également calibré l'un de nos thermomètres.

Le Bureau s'étant adressé à la Société Siebert et Kühn à Kassel en vue d'obtenir des thermomètres de précision en quartz fondu, a reçu, au début de l'année 1936, deux thermomètres (0.50) à tige claire avec graduation sur la tige : l'un à division rectifiée, l'autre à division équidistante. Ce dernier a été complètement étudié suivant les méthodes employées au Bureau. L'étude du calibre a permis de constater que, si les corrections sont fortes en valeur absolue, du moins la courbe de ces corrections présente-t-elle une parfaite régularité. Le coefficient de pression extérieure déterminé pour chaque thermomètre est un peu plus élevé que celui des thermomètres actuels en verre dur ou Iéna 16<sup>III</sup>.

Mais le point intéressant est le suivant : la détermination du zéro de chaque thermomètre exécutée à diverses reprises après avoir porté ou maintenu les thermomètres à des températures variables entre  $-40^{\circ}$  et  $+130^{\circ}$ C. n'a permis de constater aucune variation systématique due à la dépression pour ces températures; de même l'ascension lente, qui, dans les thermomètres en verre dur ou verre d'Iéna 16<sup>III</sup>, se manifeste d'une façon nette pendant les premières années suivant la construction ( $+0,01$  à  $+0,03$  deg. pour la première année), est insensible sur ces deux thermomètres, les écarts constatés un an après leur construction (quelques millièmes de degré) étant de l'ordre des erreurs d'observations. Ainsi donc les thermomètres en quartz fondu paraissent véritablement affranchis de la dépression du zéro après élévation de température, et du déplacement lent du zéro avec le temps, ces deux graves inconvénients qui avaient été la cause d'une certaine désaffection portée aux thermomètres à mercure par les physiciens non habitués comme nous à ces corrections très spéciales et d'ailleurs parfois incertaines. Si ces conclusions se confirmaient dans les études plus précises que nous comptons entreprendre, ce serait un résultat fort important au moment où certains laboratoires signalent dans les thermomètres à résistance de platine des défauts de fidélité ou des écarts d'un thermomètre à un autre; il serait de nature à ramener, du moins pour les températures ambiantes, la faveur aux thermomètres à mercure d'un usage si commode.

M. Moreau a exécuté un groupe de 18 comparaisons à des températures échelonnées de  $9^{\circ}$  à  $51^{\circ}$ C. entre les deux thermomètres

Tunnelot en verre dur n<sup>os</sup> 4327 et 4330, et le thermomètre en quartz à division équidistante. Il en a déduit la correction du thermomètre en quartz, par rapport à l'échelle normale, qui aux environs de 45° est :

$$T_{\text{hydrogène}} = t_{\text{quartz}} + 0,1 \text{ deg.}$$

Le Bureau a commandé récemment, à la Société Siebert et Kühn, deux thermomètres étalons couvrant l'intervalle 0° à 100°, particulièrement soignés, et sur lesquels nous nous chargerons de faire effectuer une graduation équidistante du modèle à *double division*.

J'ai dit, dans le chapitre des instruments, l'acquisition faite d'un pont de Smith destiné à la reproduction, à notre Bureau, de l'échelle internationale des températures. Il m'a paru en effet tout à fait indispensable de reprendre les expériences de Hall sur la nature et l'importance des écarts de cette échelle avec l'échelle normale du thermomètre à hydrogène, particulièrement bien représentée chez nous par les anciens thermomètres de Chappuis. Ces expériences pourront commencer dès que le pont aura été suffisamment étudié.

Avant de passer aux mesures électriques proprement dites, je veux dire quelques mots de l'étude, actuellement en cours, de la grande bobine d'inductance établie par le Laboratoire Central d'Électricité, en vue de la détermination absolue de l'ohm. C'est une bobine en silice fondue, d'un diamètre de 95<sup>mm</sup> environ, avec une longueur utile d'enroulement de 763<sup>mm</sup> d'un fil nu en cuivre de 0<sup>mm</sup>,3 de diamètre, au pas de 0<sup>mm</sup>,6. Son étude n'est véritablement qu'une mesure de longueurs; c'est M. Volet qui s'est chargé de la détermination en valeur absolue du pas moyen; c'est à M. Moreau que sera confié l'étalonnage des différentes régions. Le diamètre du noyau de quartz nu avait déjà été déterminé par M. Bonhoure. On fera également la détermination du diamètre de la surface enveloppant les fils.

*Mesure d'une  
bobine d'in-  
ductance.*

Pour ce travail, il a été nécessaire d'augmenter la capacité en hauteur de notre Comparateur Universel, en surélevant de 10<sup>cm</sup> la poutre porte-microscopes au moyen de trois cales appropriées; les mesures ont porté sur la longueur totale de 1272 spires, ainsi que sur les 200 premières et sur les 200 dernières. Des déterminations indépendantes ont été faites sur quatre génératrices et

par trois méthodes : 1° Pointés sur les sommets des spires par la bande lumineuse produite par réflexion de l'éclairage habituel du microscope; 2° Pointés sur deux bandes satellites très fines, produites par double réflexion sur les spires voisines à droite et à gauche; 3° Pointés sur une touche creuse placée à cheval sur le fil, et qui porte un trait-repère au-dessus du point de contact; pour les déterminations en valeur absolue, on utilise deux touches semblables, disposées sur les spires à étudier et qui, par permutation, éliminent l'erreur de position des traits-repères. Il est nécessaire que le trait-repère soit le plus près possible du point de contact avec le fil, et que les touches puissent se placer sans effort sur le fil; en restant constamment parallèles à elles-mêmes sur les différentes spires; pour atteindre ce but, on a profité de la présence d'un troisième banc au Comparateur Universel pour y ajuster une glissière en V, dont la rectitude avait été vérifiée, et sur laquelle reposent, par deux billes, les petites pièces de forme triangulaire qui portent les touches. L'exécution délicate de ces touches a été très bien réussie par notre habile mécanicien M. Hanocq.

Les nombres résultant de ces trois modes de détermination sont donnés dans le tableau suivant :

	Longueur totale 1272 spires.	200 premières spires.	200 dernières spires.
Pointés sur le fil.....	763 260,57 <sup>μ</sup>	119 999,66 <sup>μ</sup>	120 044,83 <sup>μ</sup>
Pointés des réflexions satellites.....	763 261,78	119 999,28	120 044,83
Pointés sur les touches.	763 259,01	119 997,44	120 043,57
Moyennes.....	763 260,45	119 998,79	120 044,41

*Mesures élec-  
triques.*

C'est M. Romanowski qui est resté chargé du travail sur les unités électriques; M. Roux a souvent collaboré avec lui et parfois M. N. Cabrera. De nouvelles comparaisons internationales ont eu lieu en novembre-décembre 1936 par M. Romanowski et moi-même sur les ohms; en janvier-février 1937 par MM. Romanowski et Roux sur les éléments Weston.

Aux comparaisons des ohms, en plus du léger perfectionnement instrumental signalé plus haut, quelques innovations ont été introduites dans l'exécution des mesures et des calculs concernant *a.* le maintien de la température de 20°, *b.* l'énergie électrique

différente d'un observateur à l'autre, *c.* l'exclusion des étalons instables, *d.* l'application de corrections aux lectures des shunts.

Toutes ces diverses précautions ont été efficaces, semble-t-il, puisque les erreurs résiduelles intérieures des deux observateurs ont été deux fois plus faibles que celles des comparaisons précédentes (max 0,16 au lieu de 0,33  $\mu\Omega$ ), et que la concordance des observateurs entre eux est parfaite.

Les résultats de ces comparaisons sont détaillés dans un rapport fourni au Comité consultatif d'Électricité, et d'où l'on tire finalement les nouvelles valeurs des rapports des diverses unités nationales.

Allemagne.....	$\Omega_A = \Omega_M + 6,6 \mu\Omega$
États-Unis.....	$\Omega_E = - 3,7$
France.....	$\Omega_F = + 0,9$
Grande-Bretagne.....	$\Omega_G = - 3,9$
Japon.....	$\Omega_J = - 10,0$
U. R. S. S. ....	$\Omega_U = - 0,4$

( $\Omega_M$  est l'ohm moyen des six laboratoires après le Comité consultatif d'Électricité de 1935.)

Pour l'intercomparaison des éléments Weston, un projet un peu différent de celui de 1934 prévoyait, outre la redétermination des groupes *sédentaires* au moyen des groupes *voyageurs*, la comparaison directe de ces derniers entre eux, dans toutes les combinaisons possibles. Grâce à la complaisance avec laquelle les laboratoires nationaux ont bien voulu s'astreindre à suivre notre programme et nous aider dans les transports, tous les groupes voyageurs se sont trouvés simultanément réunis au Bureau, et la plupart d'entre eux ont été transportés à la main, aller et retour, entre leur laboratoire d'origine et le Pavillon de Breteuil. Les erreurs résiduelles, fournies par le calcul de compensation, ont été beaucoup plus basses cette fois que dans les opérations des années passées (erreur résiduelle maxima 0,33  $\mu V$ , au lieu de 2  $\mu V$ ). Cette amélioration est due non seulement aux conditions thermiques où se trouvent les éléments dans la nouvelle cuve, mais aussi à la qualité des éléments eux-mêmes, qui, au cours des mesures se sont révélés d'une stabilité exceptionnelle. Comme pour les ohms, ces expériences ont fait l'objet d'un rapport détaillé déposé au Comité consultatif et dont la conclusion principale consiste dans la valeur relative actuelle

des diverses unités nationales :

Allemagne.....	$V_A = \bar{V}_M - 7,3 \mu V$
États-Unis.....	$V_E = -9,5$
France.....	$V_F = +0,7$
Grande-Bretagne.....	$V_G = +7,6$
Japon.....	$V_J = +0,7$
U. R. S. S.,.....	$V_U = -5,5$

( $\bar{V}_M$  est le volt moyen des six laboratoires après le Comité consultatif d'Électricité de 1935.)

*Divers.*

Parmi les auteurs de travaux rapportés, si je n'ai pas cité le nom de M. Chemidlin, c'est qu'il a été le secrétaire et l'aide précieux de tous les grands travaux, et l'on a toujours trouvé chez lui le même dévouement et la même intelligente collaboration. C'est encore lui qui a exécuté, avec M. Michard, toutes les installations ou transformations électriques, dont un établissement comme le nôtre a constamment besoin.

Quelques voyages ont été faits à Londres-Teddington et à Berlin par le personnel du Bureau. En dehors de la visite générale des grands laboratoires de métrologie, ils ont eu pour buts principaux de discuter sur place avec nos constructeurs, d'étudier la réalisation de l'échelle internationale de température, et aussi d'assurer une partie du transport à la main des éléments Weston.

Pour répondre à une demande pressante du Ministère du Commerce et de l'Industrie de France, et après avoir reçu l'autorisation de notre Président, j'ai accepté d'organiser une exposition du Bureau international, qui a lieu dans une salle du Grand Palais, contiguë à l'exposition du Système Métrique organisée par ce même Ministère. Malgré l'aide généreuse et efficace apportée par le Ministère, nous avons été tous bien occupés depuis quelques mois par cette organisation.

En terminant ce rapport, je dois noter que mes premiers efforts comme Sous-Directeur, puis comme Directeur, ont été de renforcer l'ordre administratif, dont le besoin se faisait sentir en raison de la multiplication des obligations de toute nature qui convergent de plus en plus vers le Bureau. La tâche administrative s'accroît chaque année davantage; c'est un fait qu'il n'y a pas lieu de discuter, mais qui m'a amené tout naturellement

à prendre les mesures de bon ordre nécessaire : répertoires des lettres, classification des dossiers, comptabilité minutieuse, surveillance des fournisseurs et entrepreneurs, catalogue de bibliothèque, fiches bibliographiques, collaboration et responsabilité de chacun dans la partie administrative des questions auxquelles il se consacre. J'ai été grandement aidé dans ces quelques réformes par tout le personnel si dévoué du Bureau et particulièrement par M. Minault.

Le deuxième but de mes efforts a été le rajeunissement des instruments, dont j'ai longuement parlé plus haut et qu'il faudra poursuivre encore sans relâche.

Mais il est un troisième point que, loin de passer sous silence, je dois au contraire faire ressortir : Depuis le dernier Comité, nous n'avons publié aucun grand mémoire dans nos volumes. Si des publications courtes et partielles ont été faites dans des périodiques scientifiques, par contre nos Travaux et Mémoires sont encore restés muets pendant ces deux années. La raison en est sans doute et dans l'importance du travail que représente une publication aussi développée que celles qui sont en usage dans nos Travaux et Mémoires, et dans la multiplicité des autres tâches auxquelles notre Bureau a dû suffire tout d'abord. Mais c'est une lacune grave que je m'efforcerai de combler dans les années qui vont venir. Cela est d'autant plus nécessaire que notre collection de volumes doit refléter toute l'activité du Bureau; et nous avons maintenant à y faire figurer un certain nombre de travaux, les uns accomplis depuis plus ou moins longtemps comme la mesure des quartz témoins du mètre, les comparaisons internationales des unités électriques, l'étude des mètres prototypes et leur première vérification périodique, d'autres arrivés à un stade où une première publication pourrait rendre compte des résultats déjà acquis, comme l'étude des radiations lumineuses.

Suivant l'usage, la liste des certificats délivrés entre le 1<sup>er</sup> septembre 1935 et le 5 mai 1937 est reproduite ci-après.

## CERTIFICATS

DÉLIVRÉS DU 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1935 AU 5 MAI 1937.

1.	1935	Sept.	23.	Une règle géodésique (addition au certificat du 2 juin 1930).	{ Bureau Central d'Étalonnage, Prague.
2.	»	»	30.	Un thermomètre Prolabo, n° 329 290.....	{ Ministère des Colonies, Paris.
3.	»	»	30.	Une règle Askania, n° 234 355.	{ Carl Zeiss, Iéna.
4.	»	Oct.	14.	Une règle de 1 <sup>m</sup> , S. I. P., n° 682.	{ Présentée par la Société Genevoise d'Instruments de Physique.
5.	»	»	18.	Une règle de 1 <sup>m</sup> , 10.....	{ Doignon, Malakoff.
6.	»	Nov.	15.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> , n°s 830 et 832.	{ Bureau des Poids et Mesures, Prague.
7.	»	»	16.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> , n°s 868 et 869 (addition au certificat du 18 juillet 1929).....	{ Id.
8.	»	Déc.	12.	Un étalon de 1 ohm, n° 13 166 de Prague.....	{ Id.
9.	»	»	13.	Trois éléments Weston, n°s 2966, 2991, 2992.....	{ Appartenant au B. I. P. M., prêtés à l'Institut Royal Hongrois des Poids et Mesures.
10.	»	»	27.	Un calibre Johansson de 100 <sup>mm</sup> .	{ Aktiebolaget Johansson, Eskilstuna.
11.	1936	Janv.	7.	Cinq fils géodésiques (addition au certificat du 6 oct. 1934).	{ Service géographique de l'Armée française.
12.	»	»	7.	Cinq fils géodésiques (addition au certificat du 25 oct. 1923).	{ État Chérifien, Rabat.
13.	»	»	28.	Un thermomètre Prolabo, n° 239.....	{ Société Prolabo, Paris.
14.	»	Fév.	3.	Trois calibres 10, 20, 50 <sup>mm</sup> ...	{ Aktiebolaget Johansson, Eskilstuna.
15.	»	»	4.	Un fil géodésique, n° 6.....	{ Istituto geografico militare, Florence.

16.	1936	Avril	11.	Six thermomètres Thurneysen, n <sup>os</sup> 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204.....	Société du gaz de Paris.
17.	»	»	9.	Une règle de 0 <sup>m</sup> ,60.....	Doignon, Malakoff.
18.	»	»	22.	Un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 1018.....	Service hydrographique de la Marine, Paris.
19.	»	Mai	26.	Cinq fils géodésiques, n <sup>os</sup> 6, 7, 8, 9, 10.....	Service géographique de l'Armée, Athènes.
20.	»	»	27.	Deux fils de 48 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 862 et 863.	Id.
21.	»	Juin	6.	Un cylindre de 1 <sup>mm</sup> .....	Laboratoire de recherches horlogères, Neuchâtel.
22.	»	»	12.	Un gramme en platine.....	Laboratoire de Chimie analytique, Université technique de Delft.
23.	»	»	18.	Un kilogramme en laiton doré.	Commission pour la conservation des prototypes des Indes néerlandaises.
24.	»	»	20.	Six thermomètres Prolabo, n <sup>os</sup> 345 052 à 345 057.....	Société du gaz de Paris.
25.	»	Juill.	2.	Un fil géodésique de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 1019.....	Service hydrographique de la Marine, Paris.
26.	»	»	10.	Un ruban Carpentier de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5056 P 1.....	Id.
27.	»	»	24.	Un kilogramme prototype, n <sup>o</sup> 22.....	Reichsanstalt à Berlin.
28.	»	Août	19.	Une règle, n <sup>o</sup> 344.....	Société des Anc. Établissements Skoda, Pilsen, Tchécoslovaquie.
29.	»	Nov.	14.	Cinq fils géodésiques, n <sup>os</sup> 1020 à 1023, 1012, un ruban de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 2626 H 10 (addition au certificat du 25 juillet 1931).	Faculté des Sciences de Buenos-Ayres.
30.	»	»	16.	Un calibre cylindrique de 1 <sup>mm</sup> .	Laboratoire de recherches horlogères, Neuchâtel.
31.	»	»	28.	Trois fils, n <sup>os</sup> 1092 (8 <sup>m</sup> ), 1059 et 1060 (24 <sup>m</sup> ).....	Service central hydrographique, Paris.
32.	»	»	28.	Un ruban Carpentier de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5056 P 2.....	Id.

33.	1937	Janv.	12.	Deux fils géodésiques de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 1094 et 1095.....	{ Institut cartographique royal hongrois.
34.	»	»	14.	Un calibre étalon de 100 <sup>mm</sup> ..	{ Aktieblaget Johansson, Eskilstuna.
35.	»	Fév.	5.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5056 P 3..	Carpentier, Puteaux.
36.	»	Mars	19.	Sept poids en acier inoxydable de 1 <sup>kg</sup> , 1 <sup>kg</sup> , 500 <sup>g</sup> , 200 <sup>g</sup> , 200 <sup>g</sup> , 100 <sup>g</sup> et 100 <sup>g</sup> .....	{ National Research Coun- cil, Ottawa.
37.	»	»	24.	Six fils géodésiques de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 1097 à 1100, 1113 et 1114.	{ Institut géographique militaire, Florence.
38.	»	Avril	1.	Trois poids de 1 <sup>g</sup> , en platine iridié.....	{ Bureau fédéral des Poids et Mesures et d'Arpen- tage, Vienne.
39.	»	»	26.	Deux fils géodésiques de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 1119 et 1120.....	{ Administration de l'Ar- pentage, Helsinki.
40.	»	Mai	4.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , un fil de 8 <sup>m</sup> , un ruban de 4 <sup>m</sup> .....	{ Institut géodésique de Finlande.

### NOTES.

1.	1935	Sept.	25.	Six thermomètres (zéros)....	Société du gaz de Paris.
2.	»	Oct.	19.	Six thermomètres (zéros)....	Id.
3.	»	Déc.	7.	Six thermomètres (zéros)....	Id.
4.	»	»	10.	Échelle divisée sur règlette en verre.....	{ Observatoire de Paris.
5.	»	»	12.	Élément Weston, n <sup>o</sup> 5538....	{ Bureau des Poids et Mesures, Prague.
6.	1936	Avril	30.	Groupe d'éléments Weston, n <sup>os</sup> 315, 336, 337, 388, 391..	{ Electrotechnical Labo- ratory, Tokio.
7.	»	Juin	17.	Groupe d'éléments Weston, n <sup>os</sup> 1145, 1146, 1148, 1420...	{ Institut de Métrologie, U. R. S. S.
8.	»	Sept.	17.	Règlette de 400 <sup>mm</sup> .....	{ Laboratoire Central d'Électricité, Paris.

## V. — COMPTES.

Le compte rendu présenté au Comité international dans sa session de 1935 s'arrêtait au 31 décembre 1934. L'exposé qui suit comprend les mouvements des comptes du 1<sup>er</sup> janvier 1935 au 31 décembre 1936, date du dernier bilan.

### COMPTE I. — FONDS DISPONIBLES.

	Francs-or.
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1935.....	153 977,75
Recettes du 1 <sup>er</sup> janvier 1935 au 31 décembre 1936 suivant détail donné au Tableau A.....	367 646,05
Total.....	<u>521 623,80</u>
Dépenses du 1 <sup>er</sup> janvier 1935 au 31 décembre 1936 suivant détail donné au Tableau B.....	338 509,43
Actif au 31 décembre 1936.....	183 114,37
Total.....	<u>521 623,80</u>

### COMPTE II. — FONDS DE RÉSERVE.

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1935.....	89 972,19
<i>Pour mémoire</i> : Intérêts des titres et des fonds virés au Compte I : francs-or, 1 750,85.	
Perte par dévaluation le 1 <sup>er</sup> octobre 1936.....	2 311,48
Actif au 31 décembre 1936.....	<u>87 660,71</u>

### COMPTE III. — CAISSE DE RETRAITES.

	Francs-or.
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1935.....	16441,58
Recettes du 1 <sup>er</sup> janvier 1935 au 31 décembre 1936 :	
Intérêts des fonds en banque.....	357,04
Retenues sur traitements.....	8149,46
1/3 des taxes de vérification.....	2097,27
Virements du Compte I.....	12000,00
Total.....	<u>39045,35</u>
Dépenses du 1 <sup>er</sup> janvier 1935 au 31 décembre 1936 :	
Pensions de retraite de MM. Guillaume, Maudet, Reverchon, M <sup>mes</sup> Besson et Huetz.....	12 120,90
Actif au 31 décembre 1936.....	26924,45
Total.....	<u>39045,35</u>

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1936.

Compte I : « Fonds disponibles ».....	183 114,37
Compte II : « Fonds de réserve ».....	87 660,71
Compte III : « Caisse de retraites ».....	<u>26 924,45</u>
Total.....	<u>297 699,53</u>

Le total de l'actif se décompose comme suit :

a. les titres (valeur d'achat) (voir ci-dessous)....	152 504,87
b. 2 lingots d'or.....	88 158,33
pièces d'or.....	820,00
c. 777 £.....	11 831,02
d. Les fonds à vue en banque :	
Caisse des Dépôts et Consignations.....	9 799,76
Crédit Commercial de France.....	9 493,85
Société Générale.....	7 752,55
Banque de France.....	3 715,08
Banque Nationale Suisse.....	12 173,74
Banque Jordaán.....	234,17
e. Espèces en caisse.....	1 216,16
Total.....	<u>297 699,53</u>

Le portefeuille des titres a la composition suivante :

*Titres du Compte I.*

50 obligations rente française 1000/1400, 4 0/0, 1934;	
1251 <sup>fr</sup> de rente 4 0/0 1918;	
1350 <sup>fr</sup> de rente 4,50 0/0 1932 tranche B;	
45 <sup>fr</sup> de rente 4,50 0/0 1932 tranche A;	
30 <sup>fr</sup> de rente 4 0/0 1917;	
30 obligations P. L. M. 5 0/0 1921, tranche A;	
30 obligations Etat 5 0/0 1921, tranche A;	
10 actions de jouissance Suez;	
3 parts de fondateur Suez;	
3050 £ de capital War Loan;	
Prix d'achat.....	124 865,68

TABLEAU A. — Recettes du Compte I de 1930 à 1936.

		1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.	1936.
CONTRIBUTIONS DES ÉTATS :								
Réglementaires de l'année...	fr.-or.	120803,46	143441,06	122065,28	121334,24	137880,94	148461	155516
	fr.-fr.	594957,04	706447,23	601171,51	597571,12	679063,63	—	—
Arriérées .....	fr.-or.	13653,48	34785,20	9877,49	32863,38	22585,04	27868	12286
	fr.-fr.	67243,40	171317,12	48646,65	161852,15	111231,30	»	—
Anticipées.....	fr.-or.	—	22432,20	22475,19	—	1408,97	63	—
	fr.-fr.	—	110478,60	110690,30	—	6939,18	—	—
Total des contributions...	fr.-or.	134456,94	200658,46	154417,96	154197,62	161874,95	176392	167802
	fr.-fr.	662200,44	988242,95	760508,46	759423,27	797234,11	—	—
INTÉRÊTS DES TITRES ET DES FONDS.	fr.-or.	4928,71	3262,70	2758,06	3096,91	1682,32	6151,37	4846,40
	fr.-fr.	24273,91	16068,80	13583,45	15252,29	8285,44	—	—
RECETTES DIVERSES.....	fr.-or.	460,03	463,34	3858,23	1059,70	307,61	213,51	2802,21
	fr.-fr.	2265,65	2311,50	19001,79	5219,02	1514,98	—	—
Remboursement de la Caisse de Retraites.....	fr.-or.	1222,66	2234,28	1646,46	—	—	—	—
	fr.-fr.	6021,60	11003,85	8108,80	—	—	—	—
DEUX TIERS DES TAXES DE VÉRIFI- CATION.....	fr.-or.	—	—	—	—	—	1246,37	2948,19
	fr.-fr.	—	—	—	—	—	—	—
Total général.....	fr.-or.	141068,34	206624,78	162680,71	158354,23	163864,88	184003,25	178398,80
	fr.-fr.	694761,60	1017627,10	801202,50	779894,58	807034,53	—	—

Nota. — Pour les exercices de 1930 à 1934 inclus, on a simplement reproduit les chiffres donnés en francs français par le rapport de 1935, et on les a traduits en francs-or, en les divisant par le coefficient, constant pendant toute cette période, 4,925. A partir de l'exercice 1935, les chiffres sont donnés uniquement en francs-or.

TABLEAU B. — Dépenses du Compte 1 de 1930 à 1936.

CHAPITRES DE DÉPENSES.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.	1936.
<b>A. PERSONNEL :</b>							
Traitements et indemnités... { fr.-or.	78321,19	88439,88	96493,95	101798,50	105411,76	102957,29	98621,46
{ fr.-fr.	385731,85	435566,40	475232,70	501357,60	519152,90	-	-
<b>B. INDEMNITÉ DU SECRÉTAIRE...</b>							
{ fr.-or.	2259,86	3030,44	3018,24	3772,05	3257,61	3022,70	3000
{ fr.-fr.	11129,80	14924,90	14864,85	18577,35	11118,75	-	-
<b>C. FRAIS GÉNÉRAUX D'ADMINISTRATION :</b>							
Entretien des bâtiments et dépendances... { fr.-or.	7760,96	9036,22	10727,75	13228,25	14259,32	10898,62	14631,52
{ fr.-fr.	38222,75	44503,40	52834,15	65149,13	70227,15	-	-
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire. { fr.-or.	3846,65	6927,39	8506,20	3375,35	6380,63	9927,16	15881,46
{ fr.-fr.	18944,75	34117,40	43863,03	16623,61	31424,61	-	-
Chauffage, éclairage, force motrice... { fr.-or.	4574,09	6787,15	8666,73	7158,76	9225,63	5240,31	5837,96
{ fr.-fr.	22527,40	33426,70	42683,65	35256,91	45436,24	-	-
Primes d'assurances... { fr.-or.	973,63	1011,56	1153,62	1481,80	1407,35	1697,28	1864,25
{ fr.-fr.	4795,15	4981,55	5681,60	7297,90	6931,20	-	-
Bibliothèque... { fr.-or.	1607,85	216,42	1831,32	744,34	1339,37	2301,94	910,81
{ fr.-fr.	7918,65	1065,90	9019,25	3665,87	6596,40	-	-
Impressions et publications... { fr.-or.	144,16	6456,81	8222	12184,99	5782,51	6884,57	2518,58
{ fr.-fr.	710	31799,80	40493,33	60011,10	28478,85	-	-
Frais de bureau... { fr.-or.	1153,55	2486,37	1389,09	2537,23	3380,92	3158,17	2088,21
{ fr.-fr.	5681,25	12245,40	6841,28	12495,85	16651,04	-	-
Frais divers et imprévus... { fr.-or.	4381,81	4783,55	6336,77	5672,16	7004,65	5801,77	1428,85
{ fr.-fr.	21580,40	23559,00	32193,60	27935,40	34497,88	-	-
Installations nouvelles... { fr.-or.	41967,82	61989,97	19990,03	28508,77	9582,71	4929,82	1323,07
{ fr.-fr.	206691,50	305300,60	98450,90	140405,69	47194,85	-	-
Déplacements... { fr.-or.	341,09	480,25	190,65	239,51	-	297,07	835,77
{ fr.-fr.	1679,85	2365,25	938,95	1179,60	-	-	-
Versements à la Réserve... { fr.-or.	-	-	-	8366,38	40548,22	-	-
{ fr.-fr.	-	-	-	41204,42	199700,00	-	-
Versements à la Caisse de Retraites... { fr.-or.	-	-	-	-	-	4000	8000
{ fr.-fr.	-	-	-	-	-	-	-
Totaux... { fr.-or.	147332,66	191646,01	167126,35	189068,09	206580,68	161116,70	156941,94
{ fr.-fr.	725613,35	943856,70	823097,29	931160,43	1017409,87	-	-

Nota. — Pour les exercices de 1930 à 1934 inclus, on a simplement reproduit les chiffres donnés en francs français par le rapport de 1935, et on les a traduits en francs-or, en les divisant par le coefficient, constant pendant toute cette période, 4,925. A partir de l'exercice 1935, les sommes sont données uniquement en francs-or.

*Titres du Compte II.*

9 obligations de 30 <sup>00</sup> de rente 3 %/0 amortissable;	
50 obligations Midi 4 %/0;	
57 obligations Midi 2,50 %/0;	
50 obligations Orléans 3 %/0;	
4 actions capital Suez;	
Prix d'achat.....	27 639,19
Total.....	<u>152 504,87</u>

MOUVEMENTS DES VALEURS.

En 1935, 15 obligations Midi 2,50 %/0 ont été remboursées au pair; le emploi a permis le rachat de 22 titres identiques, sans débours, d'où une augmentation de 7 obligations au bilan.

Dans la même année, il a été acheté 1200 £, dont 600 £ appartenant au Compte I et 600 £ au Compte II « Fonds de réserve ». Conformément à une décision de la Commission administrative, en date du 15 octobre 1936, les 600 £ du Compte I ont été employées à l'acquisition de 550 £ de capital nominal War Loan. D'autre part, en 1936, nous avons pour le Compte I acheté 277 £ destinées au paiement de divers instruments commandés à Londres; sur ce total, 100 £ ont été versées aux fournisseurs en 1936, et 125 £ au début de 1937.

Enfin, un deuxième lingot d'or a été acheté à la Banque de France au mois de mai 1936. Cet achat était une provision stable constituée dans divers buts et en particulier en vue de l'acquisition de nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme; nous avons vu que notre Bureau a pu se rendre acquéreur au mois de mars dernier du mètre n° 19 appartenant à l'Autriche. Ce deuxième lingot d'or a été revendu à la Banque de France le 18 mars 1937, conformément à la décision de la Commission administrative.

LA DÉVALUATION DU 1<sup>ER</sup> OCTOBRE 1936.

Mon rapport serait incomplet s'il ne mentionnait pas la dévaluation monétaire du 1<sup>er</sup> octobre 1936, qui fait l'objet d'un chapitre spécial de la Deuxième Partie du Rapport annuel.

Cet événement a eu d'abord pour conséquence immédiate une diminution de l'actif du Bureau, exprimé en francs-or. La perte totale est de 21887,09 francs-or; la perte relative est : 6,48 pour 100. Marquons en passant que si la perte a été limitée à un pourcentage si faible, cela est dû à la répartition de l'avoir du Bureau en trois fractions d'importances voisines : l'or, les valeurs rattachées à la livre sterling, les valeurs rattachées au franc.

D'autre part, les comptes de notre Bureau étant présentés en francs-or, il fallait définir le rapport à adopter pour passer au franc français dévalué ou inversement. La loi monétaire française du 2 octobre 1936 n'a pas fixé de façon immédiate la nouvelle teneur en or du franc français, qui doit cependant rester comprise entre 49<sup>ms</sup> et 43<sup>ms</sup>. En octobre 1936, notre Commission administrative a autorisé le Bureau international à adopter *provisoirement* pour nouvelle valeur du franc français, celle qui correspond à 49<sup>ms</sup> d'or. Il en résulte qu'un franc-or équivaut à 6,583 francs français dévalués. C'est ce taux de conversion 6,583 qui a été indiqué dans la Première Partie du Rapport annuel (1).

Il convient d'observer que la valeur *réelle* du franc, d'après les cours des changes, n'a jamais été aussi élevée : depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1936 jusqu'à maintenant, elle a oscillé entre 43 et 46<sup>ms</sup> d'or, correspondant à un taux de conversion variable entre 7,5 et 7,0. L'acceptation à titre provisoire du coefficient 6,583 a donc pour effet de diminuer un peu les versements effectués au Bureau par les États contractants; et de réduire, dans la même proportion, les traitements et les pensions de retraite du personnel. Un taux un peu plus élevé est actuellement à l'étude devant votre Commission administrative.

M. le PRÉSIDENT félicite MM. CABRERA et PÉRARD de leurs rapports si complets et si intéressants. Les diverses questions qu'ils soulèvent seront examinées par les Commissions.

---

(1) Il est à remarquer qu'en raison de la tenue de la comptabilité en francs-or, tout changement dans le taux de conversion implique un inventaire total de l'avoir du Bureau. Il ne peut donc être question de suivre au jour le jour les fluctuations de la monnaie.

Ces deux rapports sont adoptés à l'unanimité par le Comité.

M. le PRÉSIDENT invite le Comité à procéder à l'élection de 3 membres de la Commission Administrative permanente, qui doivent, suivant le règlement, être de nationalité autre que celle de M. le Directeur du Bureau. M. ZEEMAN, qui est arrivé au terme de son mandat, est rééligible. Pour remplacer MM. Mc LENNAN et JANET, décédés, M. le Président propose MM. KÖSTERS et SEARS.

MM. KÖSTERS, SEARS et ZEEMAN sont élus à l'unanimité.

M. KOSTERS remercie et accepte, sous réserve d'avoir la possibilité de venir à Paris chaque année.

M. SEARS remercie également et accepte sous la même réserve.

M. le PRÉSIDENT prie le Comité de procéder à la nomination de ses deux Commissions. Sur sa proposition, elles sont ainsi constituées :

*Commission des finances* : MM. DEHALU, ISAACHSEN, KARGATCHIN, RAUSZER, STATESCU.

*Commission des travaux* : MM. CHATELAIN, FABRY, KÖSTERS, SEARS, ZEEMAN.

M. le PRÉSIDENT : L'ordre du jour appelle la nomination d'un président du Comité Consultatif de Métrologie pratique.

M. PÉRARD donne lecture d'une lettre de M. le Ministre du Commerce de France qui, pour réaliser un projet lancé il y a quelques années, a convoqué à Paris pour le début de juillet une Conférence de Métrologie pratique.

Il sera proposé à celle-ci de constituer un Comité Consultatif de Métrologie pratique, et le Comité International a accepté dans sa dernière session de désigner le président de ce nouvel organisme, afin d'assurer sa liaison avec le Comité International. M. le Ministre du Commerce demande en conséquence qu'il soit procédé actuellement à la désignation de ce président.

M. SEARS rappelle qu'il est l'auteur de cette proposition; mais il renouvelle les réserves qu'il a faites précédemment. Les rapports du Comité Consultatif avec le Comité International doivent être très lâches et n'entraîner aucune obligation pour le Bureau et le Comité International. D'autre part, il lui paraît délicat de désigner un président pour un Comité qui n'existe pas encore et qui pourrait ensuite ne pas agréer notre choix.

M. PÉRARD indique qu'il s'agit simplement de nommer un président éventuel et que nos Procès-Verbaux ont bien spécifié que nos rapports avec ce Comité seraient très réduits. Mais il lui paraît qu'il ne faudrait pas que des questions de Métrologie scientifique soient discutées devant ce Comité et soumises à des votes sans qu'un de nos représentants puisse intervenir et dire ce qui est du ressort du Comité International et de la Conférence générale des Poids et Mesures.

Après intervention de MM. CABRERA et RAUSZER, et sous les réserves qui précèdent, le Comité désigne à l'unanimité M. RAUSZER comme président éventuel du Comité Consultatif de Métrologie pratique.

M. le PRÉSIDENT rappelle que les deux Comités Consultatifs d'Électricité et de Photométrie actuels formaient à l'origine un seul Comité avec un règlement unique. Ce Comité ayant été scindé, il y a lieu de dédoubler égale-

ment son règlement, en attribuant à chaque branche le texte qui y est relatif.

Cette proposition est adoptée par le Comité à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. SEARS pour la lecture du 5<sup>ème</sup> Rapport du Comité Consultatif d'Électricité.

M. SEARS donne lecture du Rapport, rédigé par M. CRITTENDEN, Rapporteur (1).

M. le PRÉSIDENT remercie M. le Rapporteur et soumet ce Rapport à l'approbation du Comité. Il est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT annonce qu'un membre du Comité Consultatif d'Électricité, M. LOMBARDI, est arrivé au terme de son mandat; il est rééligible.

M. LOMBARDI est réélu à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT invite le Comité à désigner d'autre part un président pour le Comité Consultatif d'Électricité en remplacement de M. Paul JANET, décédé. Il remercie M. SEARS de la façon parfaite dont il a présidé la dernière session, en remplacement de M. KENNELLY éloigné par des raisons de santé. Il propose M. KENNELLY pour remplir ces fonctions.

A l'unanimité, M. KENNELLY est élu président du Comité Consultatif d'Électricité.

La séance est suspendue pendant dix minutes, pour

---

(1) Le texte de ce Rapport est donné à la suite des Procès-Verbaux du Comité Consultatif d'Électricité (p. 127).

permettre aux Commissions de nommer leurs présidents et leurs rapporteurs.

A la reprise de la séance, M. le Président annonce que le choix des membres s'est porté sur les noms suivants :

*Commission des travaux* : Président, M. ZEEMAN ;  
Rapporteur, M. SEARS.

*Commission des finances* : Président, M. ISAACHSEN ;  
Rapporteur, M. STATESCU.

La séance est levée à 17<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ,

Samedi 26 juin 1937.

PRÉSIDENCE DE M. V. VOLTERRA.

---

Sont présents : MM. CABRERA, CHATELAIN, DEHALU, FABRY, ISAACHSEN, KARGATCHIN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER, SEARS, STATESCU, ZEEMAN.

Assistent à la séance : MM. CRITTENDEN, DZIOBEK, YONEDA.

La séance est ouverte à 9<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT annonce qu'il a écrit à M. JOUAUST, directeur intérimaire du Laboratoire central d'Électricité, pour le remercier de l'aimable hospitalité qu'il offre au Comité.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la première séance, qui est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. SEARS, rapporteur de la Commission des Travaux, pour la lecture de son rapport.

M. SEARS donne lecture du rapport suivant :

### Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

La Commission s'est réunie au Laboratoire central d'Electricité le 24 juin, à 9<sup>h</sup>45<sup>m</sup>, sous la présidence de M. P. Zeeman. Étaient présents : MM. Kösters et Sears, membres de la Commission; MM. Volterra, Cabrera, Kargatchin, Pérard, Stasescu, Yoneda, Volet, Bonhoure, invités, assistaient à la séance.

1<sup>o</sup> *Mesures de longueur.* — M. le Président donna la parole d'abord à M. Pérard, qui précisa certains détails du Rapport qu'il avait présenté la veille au Comité. En ce qui concerne la décision prise, de faire retracer certains des mètres, M. Pérard dit que, par un heureux hasard, le Mètre international, choisi à l'origine entre les autres mètres de la série, tout simplement à cause du fait qu'il était reconnu comme ayant une longueur identique, entre les limites des erreurs expérimentales, avec celle du mètre des Archives, porte de très beaux tracés.

Les mètres destinés à être retracés ont été soumis à une série de comparaisons très soignées avant leur départ. Quand il seront de retour, outre le Mètre et ses trois témoins enfermés dans le coffre avec lui, le Bureau aura à sa disposition trois mètres d'usage qui serviront pour les comparaisons ordinaires, un mètre divisé en millimètres avec un millimètre en dixièmes à chaque bout, et un mètre avec division à chaque bout en sixièmes de millimètre, ce qui éliminera, autant que possible, l'influence des erreurs des micromètres dans les déterminations absolues de dilatations. Enfin le mètre I<sub>2</sub>, qui a servi comme intermédiaire dans les comparaisons originales avec le mètre des Archives, sera conservé comme pièce historique.

Une étude minutieuse a fait ressortir les conditions de tracé (longueur et épaisseur des traits) les plus favorables pour atteindre les meilleurs résultats, en tenant compte des modifications prévues pour les microscopes du comparateur Brunner, qui vont avoir un grossissement un peu plus fort. M. Volet a imaginé aussi un moyen de donner une nouvelle symétrie importante aux mesures, en tournant les microscopes de 180° autour de leurs axes. Cette modification va aussi être introduite. M. Pérard a indiqué les difficultés qui, jusqu'à présent, ont empêché de pousser

la précision jusqu'au dixième de micron; mais il espère bien qu'avec les nouvelles dispositions, cette précision sera atteinte, et peut-être même dépassée.

2° *Fils géodésiques.* — M. Pérard expliqua que l'on s'était proposé de remplacer les cordons tressés, au moyen desquels la tension de 10 kilogrammes-poids est transmise aux fils, par des rubans en acier de section de  $7^{\text{mm}}$  sur  $0^{\text{mm}},08$ , en vue d'éliminer les erreurs pouvant provenir de variations dans le diamètre du cordon. Il signale également la tendance des poulies à retourner en arrière après déplacement dans un sens quelconque. M. Sears exprima la crainte que l'usage d'un ruban d'acier ne donnât lieu à des déboires à cause, de la réaction élastique du ruban. Des expériences faites au National Physical Laboratory ont montré qu'il y a lieu de prendre garde. M. Pérard pensa qu'on pourrait éliminer l'inconvénient signalé en abaissant encore l'épaisseur du ruban, peut-être à  $0^{\text{mm}},05$ .

M. Bonhoure rappela qu'il existe toujours une légère divergence entre le Bureau International et les Laboratoires nationaux au sujet des longueurs des fils géodésiques. Il y aurait lieu peut-être d'envisager un renouvellement du comparateur géodésique.

M. Pérard signala que M. Bonhoure avait proposé une modification très intéressante; il s'agit de munir les fils de réglettes spéciales à double graduation, dont une partie servira pour les comparaisons ordinaires à la loupe, tandis que l'autre partie pourra être utilisée pour les observations précises au microscope.

3° *Expériences interférentielles.* — M. Pérard indiqua que la transformation de l'interféromètre de Michelson était en cours d'exécution. Les étalons à bouts chromés ont été faits d'une forme qui permettra également leur comparaison directe avec ceux du National Physical Laboratory et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt dans les appareils de ces deux Laboratoires. Le chromage de l'invar s'est montré une opération délicate; mais il a été bien exécuté par les soins de la maison Fescol. Les étalons ont été soumis à l'étuyage par le Bureau; et le polissage des étalons va être achevé par la maison Pitter Gauge and Precision Tool Company, et celui des plans chromés par la maison Hilger.

Le Bureau n'a pas fait beaucoup de travaux à l'interféromètre;

cependant, il y a un point intéressant à signaler : la détermination des étalons de  $10^{\text{cm}}$  en quartz fondu, que le National Bureau of Standards a confiés au Bureau, a donné une concordance parfaite des observations. Mais M. Pérard indiqua qu'il avait rencontré beaucoup de difficultés pour obtenir les contacts optiques. Quand on exerce une certaine pression, le contact commence à s'établir sur une partie de la surface; l'adhérence est alors très forte, et pour la réaliser complètement, il faut quand même déplacer encore les surfaces l'une contre l'autre; et il peut alors se produire des rayures s'il y a la moindre particule interposée.

M. Sears indiqua qu'au National Physical Laboratory les mesures des étalons en quartz fondu ont été faites en mettant l'étalon sur un plan en quartz cristallisé; l'étalon était collé par adhérence moléculaire; pour le retourner, il a fallu le décoller en le plongeant dans l'eau. Les résultats des premières mesures étaient en bon accord avec ceux du National Bureau of Standards; mais les résultats suivants, après nouvelle adhérence des étalons, étaient un peu différents. La cause est peut-être à rechercher dans les variations de la perte de phase à la surface du quartz cristallisé, suivant l'histoire antérieure de cette dernière. Les mesures vont être reprises avec des plans en quartz fondu.

M. Cabrera signala un mémoire de Jacques Curie sur les propriétés diélectriques du quartz, où l'on trouverait peut-être les éléments d'une explication de ce phénomène.

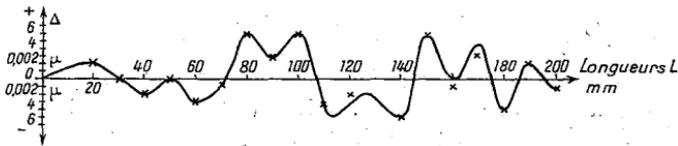
4<sup>o</sup> *Déterminations du Mètre en longueurs d'onde.* —

M. Kösters donna le résultat d'une nouvelle détermination du Mètre en longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium, effectuée par l'intermédiaire de la raie jaune-verte du krypton à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Le nouveau résultat est en bonne concordance avec la valeur de Fabry et Pérot et avec le résultat moyen des autres observateurs.

M. Kösters présenta encore les résultats d'une étude sur les écarts des longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium en comparaison de la raie jaune-verte du krypton, suivant les différences de marche. Ces résultats ont été obtenus en mesurant des étalons de différentes longueurs jusqu'à  $200^{\text{mm}}$  avec la raie rouge du cadmium et avec la raie jaune-verte du krypton. Les variations de la raie jaune-verte du krypton, suivant les

différences de marche, ont été étudiées, par exemple, en mesurant la longueur d'un étalon de 200<sup>mm</sup>, soit avec un seul intervalle, soit comme la somme de deux intervalles, chacun de 100<sup>mm</sup>. Les écarts de longueur d'onde de la raie jaune-verte du krypton restent à l'intérieur des erreurs possibles d'observation, qui sont très étroites. Les expériences ne sont pas encore achevées. Pour la raie rouge du cadmium, on a trouvé une courbe complexe, avec des écarts atteignant 0,005 ou 0,006  $\mu$ . Cette courbe est reproduite ci-dessous.



$$\Delta = L_{Cd} \text{ rouge} - L_{Kr} \text{ jaune-vert.}$$

M. Kösters termina son exposé en disant : « D'après ces expériences, la longueur d'onde trouvée ne paraît pas indépendante de la différence de marche employée », et a émis la suggestion que si l'on corrigeait les résultats des déterminations du Mètre en longueurs d'onde selon les longueurs des étalons employés par les divers observateurs, les différences entre les résultats seraient sensiblement réduites.

M. Sears attira l'attention sur le fait que le National Physical Laboratory a employé deux étalons, de 83<sup>mm</sup> et de 112<sup>mm</sup> approximativement, et n'a trouvé aucune différence sensible.

M. Pérard remarqua que l'on accusait précédemment le mètre en platine iridié de ces écarts; il semble que celui-ci n'est donc pas si mauvais qu'on l'avait dit.

M. Sears dit que ce n'était pas le mètre prototype dont on se méfiait, mais l'erreur expérimentale qui s'attache à une succession de comparaisons de mètres à traits, et en particulier au passage du mètre à traits aux mètres à bouts.

M. Kösters présenta les propositions suivantes, qui ont été approuvées par la Commission :

« Le Bureau international des Poids et Mesures et les grands Laboratoires nationaux sont sollicités de faire des expériences avec les lumières du cadmium et du krypton dans le but d'éviter :  
1° l'effet Doppler (par exemple, par raie moléculaire ou par

refroidissement); 2° l'effet des isotopes (par séparations et isolement des isotopes, en particulier l'isotope 84 du krypton).

Chaque Laboratoire choisira les méthodes les mieux appropriées ».

5° *Expériences concernant la perte de phase par réflexion sur surfaces métalliques.* — Enfin, M. Kösters donna quelques renseignements sur une étude de la réflexion de la lumière par les surfaces polies des étalons à bouts, qui a abouti à la découverte d'une relation simple entre la perte de phase par réflexion sur la surface et la diffusion provoquée par cette dernière. On sait que dans la réflexion à la surface d'un milieu transparent, il y a un écart de phase normal d'une demi-longueur d'onde. Sur une surface d'acier parfaitement polie la diminution devient  $(0,5 - 0,01 \text{ à } 0,02)\lambda$ . Suivant le degré de polissage de la surface l'écart de phase devient  $(0,5 - x)\lambda$ , où  $x$  peut atteindre 0,15 ou plus. La relation trouvée est la suivante : l'effet sur la perte de phase dû au polissage est proportionnel à la fraction de la lumière diffusée par réflexion sur la surface d'acier. La différence de perte de phase pour les diverses sortes d'acier est si faible, que l'on peut la négliger, et prendre une valeur moyenne.

6° *Indice de réfraction de l'air.* — M. Sears communiqua les résultats des mesures de l'indice de réfraction de l'air sec et exempt de  $\text{CO}_2$  effectuées au National Physical Laboratory pour huit radiations du spectre visible à des températures allant de  $12^\circ\text{C}$  à  $30^\circ\text{C}$  et à des pressions s'étendant de 100 jusqu'à  $800^{\text{mm}}$  de mercure. Ces résultats se trouvent résumés dans l'Annexe n° 2 (p. 93). Les résultats de Sears et Barrell au National Physical Laboratory sont compris entre ceux de Pérard au Bureau international des Poids et Mesures, et de Kösters et Lampe à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. La valeur trouvée pour le coefficient de température, en accord avec ces derniers, est bien près de celle trouvée par d'autres observateurs pour la dilatabilité de l'air, et diffère un peu de celle trouvée par Pérard. En conséquence, les résultats, qui sont très près de ceux de Pérard à  $15^\circ\text{C}$ , ne le sont pas également à  $20^\circ\text{C}$ . Une différence à peu près constante est constatée entre ces nouveaux résultats et ceux de Kösters et Lampe. D'autre part, en répétant les expériences après deux années, on n'a trouvé aucune indication de l'effet Tilton, selon lequel l'indice de réfraction doit suivre les variations de taches sur la surface solaire.

M. Kösters remarqua que la différence constante entre le N. P. L. et la P. T. R. paraît indiquer un effet expérimental agissant uniformément sur tous les résultats d'une série, comme ferait, par exemple, une erreur dans les mesures barométriques. La différence, bien que petite, est tout de même plus grande qu'on ne l'aurait attendue.

M. Kösters signala encore qu'il avait renfermé l'air dans une chambre métallique et fait varier la température de la chambre; la réfraction est restée constante; elle dépend alors seulement de la densité de l'air.

M. Pérard demanda si M. Kösters avait éliminé l'influence de la dilatation de la chambre suivant les variations de température et de pression. M. Kösters répondit affirmativement; en outre, il avait fait des expériences sur l'air ambiant pendant plusieurs années et par comparaison avec de l'air normal conservé dans un récipient. Les résultats montrent qu'à la même température et à la même pression, la réfraction de l'air est absolument la même au cours des ans.

7° *Balances.* — M. Pérard avait signalé dans son Rapport les ennuis qu'il avait eus avec les balances. Il expliqua que la balance Rueprecht n° 1 ne présentait plus la fidélité d'autrefois. On l'avait fait nettoyer, mais sans grande amélioration. Il reste à retoucher les couteaux, ce que l'on va faire. Pour libérer la balance Rueprecht, M. Bonhoure avait remis en état la balance Bunge, qui est disposée de façon à permettre des pesées dans le vide. On doit se méfier, tout de même, des pesées dans le vide car on sait bien aujourd'hui que tous les métaux absorbent à leur intérieur, et adsorbent à leur surface, des gaz, qu'ils dégagent ensuite dans le vide pour les reprendre à l'air, ce qui fait varier leur masse. Pour le présent, on se sert de la balance Bunge à la pression ambiante; et elle donne de bons résultats.

M. Sears signala que le National Physical Laboratory avait fait récemment construire une nouvelle balance, de premier ordre, qui, quoique donnant de bons résultats, n'avait pas atteint la précision espérée. On avait recherché longtemps les causes des irrégularités, qui correspondraient à un déplacement du couteau central de l'ordre de  $2,5 \cdot 10^{-6}$  mm, par suite des déclenchements successifs. On avait varié les systèmes d'enclenchement sans obtenir d'amélioration notable; et l'on avait trouvé quelque chose de comparable sur toutes les autres balances essayées.

Enfin, on avait supprimé tous les enclenchements entre les pesées consécutives et obtenu des résultats dix fois meilleurs. Ce n'est pas seulement une question de variation d'orientation dans les diverses pièces de la balance pouvant résulter des déclenchements successifs; car on a opéré avec un fléau nu, sans aucune pièce suspendue. Il semble y avoir une cause plus profonde : quand le couteau arrive en contact avec le plan, il s'établit une relation moléculaire entre la couche superficielle du couteau et celle du plan. Cette relation se modifie si l'on relève le couteau, et ne se reproduit pas identiquement lors d'une nouvelle pesée.

M. Cabrera : autrement dit, la relation entre les deux parties n'est pas simplement géométrique, mais d'ordre physique.

8° *Comparaisons des kilogrammes.* — M. Pérard rappela que M. Sears avait demandé, pour 1939, qu'on ressortit le Kilogramme international et ses témoins en vue d'une comparaison générale. Si d'ici là les circonstances permettaient d'acheter un nouveau témoin, suivant la décision de la Commission Administrative, on le comprendrait dans les comparaisons. En tout cas, il faut demander au Comité international l'autorisation de faire sortir du caveau le Kilogramme prototype et ses quatre témoins, le moment venu.

Cette proposition est adoptée.

M. Sears rappela qu'il avait émis également l'idée qu'on pourrait peut-être demander aussi le kilogramme des Archives pour le comparer en même temps. La raison de cette démarche est que l'on a constaté sur les étalons en platine de la livre anglaise une diminution d'environ  $1/5000000^e$  par rapport à ceux du kilogramme en platine iridié, pendant 50 années écoulées. Une explication de cette anomalie serait peut-être que les livres, qui sont plus anciennes que les kilogrammes, étaient construites de mousse de platine à une époque où le procédé moderne permettant de préparer le platine forgé n'avait pas encore été mis en œuvre. Il serait alors très intéressant de savoir si le kilogramme des Archives, encore plus ancien, a aussi varié de poids dans le même sens.

9° *Thermomètres en quartz fondu.* — M. Pérard attira l'attention des membres de la Commission sur les expériences faites au Bureau sur les thermomètres en quartz fondu. Les premiers exemplaires de tels thermomètres étaient très beaux,

mais la deuxième livraison, peut-être meilleure quant à l'uniformité de la tige, avait des stries nuisibles dans le quartz. L'étude de ces thermomètres paraît bien démontrer la fixité de leur zéro, ce qui donne le moyen d'éliminer pour toujours les incertitudes dues aux déplacements de l'échelle dans l'usage des thermomètres à mercure ordinaires.

10° La Commission tient à féliciter M. le Directeur du Bureau et ses collaborateurs de leurs travaux si importants et si intéressants exposés dans le Rapport.

*Le Rapporteur,*

J.-E. SEARS junior.

*Le Président,*

P. ZEEMAN.

Ce rapport, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. STATESCU, rapporteur de la Commission des Finances, pour la lecture de son rapport.

M. STATESCU donne lecture du rapport suivant :

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

La Commission, composée de MM. Isaachsen, Dehalu, Kargatchin, Rauszer et Statescu, s'est réunie le 25 juin 1937, au Pavillon de Breteuil.

Étaient présents tous les membres ci-dessus indiqués. Étaient également présents : M. Pérard, Directeur du Bureau, et M. Minault, archiviste-comptable.

M. Isaachsen avait été élu président et M. Statescu rapporteur, dans la séance du Comité du 23 juin 1937.

Dans la première partie, la Commission a examiné les comptes du Bureau, ainsi que les documents originaux ; elle a vérifié la caisse, et a trouvé que tout est dans un ordre parfait ; elle propose donc de donner décharge à la direction du Bureau pour sa gestion au cours des années 1935 et 1936.

Dans la seconde partie, M. Cabrera, Secrétaire de la Commission Administrative permanente, a présenté le projet de budget

du Bureau international des Poids et Mesures pour l'année 1938 (voir p. 77). La Commission des Finances a entièrement approuvé ce projet qu'elle propose au Comité international.

*Le Rapporteur,*  
C. STATESCU.

*Le Président,*  
D. ISAACHSEN.

Ce rapport, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT remercie MM. SEARS et STATESCU de leur travail, qui résume si bien l'activité des deux Commissions nommées par le Comité.

Puis il donne la parole à M. SEARS pour la lecture du rapport du Comité consultatif de Photométrie.

M. SEARS donne lecture du Rapport rédigé par M. BORDONI, rapporteur (1).

M. le PRÉSIDENT met aux voix ce rapport, qui est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT remercie M. SEARS de la façon pleine de tact et d'autorité dont il a présidé, à sa demande, la dernière session du Comité consultatif de Photométrie, en remplacement de M. PAUL JANET, décédé.

M. SEARS ajoute qu'il a fait de son mieux; mais il n'a rempli ces fonctions qu'à titre provisoire, et il s'en démettra bien volontiers au profit d'un autre membre plus qualifié.

M. le PRÉSIDENT propose d'appeler à la présidence du Comité consultatif de Photométrie M. CHARLES FABRY, qui est en même temps président de la Commission internationale de l'Éclairage.

---

(1) Le texte de ce Rapport est donné à la suite des Procès-Verbaux du Comité consultatif de Photométrie (p. 229).

M. FABRY est élu à l'unanimité président du Comité consultatif de Photométrie.

M. le PRÉSIDENT : L'ordre du jour appelle la question de la constitution éventuelle d'un Comité consultatif de Thermométrie.

M. PÉRARD rappelle que tous les membres du Comité ont déjà été mis au courant par correspondance d'une proposition de M. KEESOM, président du Comité thermométrique de l'Institut international du Froid (Voir Annexe 3, page-96). Il relit la lettre de M. KEESOM, qui conclut en demandant la coopération du Comité international avec l'Institut du Froid par l'établissement d'un Comité consultatif de Thermométrie. M. PÉRARD refait l'historique complet de cette question, qui a été évoquée déjà en 1913 et qui s'est orientée d'abord vers l'idée d'une Conférence générale de Thermométrie, approuvée par la Conférence générale des Poids et Mesures de 1933. Depuis lors, étant donnés les grands services rendus par les Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie, on a évolué vers la création d'un Comité consultatif de Thermométrie, qui verra d'ailleurs s'il y a lieu de convoquer plus tard une Conférence générale de Thermométrie. Avant d'entrer dans les détails d'organisation de ce Comité consultatif, il lui paraît qu'il y a lieu de trancher d'abord la question de principe.

M. CHATELAIN apporte l'adhésion complète de l'U. R. S. S. à ce projet; la question des très hautes et des très basses températures prend une telle importance dans la science et dans la technique, qu'elle justifie amplement la création de ce Comité.

Aucun autre membre ne demandant la parole, M. le PRÉSIDENT met aux voix la question de principe. Le

Comité se déclare unanimement favorable à la création d'un Comité consultatif de Thermométrie.

M. PÉRARD présente alors un projet d'organisation de ce Comité, semblable à celui des Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie, mais avec une représentation plus étendue de certains laboratoires (voir p. 100).

M. SEARS estime qu'au point de vue de la composition du Comité, il serait préférable de rester un peu plus dans le vague, comme on l'a fait pour les autres Comités consultatifs, et de se borner à prévoir des représentants des Laboratoires nationaux désignés par le Comité international, et des membres personnels désignés également par le Comité.

M. CABRERA : On peut concilier les deux opinions exprimées en adoptant un règlement général assez vague et en conservant les indications précises de M. PÉRARD comme règle intérieure.

M. SEARS verrait un inconvénient à demander à des institutions qui ne s'occupent pas directement de la question, de nommer des représentants, comme le prévoit le projet de M. PÉRARD. D'autre part, il préférerait qu'au lieu de prévoir un représentant du Laboratoire cryogénique, qui n'est pas un Laboratoire national, on désigne simplement M. KEESOM, à titre de spécialiste.

M. FABRY : Ne pourrait-on donner au Comité consultatif le droit de cooptation, qui lui permettrait de choisir des spécialistes ?

M. PÉRARD : Au point de vue de l'opportunité internationale, il est absolument nécessaire que les pays les plus importants soient représentés ; c'est pourquoi, en l'absence

de Laboratoires spécialisés chez deux d'entre eux, il a prévu la désignation par un corps scientifique important. D'autre part, la procédure employée ne peut être ici tout à fait la même que pour les deux autres Comités consultatifs; ceux-ci ont été créés par une décision de la Conférence générale, qui a ensuite renvoyé au Comité international la désignation des membres.

M. CABRERA propose de rédiger un projet de règlement général qui sera transmis à la Conférence générale de 1939, mais, sans attendre la ratification de celle-ci — qui paraît certaine puisque la dernière Conférence a déjà autorisé la convocation d'une Conférence de Thermométrie —, d'adopter un règlement intérieur pour la nomination du nouveau Comité consultatif. En ce qui concerne la présidence de ce Comité, il lui semble normal que la règle soit uniforme pour tous les Comités consultatifs.

Comme conclusion de cet échange de vues, MM. CABRERA, PÉRARD et SEARS sont chargés de préparer des textes précis à soumettre à la prochaine séance.

M. SEARS signale qu'il y a actuellement trois vacances dans le Comité consultatif d'Électricité, certains de ses membres ayant passé au Comité consultatif de Photométrie. Il propose qu'on entre en rapport avec la Commission Electrotechnique Internationale, pour lui demander de proposer deux membres nouveaux, une place restant vacante.

M. PÉRARD : Cette désignation devra se faire en liaison avec nous, pour tenir compte de la représentation des pays.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. SEARS, chargé par

le Gouvernement britannique de présenter une proposition.

M. SEARS : Il ne s'agit pas à proprement parler d'une proposition, mais d'une suggestion inspirée par le souci de l'avenir du Bureau au point de vue financier. Les dépenses du Bureau paraissent proportionnelles aux travaux qu'il doit exécuter, travaux ordinaires et travaux extraordinaires, ce dernier terme du règlement n'étant d'ailleurs pas très clair. Or, à l'avenir il faudra faire face aux dépenses nécessitées par les comparaisons des étalons, non seulement de longueur et de masse, mais aussi d'électricité et de photométrie, et ces dernières seront beaucoup plus fréquentes. Ces comparaisons seront faites, non pas tant pour les grands pays, qui ont déjà des Laboratoires nationaux, que pour les moyens et petits pays, qui n'en ont pas. En face de l'accroissement des dépenses, il faut étudier une répartition des recettes qui soit proportionnelle aux services rendus. Il y aurait danger pour l'avenir du Bureau si ses travaux allaient en croissant sans que ses recettes s'augmentent corrélativement. Or, le Gouvernement britannique n'envisage pas la possibilité d'augmenter sa subvention pour les travaux additionnels du Bureau. C'est pourquoi il suggère que cette question soit mise dès maintenant à l'étude.

M. PÉRARD : La question soulevée est déjà ancienne, mais n'avait pas été comprise sous la forme où elle se présente aujourd'hui. Précédemment, on avait posé la question des taxes de vérification, dont on estimait le produit insuffisant. On a demandé aux divers Laboratoires nationaux de communiquer leurs tarifs et on a constaté qu'ils ne différaient guère de ceux du Bureau; on n'a donc pas apporté de modifications. Aujourd'hui, on semble demander autre chose. Mais il faut remarquer que

le Bureau n'a réclamé aucune augmentation de crédits et n'en envisage aucune dans un avenir prochain. L'électricité est entrée depuis dix ans dans le cadre du Bureau sans avoir occasionné une augmentation notable des demandes d'étude. D'après un tableau qui a été dressé des vérifications taxées et non taxées dans le passé, il ne semble pas qu'il faille attendre grand chose d'un droit sur les vérifications non taxées.

M. SEARS fait observer que les travaux du Bureau n'augmenteront sensiblement qu'à partir de 1940. Quand la prochaine Conférence aura sanctionné les nouvelles unités électriques et lumineuses, les demandes de comparaison afflueront. D'autre part, on se trouvera dans une situation de plus en plus difficile si l'on attend; car on aura laissé s'ancrer la coutume des services gratuits pour les États, et l'on se heurtera à des oppositions quand on voudra les restreindre. Il faudrait fixer une limite aux services gratuits.

M. PÉRARD continue à penser qu'à moins d'une nouvelle aggravation des circonstances économiques, les recettes actuelles du Bureau suffiront dans l'avenir. Toutefois, il est prêt à accepter une limitation des services gratuits.

M. STATESCU propose l'établissement d'une proportionnalité dans les travaux gratuits que les pays pourront demander.

M. CABRERA propose qu'on fixe d'une façon précise les travaux gratuits qu'un État pourra demander, par exemple uniquement ceux qui sont destinés à des services officiels, et non à des institutions ou des personnes particulières.

M. RAUSZER estime qu'il sera utile que chaque pays indique l'organe qui aura le droit de demander des travaux gratuits.

M. PÉRARD : En principe, on ne devait accorder, jusqu'à présent, la gratuité qu'aux travaux demandés par une ambassade ou une légation.

M. le PRÉSIDENT propose que la suite de la discussion soit renvoyée à la prochaine séance.

La séance est levée à 11<sup>h</sup>40<sup>m</sup>.

---

**PROCÈS-VERBAL**  
**DE LA TROISIÈME SÉANCE.**

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Mardi 29 juin 1937.

PRÉSIDENCE DE M. V. VOLTERRA.

---

Sont présents : MM. CABRERA, CHATELAIN, FABRY, ISAACHSEN, KARGATCHIN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER, SEARS, STATESCU, ZEEMAN.

Assistent à la séance : MM. CRITTENDEN, YONEDA, VOLET, BONHOURS.

La séance est ouverte à 15<sup>h</sup>5<sup>m</sup>.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la dernière séance. Ce procès-verbal est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT communique une lettre qu'il a reçue de M. Ch.-Ed. GUILLAUME, en réponse au télégramme de sympathie envoyé au nom du Comité. M. GUILLAUME exprime sa joyeuse surprise et ses remerciements, en regrettant que le soin de sa santé l'ait éloigné de Paris pendant la session actuelle du Comité.

M. le PRÉSIDENT invite M. le Secrétaire de la Commission Administrative permanente à présenter son rapport.

M. B. CABRERA donne lecture du rapport suivant :

**Deuxième Rapport**  
**du Secrétaire de la Commission Administrative.**

La Commission Administrative permanente a tenu ses dernières réunions le 22 et le 25 de ce mois de juin, respectivement au Pavillon de Breteuil et au Laboratoire Central d'Électricité. Elle a pris connaissance du rapport du secrétaire sur la transmission des pouvoirs et les diverses opérations d'inventaire faites à cette occasion. Ce rapport a été approuvé, et en conséquence, on a donné décharge définitive et complète, par un vote unanime, à M. Ch.-Ed. Guillaume pour sa gestion comme directeur du Bureau. Ainsi cette direction et la gestion des fonds sont passées effectivement à M. Pérard, sous réserve de la ratification définitive par le Comité international, ratification prononcée depuis lors.

M. Pérard a fait connaître que les versements du personnel à la Caisse de Retraites sont régularisés pour les quelques fonctionnaires qui faisaient exception à la règle générale. Bientôt tout sera rentré dans l'ordre.

M. Pérard suggère aussi qu'il serait juste de proposer à la prochaine Conférence générale certaines modifications dans quelques articles du Règlement des retraites, dont voici le texte (les mots en italique indiquent les changements ou additions).

**RÈGLEMENT**

*concernant l'organisation d'une Caisse de retraites  
en faveur du personnel du Bureau international  
des Poids et Mesures.*

« **ARTICLE PREMIER.** — Tout fonctionnaire ou employé du Bureau international des Poids et Mesures qui, après *quinze* ans de service, deviendrait, par suite d'infirmités, de maladie ou d'affaiblissement de ses forces, incapable de continuer à remplir ses fonctions, recevra une pension de retraite, calculée sur la base des *trente-trois-centièmes* de la moyenne des traitements réguliers des *trois* dernières années, augmentée d'un centième de cette moyenne pour chaque année de service au delà de *quinze* ans. Toutefois, cette pension ne pourra pas être supérieure à la moitié de ladite moyenne.

« ART. 2. — Tout fonctionnaire ou employé du Bureau international des Poids et Mesures aura également droit à une pension de retraite, calculée sur les bases fixées à l'article 1, si après avoir accompli sa soixantième année d'âge et sa trentième année de service dans le Bureau, ou après avoir accompli sa soixante-cinquième année d'âge et au moins sa *quinzième* année de service dans le Bureau il demande à se retirer, alors même qu'il ne justifierait pas de l'incapacité prévue à l'article 1 pour la cessation de ses fonctions avant les limites d'âge fixées ci-dessus.

« ART. 3. — En cas de décès d'un des fonctionnaires ou employés du Bureau qui a plus de *quinze* ans de service, ou d'un ancien fonctionnaire ou employé déjà retraité, et qui laisse une veuve avec ou sans enfants, il sera accordé à la veuve une pension qui sera égale à la moitié de celle que le défunt touchait, ou à laquelle il aurait eu droit, d'après les articles 1 et 2, à l'époque de sa mort. Cette pension ne pourra pas être inférieure à 500 francs. Si le défunt laisse une veuve avec un ou plusieurs enfants *nés ou à naître du défunt*, n'ayant pas dépassé la vingt-et-unième année, il sera versé en outre à la veuve, et pour chaque enfant *remplissant les conditions ci-dessus*, un dixième de la pension attribuée à l'époux défunt, sans que la totalité des sommes versées pour la veuve et les enfants puisse dépasser la pension que le défunt touchait, ou à laquelle il aurait eu droit. Si le défunt ne laisse pas de veuve, mais un ou plusieurs enfants n'ayant pas encore dépassé la vingt-et-unième année, il sera versé aux mains de leur tuteur une allocation annuelle qui sera, pour chacun des deux premiers enfants au-dessous de l'âge indiqué, égale aux deux dixièmes de la pension attribuée à leur père, et, pour chaque enfant en plus, égale à un dixième de cette pension, sans que la somme totale annuelle versée aux enfants puisse dépasser le montant de la pension qui était, ou qui aurait été attribuée à leur père.

« ART. 4. — Les pensions et allocations définies aux articles 1 à 3 seront servies par le Comité international des Poids et Mesures, au moyen des ressources suivantes :

« 1<sup>o</sup> Une somme de 25000 francs, une fois versée, qui formera, avec les intérêts à accumuler, la base de la caisse de ces pensions de retraite; ce capital ne pourra pas être entamé pour servir aux versements des pensions.

« 2° Les contributions annuelles à fournir à la Caisse de retraites par les fonctionnaires ou employés du Bureau eux-mêmes, et qui seront calculées sur la base de 4 pour 100 du total de leurs traitements ou indemnités fixes annuelles;

« 3° Un tiers des recettes provenant des taxes de vérification, ainsi qu'il est prévu à l'article 15 du Règlement annexé à la Convention du Mètre.

« ART. 5. — Sous le contrôle du Comité, et sous la haute surveillance des Conférences générales, le bureau du Comité est chargé de l'administration et du placement, dans les meilleures conditions possibles, du fonds de 25 000 francs et des sommes accumulées par les intérêts composés, ainsi que par les ressources indiquées dans les 2° et 3° alinéas de l'article 4, avec leurs intérêts composés.

« Le fonctionnaire ou l'employé qui quitterait volontairement le service du Bureau sans que les conditions des articles 1 et 2 fussent remplies, aurait le droit de demander la restitution du total de ses contributions, toutefois les intérêts non compris. *En cas de décès dans les mêmes conditions, la veuve et à défaut les enfants mineurs auront droit à cette restitution.*

« ART. 6. — Si, dans l'avenir, les ressources énumérées dans l'article 4, en tenant compte des restrictions contenues dans l'article 5, ne suffisaient pas pour satisfaire complètement aux engagements contractés par les articles 1, 2 et 3, le Comité serait autorisé à recourir, sans que les contributions des États signataires puissent être augmentées, aux ressources réglementaires du Service international des Poids et Mesures, en utilisant des économies qu'on serait en état de réaliser dans différents chapitres des dépenses. »

Cette proposition a été adoptée à l'unanimité.

Pour la première fois, on a eu l'occasion d'appliquer la procédure établie par la Commission Administrative permanente pour le recrutement du personnel scientifique du Bureau. En vue de la nomination d'un assistant, M. Pérard a provoqué la présentation d'un certain nombre de candidatures de personnes qualifiées par leurs titres et travaux scientifiques pour les fonctions à remplir. Dans un rapport présenté à la Commission, sont analysés les mérites et conditions de ceux qui ont demandé

leur admission, et il arrive à la conclusion de proposer la nomination de M. Terrien comme assistant de 3<sup>e</sup> classe, avec l'ancienneté rétrospective au 1<sup>er</sup> janvier 1937, pour l'avancement seulement. La Commission a autorisé M. le Directeur à faire cette nomination.

En même temps, M. Pérard propose la nomination de M. Nicolas Cabrera comme assistant provisoire de 4<sup>e</sup> classe, et obtient aussi cette autorisation de la Commission, sauf la voix de M. B. Cabrera, qui déclare s'abstenir.

La Commission, satisfaite de la suite donnée à son désir d'amélioration dans la procédure de recrutement du personnel scientifique, veut encourager les initiatives du Directeur du Bureau pour stimuler les assistants dans le sens de la recherche scientifique, en leur donnant le temps nécessaire, de façon à continuer la tradition si remarquable du Bureau.

M. le Directeur annonce qu'il a engagé comme calculateur-stagiaire de 2<sup>e</sup> classe M. Péronno, et nommé M. Trichard mécanicien-stagiaire, à titre temporaire, puisque M. Michard est parti au service militaire. Il signale encore un petit avancement pour M. Chemidlin, qu'il se propose d'élever à la 2<sup>e</sup> classe à partir du 1<sup>er</sup> juin 1937.

Il propose aussi les augmentations suivantes :

A partir du 1<sup>er</sup> octobre 1937, 700 francs-or pour M. Minault, archiviste-comptable.

A partir du 1<sup>er</sup> juillet 1937, 184 francs-or à M<sup>me</sup> Babolat, sténo-dactylographe; 122 fr. à M<sup>me</sup> Brochard, sténo-dactylographe; 250 fr. à M. Hanocq, mécanicien; 33 fr. à M. Michard, mécanicien; 142 fr. à M. Leveugle, gardien; 161 fr. à M. Gillon, gardien; 100 fr. à M. Trichard, mécanicien-stagiaire.

Toutes ces propositions sont approuvées par la Commission.

En tenant compte des avantages indubitables qu'il y a à donner aux ateliers du Bureau tout ce qui est nécessaire pour les constructions des divers instruments, la Commission autorise le Directeur à engager un nouveau mécanicien pour réaliser ces constructions, dans tous les cas où il en résulterait des conditions avantageuses.

M. Pérard, faisant réponse à une demande de M. le Président, a rendu compte de la répercussion qu'aura la loi de 40 heures dans le travail du Bureau.

La Commission a connu les détails des travaux exécutés et en

cours, qui avaient été autorisés pendant la dernière réunion, et a approuvé le programme de remise en état progressive des bâtiments et dépendances, fixant l'ordre d'urgence avec une estimation approximative des dépenses correspondantes. Un tel programme doit être accompli au cours des années prochaines.

En examinant les recettes de 1936 et 1937, la Commission trouve que les paiements des États se font régulièrement, soit suivant le coefficient 6,583 francs français pour chaque franc-or, soit suivant le montant de chaque contribution au cours du jour. Pour l'année 1938 si la situation monétaire actuelle subsiste, M. Pérard propose d'adopter l'équivalence du franc-or à 7,013 francs français dévalués. Il y aura lieu d'ajouter aux instructions habituelles : « Pour les États qui voudront se libérer en francs français, le taux sera de 1 franc-or = 7,013 francs français. Toutefois, tous les États conservent le droit de payer en valeur or ».

Cette proposition est adoptée par la Commission.

Sur la demande de M. Pérard, la Commission a accepté d'attendre encore pour convertir 600 £ en fonds suisses jusqu'à ce qu'une occasion favorable se présente.

On a récupéré environ 27000 francs français sur les sommes dues par l'ancien architecte, lesquels, suivant accord précédent de la Commission, doivent servir à l'achat d'instruments.

On a acheté le mètre n° 19 de la grande coulée Matthey, appartenant précédemment à l'Autriche, d'accord avec l'autorisation donnée l'année dernière par la Commission; mais il a été impossible d'acquérir les deux kilogrammes prévus, au prix de 12000 à 13000 francs-or fixé, cette somme étant aujourd'hui dépassée par le prix de la matière seule. La Commission, après discussion, autorise M. Pérard à acheter un seul kilogramme au prix maximum de 8000 francs-or et deux au prix maximum total de 15000 francs-or.

A cette occasion, M. Cabrera suggère, et la Commission accorde, de faire les démarches nécessaires pour obtenir que chaque État fournisse l'histoire de l'utilisation de chaque kilogramme, qui l'accompagnera chaque fois qu'il devra être envoyé au Bureau en vue de sa comparaison.

M. Pérard présente un projet de budget pour 1938, que la Commission accepte à l'unanimité, l'envoyant à la Commission des Comptes et des Finances pour son approbation.

PROJET DE BUDGET 1938 (COMPTE I).

<i>Recettes.</i>	Prévisions francs-or.
Contributions des États.....	166 400
Intérêts des titres et des fonds :	
Compte I.....	4 000
Compte II.....	800
2/3 des taxes de vérification.....	1 800
Recettes diverses.....	0
Total.....	<u>173 000</u>

*Dépenses.*

A. *Personnel :*

Directeur.....	}	90 000.
Adjoints.....		
Assistants, archiviste-comptable, calculateurs, dactylographes, mécaniciens, garçons de bureau et de laboratoire.....		
Indemnités pour charges de famille.....		

B. *Indemnité du Secrétaire*..... 3 000

C. *Frais généraux d'Administration :*

Entretien des bâtiments, travaux urgents de réparation.....	16 000
Entretien du mobilier.....	1 000
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	16 000 (1)
Chauffage, éclairage et force motrice.....	8 000
Primes d'assurances.....	2 000
Bibliothèque.....	2 000
Frais d'impression et de publications.....	7 000
Frais de bureau et de secrétariat.....	3 000
Déplacements.....	2 000
Frais divers et imprévus.....	10 000
Versement à la Caisse des retraites.....	13 000
Total.....	<u>173 000</u>

(1) Auxquels il faut ajouter pour la photométrie une somme approximative de 15 000 francs-or, à prélever sur le boni des années précédentes.

M. Pérard a ajouté que, pour la réalisation du programme des travaux photométriques, les crédits nécessaires à l'achat des appareils nouveaux pourront être obtenus, sans toucher aux réserves, en faisant appel au boni des années précédentes, au fonds Stratton et aux sommes provenant du remboursement Chamberoy.

Le départ de M. Guillaume et le décès de M. Janet rendent nécessaire l'octroi de nouveaux pouvoirs, en annulant ceux conférés par la délibération du 4 octobre 1935. La Commission décide de donner tous pouvoirs à M. Albert Pérard, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, et à M. Charles Volet, adjoint dudit Bureau, agissant ensemble ou séparément pour ce qui concerne les mouvements de fonds, chèques, etc., en des termes précis fixés dans la lettre adressée aux banques. Il est entendu comme restriction d'ordre intérieur, communiquée au Directeur seulement, que le pouvoir à M. Volet ne sera applicable qu'en l'absence dudit Directeur.

En second lieu, la Commission décide également de donner tous les pouvoirs à M. Charles Fabry, Membre de l'Institut et du Comité international des Poids et Mesures, à M. Pérard, directeur du Bureau, et à M. Volet, adjoint, agissant indistinctement deux à deux, pour les mouvements de titres, dans la même forme qui a été donnée précédemment à MM. Janet, Guillaume et Pérard. Aussi, comme restriction d'ordre intérieur, la Commission décide que, dans la mesure du possible, l'une des signatures exigées devra être celle de M. Fabry.

La charge donnée à M. Fabry ne devait être valable que sous réserve de son acceptation; celle-ci a été obtenue depuis; et tenant compte de ce qu'il n'appartient pas à la Commission Administrative, celle-ci a adopté à l'unanimité la proposition, faite par M. Pérard, que les procès-verbaux de ses séances soient communiqués à M. Fabry, afin qu'il soit le mieux possible informé des décisions de la Commission.

Sur la proposition de M. Pérard, avec l'acceptation de M. Sears, la Commission se range à l'avis que la question dite « des taxes » soit présentée dans son intégralité devant le Comité.

M. le PRÉSIDENT met aux voix les conclusions de ce rapport, qui sont adoptées à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT : L'ordre du jour appelle la question de la création d'un Comité consultatif de Thermométrie.

M. PERARD n'a pu en entretenir M. CABRERA, mais il a étudié la question avec M. SEARS et ils ont rédigé ensemble un projet de règlement dont il donne lecture.

Après discussion, ce projet est adopté à l'unanimité avec quelques modifications sous la forme suivante :

#### Comité Consultatif de Thermométrie.

##### *Règlement provisoire.*

ARTICLE PREMIER. — Il est institué, sous le nom de Comité consultatif de Thermométrie, un organe destiné à renseigner le Comité international des Poids et Mesures sur les questions touchant à la mesure précise des températures.

ART. 2. — Le Comité consultatif se compose de 10 membres, savoir :

1° Un délégué de chacun des Instituts nationaux désignés par le Comité international, ce délégué pouvant être accompagné d'un expert;

2° Des spécialistes nominativement désignés par le Comité international. Ces spécialistes sont nommés, après l'avis du Comité consultatif lui-même une fois constitué, pour une période de six années; ils sont rééligibles.

Le Directeur du Bureau est de droit membre du Comité avec voix délibérative; il peut être représenté par une personne à son choix.

Le Président du Comité consultatif de Thermométrie est pris, autant que possible, parmi les membres du Comité International, et choisi par ce dernier.

ART. 3. — Le Comité consultatif est convoqué par les soins du Comité international aussi souvent que celui-ci le juge nécessaire. Il peut également être convoqué par son Président, ou sur la demande de la moitié au moins de ses membres.

ART. 4. — Les décisions ne sont valables que si le nombre des Instituts représentés ou des spécialistes présents égale au moins la moitié des voix délibératives au Comité.

Sous réserve de cette condition, les membres absents ont le droit de déléguer leur vote à l'un des membres présents, qui devra justifier de cette délégation.

Dans l'intervalle d'une session à l'autre, le Comité peut délibérer par correspondance.

Toutes les résolutions au sein du Comité consultatif sont prises à la majorité des suffrages exprimés.

Cette institution d'un Comité consultatif de Thermométrie est faite à titre provisoire, pour être soumise à la ratification de la prochaine Conférence générale des Poids et Mesures.

M. le PRÉSIDENT : L'ordre du jour appelle la discussion de la proposition du Gouvernement britannique sur la question des taxes.

M. SEARS fait d'abord l'histoire de toute la question. Il explique que, dès que l'on avait proposé, en 1921, de modifier la Convention du Mètre pour y admettre les unités électriques, le Gouvernement de la Grande-Bretagne avait jugé que l'attribution de ces nouvelles fonctions au Bureau International était surtout en faveur des petits États qui n'ont pas les moyens de réaliser ces unités eux-mêmes, et qu'en conséquence, les frais additionnels de ces nouveaux travaux ne doivent pas être supportés par un accroissement général de la subvention, mais par les États qui en bénéficieraient. Le Département de la Trésorerie Britannique s'est plaint de ce qu'à partir de 1927, le Comité a arrêté la base du calcul de la subvention du Bureau au chiffre exceptionnel facultatif de 150 000 francs-or, et que le chiffre de principe de 125 000 francs-or n'a jamais été appliqué. Il demande alors pourquoi les taxes de vérification perçues par le Bureau ne viennent plus en aide à ses dépenses et en particulier :

a. si les taxes à prélever pour les divers travaux au Bureau sont véritablement fixées au niveau des frais actuels de leur exécution;

b. s'il n'y a pas lieu de préciser les conditions sous lesquelles les États contractants ont droit aux services gratuits, et encore;

c. si dans les nouvelles circonstances résultant de la modification de la Convention en 1921, il ne conviendrait pas de procéder à une répartition plus équitable des frais d'entretien du Bureau entre les divers pays en limitant les services gratuits à ceux qui dérivent de la Convention originale de 1875.

M. PÉRARD, dans une lettre à M. Mc LENNAN qui a été communiquée à tous les Membres du Comité, a déjà fait connaître son point de vue personnel sur l'ensemble de la question, et il ne croit pas qu'il y ait lieu d'y revenir. Après un entretien avec M. SEARS, il s'est mis d'accord avec lui sur le point qu'il n'y a pas lieu de porter la question des taxes devant la Conférence générale; c'est une question qui est du ressort du Comité, comme l'a déjà reconnu autrefois son Président, M. FOERSTER. Avec M. SEARS, M. PÉRARD propose de fixer une limite aux travaux gratuits à demander par chaque État, limite proportionnelle à leur contribution; ils ne diffèrent que sur la valeur de cette limite, M. PÉRARD pensant qu'elle devrait être égale à la contribution annuelle, M. SEARS à la moitié seulement de cette contribution, l'autre moitié correspondant à la part de chaque État dans les frais généraux du Bureau. M. PÉRARD donne lecture du projet de règlement qu'il a établi.

M. CABRERA : Si une limite aux travaux gratuits doit être fixée, elle doit être réelle et acceptable pour tous.

M. PÉRARD croit que jamais les travaux demandés par un État n'atteindront même la moitié de sa contribution annuelle.

M. SEARS estime, au contraire, que pour les petits États la seule vérification des étalons électriques et photométriques dépassera la totalité de la subvention.

M. RAUSZER demande si la comparaison des mètres et des kilogrammes est comprise dans les travaux taxés.

M. CABRERA pense qu'on doit exclure les déterminations faites à la demande du Comité.

M. SEARS se déclare d'accord sur ce point; il faut exclure de la taxe tous les travaux qui ont un intérêt commun.

M. RAUSZER exprime la même opinion.

M. le PRÉSIDENT met aux voix la proposition de M. SEARS : limitation des travaux gratuits jusqu'à concurrence de la moitié de la contribution annuelle. Cette proposition est adoptée par 8 voix contre 2.

L'ensemble du projet de règlement est adopté sous la forme suivante :

« A la suite de l'extension du champ d'activité du Bureau international, non seulement aux étalons électriques, mais encore aux étalons photométriques, le Comité international des Poids et Mesures, dans le but d'éviter au Bureau la surcharge que pourrait éventuellement lui imposer l'afflux, en nombre trop considérable, des travaux de ces deux nouvelles catégories, suivant la crainte de la Trésorerie britannique exprimée par M. Sears,

« Estime :

« Que, en principe, la valeur des études et vérifications demandées à titre gratuit par un même État contractant ne devrait pas dépasser, dans une seule année, la moitié de la cotisation annuelle de cet État. Toutefois, cette restriction ne

serait pas applicable à un État adhérant nouvellement à la Convention, pendant les six années qui suivront son adhésion. »

M. SEARS demande que le Comité remette à la Commission Administrative Permanente le soin de réviser le taux des taxes de vérification pour les mettre en rapport avec les frais actuels pour autant qu'on peut les estimer.

M. PÉRARD rappelle que les études à faire sont relativement peu nombreuses; si l'on augmente les taxes, il craint qu'elles ne diminuent encore.

M. CABRERA estime que cette question n'est pas de celles qui sont tranchées une seule fois pour toujours; elle doit donc rester constamment à l'ordre du jour, pour tenir compte de ses éléments variables.

M. le PRÉSIDENT met aux voix la proposition de M. SEARS, qui est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT signale que l'Académie Royale des Sciences d'Amsterdam a envoyé au Bureau international et à divers Laboratoires nationaux une lettre les informant qu'elle a nommé un Comité pour étudier l'unification actuelle des Poids et Mesures et mettant les services de ce Comité à la disposition du Bureau et du Comité international pour les aider dans l'œuvre qu'ils poursuivent.

M. PÉRARD a répondu à cette communication en remerciant l'Académie Royale de son initiative et en rappelant que le Comité international a depuis longtemps fait une place à la Hollande en appelant l'éminent physicien M. ZEEMAN à siéger dans son sein.

Le Comité approuve à l'unanimité la réponse de M. PÉRARD.

M. PÉRARD rappelle au Comité qu'il doit désigner les

institutions nationales qui nommeront un délégué au Comité consultatif de Thermométrie. Il propose la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, le National Physical Laboratory, le National Bureau of Standards, l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., une institution à désigner au Japon, et le Bureau des Longitudes de France.

Le Comité adopte à l'unanimité les six institutions qui précèdent.

M. CABRERA propose qu'on demande à M. KEESOM de venir comme spécialiste. Il a été également question de lui comme président. Ce choix serait très heureux; car M. KEESOM n'est pas seulement un spécialiste des basses températures; il est l'auteur de nombreux travaux sur l'équation d'état, qui est à la base de toutes les recherches de thermométrie.

Après discussion, le Comité décide de faire une démarche officielle auprès du Laboratoire cryogénique pour le pressentir de sa part au sujet de ce choix et obtenir l'adhésion de M. KEESOM au Comité consultatif, et il charge M. ZEEMAN, qui accepte, de cette démarche.

D'autre part, le Comité verrait avec plaisir M. KEESOM devenir président du Comité consultatif de Thermométrie, et il laisse à son Président le pouvoir de le nommer à ces fonctions s'il vient à faire partie du Comité consultatif.

Enfin, il est entendu que, lorsque les institutions nationales auront désigné leurs délégués, ceux-ci seront sollicités de présenter des spécialistes. Les membres du Comité international seront informés de ces présentations et voteront par correspondance.

M. CABRERA rappelle sa proposition de procéder de la même façon pour tous les Comités consultatifs, et par conséquent, d'étendre à tous la possibilité de nommer un président qui ne fasse pas partie du Comité international;

on demanderait cette autorisation à la Conférence générale.

M. PÉRARD, au sujet de la date des prochaines réunions, signale que les Comités consultatifs ont l'intention de se réunir si possible à partir de la fin de mai 1939, et que le Comité international et la Conférence générale se réuniront à l'automne suivant.

La séance est suspendue à 16<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> pour la visite-réglementaire du dépôt des prototypes.

La séance est reprise à 17<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>.

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.

Le 29 juin 1937, à 17<sup>h</sup>, en présence des Membres du Comité assistant à la séance de ce jour, et du personnel du Bureau, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes.

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 T<sub>1</sub> et I<sub>2</sub>, et des quatre témoins du kilogramme.

Sur les instruments météorologiques enfermés dans le coffre-fort, on a relevé les indications suivantes :

Thermomètre à mercure et alcool, à maximum et minimum :

Température maxima.....	16°,0
Température minima.....	14°,0

Thermomètre Tonnelot à mercure :

Température actuelle.....	14°,5
---------------------------	-------

Hygromètre à cheveu..... 94 pour 100

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

*Le Secrétaire,*  
B. CABRERA.

*Le Président,*  
VITO VOLTERRA.

Ce procès-verbal, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT demande l'autorisation, pour le bureau du Comité, d'approuver le procès-verbal de cette dernière séance, laquelle lui est accordée à l'unanimité.

✻ L'ordre du jour étant épuisé, M. le PRÉSIDENT remercie MM. les membres du Comité de leur assiduité et de leur zèle, et spécialement le dévoué Secrétaire du Comité, M. CABRERA; il espère qu'ils emporteront un bon souvenir de cette session, qui a été utile et féconde en résultats. Il remercie aussi les Comités consultatifs, et particulièrement M. SEARS, qui a assumé la lourde tâche de les présider. Il félicite M. le Directeur du Bureau du travail remarquable accompli au cours de sa première année de direction et tous les employés du Bureau qui l'ont aidé dans sa tâche et se sont distingués, en particulier dans l'organisation de l'exposition installée au Palais de la Découverte. Il remercie enfin M. BRUNET pour l'exactitude de ses procès-verbaux.

M. CABRERA se fait l'interprète de tous les membres du Comité pour remercier M. VOLTERRA de sa présidence toujours si autorisée et si bienveillante.

La session est déclarée close, et la séance est levée à 17<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

---

ANNEXE N° 1.

---

RAPPORT

SR

LA NÉCESSITÉ DE RETRACER LE MÈTRE 13.

---

Dans sa séance du 5 octobre 1935, le Comité international a approuvé la proposition d'effacer et de retracer successivement les prototypes n° 13<sub>74</sub> (n° 13 de l'alliage 1874, prototype des dilata-tions), n° 26 (alliage Johnson-Matthey, prototype d'usage courant du Bureau international) et T<sub>1</sub> (divisé en millimètres sur toute sa longueur, mais en fait inutilisé). Le présent Rapport a pour but de soumettre au vote du Comité international la proposition d'effacer et de retracer encore le mètre, n° 13<sub>M</sub> (n° 13 de l'alliage Johnson-Matthey, l'un des témoins du Mètre inter-national).

Les comparaisons que l'on vient de terminer entre le Mètre international, ses deux plus anciens témoins, et les prototypes d'usage courant du Bureau international, ont fait ressortir que, si le tracé du Mètre lui-même est plutôt meilleur encore que l'on n'en avait conservé le souvenir, par contre ses deux témoins I<sub>2</sub> et 13<sub>M</sub> sont bien plus mauvais qu'on ne le croyait : Dans le mètre I<sub>2</sub>, ce qui était appelé « poli mat » se traduit en réalité par un ensemble de stries longitudinales irrégulières alternative-ment brillantes et obscures, tel que le trait transversal n'est perceptible qu'aux endroits où les stries apparaissent suffisam-ment claires par rapport aux alternances sombres. En fait, plus de la moitié de la partie utile de l'un des traits est invisible. Quant au mètre 13<sub>M</sub>, il porte sur l'un de ses traits une balafre large et profonde (d'ailleurs bien mentionnée dans la description initiale des *Travaux et Mémoires*), qui masque l'un des côtés du trait sur une partie importante de sa longueur; et les deux frac-

tions du trait que l'on peut pointer, d'ailleurs d'inégale longueur, sont légèrement décalées. La conséquence est une variation dans l'appréciation de la position de ce trait, non seulement d'un observateur à l'autre, mais encore, pour un même observateur, d'un jour à l'autre.

On ne peut s'empêcher de penser que si, à l'origine, ces règles sont restées comme « témoins » du Mètre, c'est peut-être parce que l'on n'a pas osé les offrir à quelque État (voir *Procès-Verbaux*, 1888, p. 19). Cette situation ne devrait pas se prolonger. On a fait valoir avec raison au Comité qu'il ne faudrait pas effacer le mètre  $I_2$ , parce que les traits actuels avaient servi au moment du passage entre le mètre des Archives et le nouveau Mètre international; et le Comité a décidé que l'on n'y toucherait pas. C'est une pièce historique; mais elle n'a plus qualité pour constituer un témoin du Mètre.

Que reste-t-il donc comme témoins du Mètre dignes de ce nom? Uniquement le mètre  $T_1$ .  $T_1$  est une règle en platine iridié à section rectangulaire, présentant à chaque extrémité une entaille qui met à nu sa fibre neutre. Son tracé relativement récent, exécuté par M. Benoit en 1909, est très satisfaisant. C'est un bon témoin; mais il ne peut rester seul comme tel; et celui qui l'accompagnera devra être muni d'un tracé moderne d'une exécution parfaite, susceptible de comporter la plus haute précision.

Sur les trois mètres que le Comité a décidé de retracer, l'un ( $T_4$ ), divisé sur toute sa longueur, sera le prototype du Bureau « à tout faire », remplaçant notre règle n° 48 en acier-nickel pour les mesures inférieures à 1 mètre; le mètre 26, avec son nouveau tracé, sera l'un des mètres d'usage courant; entre le mètre  $T_3$ , ancien tracé, et le mètre  $13_{74}$ , retracé, l'on choisira le prototype des dilatations et le second mètre d'usage courant. Le mètre  $T_2$  (règle semblable à  $T_1$ ) restant, comme il est actuellement, le mètre d'usage exceptionnel à la disposition du Bureau, l'on n'aurait plus rien de disponible pour constituer un second témoin du Mètre, en dehors de  $13_M$ ; et comme cette dernière règle en son état actuel est indigne de jouer ce rôle, nous soumettons au Comité la proposition de la retracer à la suite des trois autres prototypes.

Il n'échappera à personne qu'il n'y ait un grand intérêt à exécuter tous ces tracés extrêmement délicats à la suite les uns des autres et sans interruption, de façon à profiter aussitôt, et de

l'expérience momentanément acquise en cette matière, et du réglage exact, si difficile à mettre au point, des instruments. C'est pourquoi, sans attendre la réunion d'une nouvelle session du Comité international, nous avons cru indispensable de solliciter à ce sujet un vote par correspondance.

Sèvres, le 26 mars 1936.

*Le Sous-Directeur,*

A. PÉRARD.

*Le Directeur*

*du Bureau international,*

CH.-ED. GUILLAUME.

---

### EXTRAIT DE LA LETTRE

adressée le 24 avril 1936

PAR M. A. PÉRARD A M. J. E. SEARS.

---

Je vous remercie de l'étude et de la discussion très serrée que vous avez faites de notre proposition ayant pour but d'effacer et de retracer le mètre 13. Je crois que la conclusion, un peu différente de la nôtre, à laquelle vous êtes arrivé, tient à ce que je n'ai pas pu mettre dans le Rapport à tous les membres du Comité, que je voulais laisser bref, les détails qui auraient mieux fixé votre opinion.

.....

Permettez-moi tout d'abord de vous rappeler ce qui s'est passé au Comité : le projet primitif que j'avais soumis à la Commission des Travaux était en somme identique au projet actuel, avec la seule substitution du mètre 13 au mètre  $I_2$ . Le projet avait été accepté par la Commission, et ce sont seulement les considérations historiques, alléguées par M. Guillaume au moment de la présentation en séance plénière, qui ont fait abandonner l'idée d'effacer le mètre  $I_2$  . . . . On peut donc dire que, ces considérations historiques n'existant pas pour le mètre 13, si le projet actuel avait été proposé d'emblée à la Commission et au Comité, il aurait été certainement accepté. Vous-même n'aviez pas

fait d'objection à mon projet primitif, vraisemblablement parce que vous croyiez conserver dans 13 le témoin résiduel de forme en X que vous estimez indispensable. Mais précisément, dans le projet actuel, vous pourriez retrouver comme témoin le mètre  $I_2$ , dont la qualité n'est guère inférieure à celle du mètre 13; depuis 50 ans, il joue platoniquement ce rôle de témoin, et pourra bien continuer à le jouer encore quelques mois. Il va d'ailleurs, après l'étude en cours de sa dilatation, être renfermé auprès du Mètre international, comme auparavant.

Je ne puis discuter ici les avantages et inconvénients d'avoir un témoin du Mètre de forme différente du Mètre lui-même; cela m'entraînerait trop loin. Mon avis diffère un peu du vôtre, en ce sens que j'estimerais sans doute dangereux, s'il n'y avait qu'un seul témoin, que celui-ci fût de forme différente du Mètre; mais du moment qu'il y en a plusieurs, je crois pour ma part avantageux que l'un d'eux soit un peu différent. Vous voyez d'ailleurs que, contrairement à ce que vous supposiez,  $T_1$  et  $T_2$  sont à poli spéculaire, et répondent par là, au moins partiellement, à votre souci de disposer de témoins qui ressemblent au Mètre. J'ajoute que, dans la période transitoire du tracé des mètres, le mètre  $T_3$ , qui est vraiment de bonne qualité, ainsi que nous avons pu nous confirmer dans cette opinion au cours des dernières mesures, pourrait jouer l'office de témoin supplémentaire provisoire. A cette intention, on pourrait s'abstenir d'y toucher pendant cette période, et même l'enfermer auprès du Mètre, si vous le demandiez.

Certes, je comprends bien vos scrupules; et même je ne vous cacherai pas que, au moment du Comité international, mon idée était très près de la vôtre actuelle: ne faire les tracés que progressivement.

Mais, d'une part, les comparaisons que nous venons d'exécuter entre divers prototypes nationaux, entre les témoins du Mètre, les mètres d'usage, et le Mètre lui-même, ont fait ressortir la concordance des observateurs sur le nouveau mètre de Turquie, récemment tracé par M. Volet, et au contraire leur discordance sur les mètres de tracé défectueux. Précisément, l'argument, décisif mais qu'il est difficile de faire sentir exactement de loin, est la mauvaise qualité de 13, dont je n'ai dit qu'un mot au Rapport: l'un de ses traits est affecté d'une balafre qui cache en partie l'un de ses côtés et subdivise le trait en deux parties, d'ailleurs d'inégale longueur, légèrement décalées l'une par

rapport à l'autre. L'observateur est constamment hésitant pour situer les fils du réticule en tenant compte à la fois des deux parties du trait; la façon dont il a pointé aujourd'hui ne sera peut-être nullement la même que celle suivant laquelle il pointera dans trois mois. La phrase de mon Rapport que vous reproduisez dans votre lettre n'est qu'une triste constatation. Tel qu'il est, dans le rôle de témoin, le mètre 13 ne peut faire que du mal; ce n'est pas en prolongeant un rôle dont il est indigne, que l'on y changera quelque chose. Si, par la suite, il concorde avec le Mètre, il est inutile; et s'il venait à discorder d'avec lui, on ne tiendrait certainement aucun compte d'un tel témoignage.

D'autre part, nous nous sommes rendu compte de l'immense avantage qu'il y aurait à tracer le plus grand nombre de mètres à la file les uns des autres, lorsqu'on serait parvenu à une exécution impeccable. A ce propos, je tiens à noter que nous suivons tout de même votre suggestion en préparant maintenant ce tracé, non par nous seuls, mais avec la Société Genevoise. Nous espérons ainsi atteindre, par la réunion de toutes les expériences acquises, une perfection tout à fait remarquable. Il n'y a aucun doute que cette perfection une fois obtenue profitera à tous les tracés exécutés à ce moment précis; mais, malheureusement, on ne peut guère espérer que l'on puisse reprendre avec la même maîtrise un travail aussi délicat une ou deux années plus tard. Quand toutes les bonnes volontés sont réunies, quand tous les artisans spécialistes sont à pied d'œuvre, il faut se hâter d'en profiter.

La détermination des quatre derniers mètres nationaux nous a pris deux mois et demi à quatre observateurs, et la comparaison du Mètre international avec ses témoins et nos prototypes d'usage encore deux mois et demi. Après les nouveaux tracés, nous aurons à refaire un semblable travail; et si nous voulons atteindre, alors surtout, la meilleure précision, il ne faut qu'aucun tracé de qualité inférieure vienne introduire des causes d'erreur plus fortes. Un bloc homogène de nouveaux tracés est indispensable. Alors si le mètre 13 n'est pas là, il nous manquera dans le nombre. Quand il reviendra ensuite, allons-nous recommencer pour lui seul ce gros travail, en ressortant encore une fois (et avec tous les risques que vous-même avez fait valoir), le Mètre international? Ou bien, devons-nous nous contenter de comparaisons trop peu contrôlées, pour procurer la précision indispensable?

Somme toute, sur les 9 mètres dont nous disposons (y compris le Mètre international), nous demandons à en retracer 4, parce que 4 est vraiment un minimum. Il resterait donc comme témoins, anciens ou provisoires, 4 règles, dont 2 avec la forme en X. Je crois bien que vous estimerez avec nous que, pour un intervalle de quelques mois, c'est tout de même suffisant.

.....



ANNEXE N° 2

National Physical Laboratory.

**RÉFRACTION ET DISPERSION DE L'AIR;**

Par MM. J. E. SEARS et H. BARRELL.

Les valeurs de l'indice de réfraction de l'air sec et dépouillé de gaz carbonique ont été déterminées pour huit radiations du spectre visible. Les mesures ont été faites sur une longueur optique équivalente à plus de deux millions de longueurs d'onde de la lumière rouge, à des températures s'étendant entre 12° C. et 30° C., et à des pressions comprises entre 100<sup>mm</sup> et 800<sup>mm</sup> de mercure. On a d'abord admis, pour les huit radiations utilisées, les longueurs d'onde suivantes dans l'air normal et dans le vide :

	$\lambda_N.$	$\lambda_{\text{vide.}}$
$\lambda_1.$ Cadmium rouge.....	6438,469 6 Å	6440,249 Å
$\lambda_2.$ Hélium jaune.....	5875,623*	5877,252
$\lambda_3.$ Mercure vert.....	5460,743 0	5462,260
$\lambda_4.$ Cadmium vert.....	5085,821 2	5087,239
$\lambda_5.$ Cadmium bleu.....	4799,910 4	4801,252
$\lambda_6.$ Cadmium violet.....	4678,149 3	4679,459
$\lambda_7.$ Hélium violet.....	4471,477	4472,732
$\lambda_8.$ Mercure violet.....	4358,325	4359,550

Des calculs préliminaires ont montré que les résultats observés peuvent être représentés très sensiblement au moyen des formules suivantes :

Pour l'air sec, dépouillé de CO<sup>2</sup>, à 20° C. et 760<sup>mm</sup> :

$$(n_{20;760} - 1) \cdot 10^6 = 267,8725 + \frac{1,5189}{\lambda_{\text{vide}}^2} + \frac{0,01246}{\lambda_{\text{vide}}^4},$$

où  $\lambda$  est exprimé en microns.

A la température T° C. et à la pression de p<sup>mm</sup> :

$$(n_{T,p} - 1) = (n_{20;760} - 1) \frac{p(1 + \beta p)}{760(1 + 760\beta)} \frac{1 + 20\alpha}{1 + \alpha T},$$

où  $\beta = 0,73 \cdot 10^{-6}$  et  $\alpha = 0,003674$ .

TABLEAU ( $n - 1$ ).10<sup>6</sup>.

	Meggiers et Peters (N. B. S.). (I).	Pérard (B. I. P. M.). (II).	Kösters et Lampe (P. T. R.). (III).	Sears et Barrell (N. P. L.). (IV).	(IV-I).	(IV-II).	(IV-III).
A 20°C. :							
$\lambda_1$ .....	271,02	271,59	271,70	271,61	+0,59	+0,02	-0,09
$\lambda_2$ .....	271,70	272,33	272,46	272,37	+0,67	+0,04	-0,09
$\lambda_3$ .....	272,35	273,04	273,19	273,10	+0,75	+0,06	-0,09
$\lambda_4$ .....	273,10	273,86	274,01	273,93	+0,83	+0,07	-0,08
$\lambda_5$ .....	273,81	274,63	274,78	274,70	+0,89	+0,07	-0,08
$\lambda_6$ .....	274,16	275,00	275,15	275,07	+0,91	+0,07	-0,08
$\lambda_7$ .....	274,82	275,72	275,86	275,78	+0,96	+0,06	-0,08
$\lambda_8$ .....	275,23	276,16	276,30	276,21	+0,98	+0,05	-0,09
					+0,82	+0,06	-0,08
Moyenne des différences.....							
A 15°C. :							
$\lambda_1$ .....	275,75	276,37	276,43	276,34	+0,59	-0,03	-0,09
$\lambda_2$ .....	276,44	277,12	277,20	277,12	+0,68	0,00	-0,08
$\lambda_3$ .....	277,11	277,85	277,94	277,86	+0,75	+0,01	-0,08
$\lambda_4$ .....	277,88	278,68	278,77	278,70	+0,82	+0,02	-0,07
$\lambda_5$ .....	278,60	279,46	279,56	279,48	+0,88	+0,02	-0,08
$\lambda_6$ .....	278,96	279,84	279,94	279,86	+0,90	+0,02	-0,08
$\lambda_7$ .....	279,64	280,57	280,66	280,58	+0,94	+0,01	-0,08
$\lambda_8$ .....	280,06	281,02	281,11	281,02	+0,96	0,00	-0,09
					+0,81	+0,01	-0,08
Moyenne des différences.....							

Dans le tableau précédent, sont comparées les valeurs de  $(n-1) \cdot 10^6$  pour l'air sec, dépouillé de  $\text{CO}_2$ , sous 760<sup>mm</sup> et aux températures de 20°C. et 15°C., telles qu'elles dérivent de ces équations, avec les valeurs correspondantes obtenues par Meggers et Peters, par Pérard, et par Kösters et Lampe.

On observera que, dans l'ensemble, les valeurs du National Physical Laboratory tombent entre celles du Bureau international des Poids et Mesures et de la Physikalisch-technische Reichsanstalt, et en valeur absolue concordent plutôt mieux avec les premières tandis qu'elles concordent plus étroitement avec les dernières au point de vue de la forme de la courbe de dispersion. Ces trois séries de résultats, au contraire, diffèrent beaucoup de ceux de Meggers et Peters, qui sont ordinairement employés par les spectroscopistes.

On a fait des expériences supplémentaires pour déterminer si, comme l'a suggéré Tilton, il y a quelque relation entre la valeur de l'indice de réfraction de l'air et l'activité des taches solaires. Ces expériences ont été faites pendant une période où l'activité des taches solaires augmentait très rapidement et l'on n'a observé aucune variation de la valeur de  $(n-1) \cdot 10^6$  supérieure à 0,01, ce qui correspond à une variation de  $1 \cdot 10^{-8}$  seulement sur la valeur des longueurs d'onde dans l'air.

Finalement, des expériences ont été faites pour déterminer l'effet de la vapeur d'eau sur l'indice de réfraction de l'air. Ces expériences ne sont pas encore achevées; mais les résultats déjà acquis indiquent qu'il y a sensiblement accord avec le terme correctif de la vapeur d'eau calculé par l'équation de dispersion de la vapeur d'eau, telle qu'elle a été donnée par Lorenz (*Wied. Ann.*, XI, 1880, p. 91).

Les calculs finals de ces résultats n'ont pas encore été faits; mais il n'est pas probable qu'ils puissent troubler de façon importante les conclusions générales ci-dessus.

On se propose de faire des mesures analogues d'indice de réfraction dans les régions de l'infrarouge et de l'ultraviolet. De telles extensions permettraient de connaître plus exactement que maintenant la forme de la courbe de dispersion dans la région visible.

---

ANNEXE N° 3.

---

AU SUJET DE L'INSTITUTION  
D'UN  
**COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE.**

---

LETTRE  
DU  
PRÉSIDENT DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID  
AU PRÉSIDENT DU COMITÉ INTERNATIONAL  
DES POIDS ET MESURES.

Leyde, le 19 février 1937.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

La Conférence Générale de l'Institut International du Froid, dans sa réunion du 19 juin 1936 à La Haye, a adopté la proposition de la 1<sup>re</sup> Commission Internationale de cet Institut, de constituer un Comité Thermométrique, qui est chargé de poursuivre l'étude des questions se rapportant à l'établissement de l'échelle thermométrique.

Comme premiers points de son programme ce Comité considère les suivants :

*a.* Établissement d'un rapport ou de rapports sur l'échelle de température basée sur le thermomètre à gaz et traitant, en particulier, du coefficient de température de l'état Avogadro (situation du point de fusion de la glace sur l'échelle thermodynamique absolue) ainsi que de la table de réduction de l'échelle du thermomètre à gaz à l'échelle absolue.

b. Préparation de nouvelles définitions pour l'échelle de température internationale dans le domaine compris entre 0° et — 190° C., et discussion des recherches à effectuer pour assurer une meilleure reproductibilité de l'échelle internationale.

c. Examen des mesures à prendre en vue de la définition de l'échelle internationale de — 190° à — 259° C.

Le Comité ne se propose pas de modifier lui-même ce qui a été ou sera décidé légalement, mais simplement après échanges de vues, d'arriver à des propositions en commun, qui pourraient obtenir une légalisation ultérieure par une autorité compétente.

Dans cet ordre d'idées, si le Comité arrive à un accord général sur une proposition définie relative à l'échelle thermométrique, il aurait l'intention de présenter un rapport sur cette question, et de soumettre sa proposition à l'examen du Comité international des Poids et Mesures.

J'ai l'honneur, au nom du Comité thermométrique de l'I. I. F. sus-mentionné, de vous prier de bien vouloir me faire savoir si le Comité international des Poids et Mesures estime possible une coopération comme celle que je viens d'indiquer, et, dans l'affirmative, pour rendre cette coopération plus facile, de bien vouloir étudier l'opportunité de l'institution, par votre Comité, d'un Sous-Comité consultatif pour la Thermométrie.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

W. H. KEESOM.

— Sur l'opportunité de donner satisfaction à la demande présentée par l'Institut international du Froid.

NOTE ADRESSÉE A TOUS LES MEMBRES  
DU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Le 12 avril 1937.

Dans sa session de 1887, le Comité international avait pris la décision, sanctionnée en 1889 par la Première Conférence générale des Poids et Mesures, d'adopter comme échelle normale pour le Service international des Poids et Mesures,

l'échelle du thermomètre à hydrogène sous volume constant comme étant celle qui se rapprochait le plus (à cette époque) de l'échelle thermodynamique. En fait, cette échelle, parfaitement définie à toutes les températures peu éloignées des températures ambiantes, a suffi pendant de longues années à tous les besoins.

Cependant, en 1913, sur la proposition du Comité international (p. 85), la Conférence générale a voté une longue déclaration (p. 44), en conclusion de laquelle, après avoir chargé le Bureau de participer à de nouvelles recherches thermométriques, après avoir approuvé les matérialisations et la fixation d'un certain nombre de repères thermométriques, et après s'être déclarée prête à substituer à l'échelle normale l'échelle absolue dès que le tableau de réduction à cette échelle aurait pris un caractère de suffisante stabilité, la Conférence invitait le Comité international à organiser le plus tôt possible, au Bureau international, une réunion des Directeurs des Laboratoires nationaux, réunion où seraient arrêtées les bases d'une coopération internationale thermométrique.

A la session de 1921 (p. 74), Stratton a rappelé cette déclaration de la Cinquième Conférence, dont la mise en pratique, prévue pour novembre 1914, avait été empêchée par les événements; et constatant que le Bureau international, après le décès de Pierre Chappuis, n'était plus en mesure de coopérer aux travaux, le Comité a du moins chargé ce Bureau d'entrer en rapport avec les bureaux nationaux dans un but de coordination.

Au Comité de 1925 (p. 62 et 63), il est décidé de réunir une Conférence de thermométrie quelques jours avant la Septième Conférence générale; et le Directeur du Bureau est chargé de préparer cette Conférence. Mais deux années plus tard (*Procès-Verbaux*, 1927, p. 15), le Directeur, qui a envoyé une lettre circulaire aux laboratoires compétents, et qui a reçu des réponses favorables de ces laboratoires, expose que les multiples travaux auxquels il a dû faire face ne lui ont pas permis de maintenir la date de 1927. A cette session (p. 76), Burgess expose que les trois laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis et de Grande-Bretagne, ont convenu d'adopter une échelle commune, non immuable, comportant des points fixes et des méthodes d'interpolation. La Septième Conférence générale de la même année adopte ce point de

vue (p. 56), et le texte qui établit l'échelle internationale provisoire ainsi constituée est recommandé à l'étude de la Conférence spéciale de Thermométrie, qui doit être tenue sous les auspices du Comité international l'année suivante.

Si l'année suivante la Conférence de Thermométrie n'a pas lieu, du moins, au Comité du mois de juin 1929 (p. 15 et 60), le Directeur du Bureau exprime l'avis qu'elle pourrait probablement être convoquée pour l'automne de la même année.

Cette convocation d'une Conférence internationale de Thermométrie, réunie sous les auspices de la Conférence générale des Poids et Mesures, est à nouveau *sanctionnée à l'unanimité* par la Huitième Conférence générale, tenue en 1933 (p. 47); diverses questions de détail, portées devant la Conférence générale, sont renvoyées à cette Conférence de Thermométrie. Par ailleurs, certaines corrections au texte de l'échelle provisoire adopté par la Septième Conférence sont votées.

C'est au Comité international de 1935 que la première idée d'un Comité consultatif assistant le Comité international pour la thermométrie est mise en avant (p. 79 et 109) dans une lettre de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.; cet Institut propose néanmoins la réunion de la Conférence internationale antérieurement envisagée, mais avec la mission bien définie pour celle-ci d'organiser ensuite un Comité consultatif. Devant la question ainsi posée sous une forme un peu nouvelle et différente, le Comité a préféré surseoir à toute décision.

Comme l'on voit par le résumé chronologique qui précède, depuis 1913 la convocation de réunions internationales de thermométrie n'a cessé d'être demandée et même décidée, tant au Comité international des Poids et Mesures que dans les Conférences générales. Si de telles réunions n'ont pas encore été tenues, c'est, semble-t-il, parce que l'organe d'exécution a manqué, ou s'est trouvé trop occupé par des travaux le touchant plus directement.

Les décisions des Septième et Huitième Conférences fixant l'échelle internationale provisoire ont seulement paré aux nécessités les plus urgentes. L'idée n'en subsiste pas moins de l'opportunité d'une réunion des spécialistes de la thermométrie, sous les auspices de notre institution internationale.

Par ailleurs, à la suite des services rendus par les Comités consultatifs déjà existants, dans leur rôle de conseillers expéri-

mentés déchargeant le Comité international de toute la tâche qui tombe dans leur spécialité, il semble bien que la tendance ait actuellement évolué sur la nature de la réunion à prévoir. Les préférences vont désormais à l'institution d'un Comité consultatif permanent de thermométrie auprès du Comité international des Poids et Mesures, plutôt qu'à une Conférence de thermométrie une seule fois réunie. A un tel Comité consultatif pourrait être laissé le soin de traiter les questions les plus urgentes en cette matière, et de décider, en l'organisant lui-même, la convocation d'une véritable Conférence internationale de thermométrie, s'il la jugeait opportune pour les grandes décisions à prendre ultérieurement, par exemple au moment de l'introduction officielle de l'échelle thermodynamique.

Après la lettre de l'Institut de Métrologie en 1935, arrive maintenant la lettre ci-incluse du Comité thermométrique de l'Institut international du Froid, qui pose nettement la question de la création d'un Comité consultatif de thermométrie.

Pour ce qui concerne alors l'organisation d'un tel Comité, si une opinion favorable à son institution devait prévaloir, il faudrait sans doute admettre un fonctionnement administratif et des attributions semblables à ceux dont sont dotés actuellement les Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie; mais en raison du fait que les spécialistes des températures, ambiantes, très hautes ou très basses, sont le plus souvent différents, ce Comité consultatif de Thermométrie devrait permettre une représentation un peu plus étendue de certains laboratoires. Comme base de discussion, on pourrait par exemple prendre la composition ci-dessous :

a. 1 à 2 délégués (une seule voix délibérative) de chacun des quatre laboratoires nationaux suivants : Physikalisch-Technische Reichsanstalt d'Allemagne, National Bureau of Standards des États-Unis, National Physical Laboratory de Grande-Bretagne, Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.

b. 1 à 2 spécialistes (une seule voix) désignés par un organisme scientifique de France (*voir* Bureau des Longitudes).

1 à 2 spécialistes (une seule voix) désignés par un organisme scientifique du Japon.

c. 1 délégué du Laboratoire Cryogénique de Leyde.

*d.* 3 spécialistes nominativement désignés ayant chacun une voix délibérative.

*e.* Le Directeur du Bureau international.

Le Président de ce nouveau Comité consultatif serait désigné par le Comité international des Poids et Mesures, et autant que possible choisi parmi ses membres.

Y compris le Président, il y aurait ainsi au maximum 18 membres (12 voix délibératives).

A. PÉRARD.



**COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ,**  
**SESSION DE 1937.**

---

**PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES,**

**RAPPORT ET ANNEXES.**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

CHICAGO, ILL.

RECEIVED AT THE UNIVERSITY OF CHICAGO

APRIL 15 1954

---

**PRÉSIDENT**

du Comité international des Poids et Mesures :

M. LE SÉNATEUR V. VOLTERRA.

---

**PRÉSIDENT ET MEMBRES**

DU

**COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ**

POUR LA SESSION DE 1937

---

*Président :*

M. J. E. SEARS, Superintendant de la Section de Métrologie du National Physical Laboratory.

*Membres :*

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :  
M. le Prof. H. VON STEINWEHR, Membre de la Reichsanstalt.

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

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

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

Pour le Laboratoire Électrotechnique, *Tokio* : M. R. YONEDA, Membre du Laboratoire Électrotechnique.

Pour l'Institut de Métrologie, *Leningrad* : M. L. ZALUTZKY, Directeur-Adjoint de l'Institut de Métrologie (Absent).

M. le Prof. L. LOMBARDI, Directeur du Laboratoire Électrotechnique de l'Université, *Rome*.

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

*Invités :*

M. Ch.-Éd. GUILLAUME, Directeur honoraire du Bureau international des Poids et Mesures, 14, avenue de Bellevue, *Sèvres*.

M. P. VIGOUREUX, Membre du National Physical Laboratory, *Teddington*.

M. Ch. VOLET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

M. M. ROMANOWSKI, Assistant du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.



COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ.

---

SESSION DE 1937

---

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL,

le jeudi 10 juin 1937,

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

---

Sont présents : MM. CRITTENDEN, JOUAUST, LOMBARDI, PÉRARD, VON STEINWEHR, YONEDA, membres du Comité consultatif.

Assistent à la séance : MM. GUILLAUME, VIGOUREUX, VOLET et ROMANOWSKI, invités.

La séance est ouverte à 15<sup>h</sup> 25.

M. le PRÉSIDENT expose à la suite de quelles circonstances il remplit ces fonctions. D'après le Règlement, le président du Comité consultatif est choisi parmi les membres du Comité international des Poids et Mesures et désigné par ce dernier. M. Paul Janet, qui occupait précédemment ce poste, est décédé au début de l'année. M. Volterra a offert la présidence à M. Kennelly qui a accepté; mais des raisons de santé l'ont empêché de venir. M. Volterra a alors demandé à M. Sears de le remplacer.

Ce dernier ne se reconnaît pas une compétence technique spéciale en matière d'électricité; mais il fera de son mieux pour diriger les débats.

M. PÉRARD souligne la modestie de M. Sears; les Procès-Verbaux des séances du Comité international portent la trace de ses nombreuses interventions dans les questions d'unités électriques et M. Sears est au contraire parfaitement qualifié pour présider le Comité consultatif.

M. le PRÉSIDENT signale, depuis la dernière session, le décès de M. Jaeger, membre d'honneur du Comité, qui n'a pas participé à ses délibérations, mais qui s'y intéressait vivement; il parle surtout du décès de M. Paul Janet, qui a dirigé, dès la création du Comité, toutes les délibérations avec sa haute autorité et sa parfaite courtoisie. Sa disparition laisse d'unanimes regrets. Il invite les membres du Comité à se lever en signe de deuil.

M. JOUAUST, en qualité de collaborateur intime de M. Janet, remercie M. le Président de ce témoignage de sympathie.

M. le Président exprime le plaisir des membres du Comité de voir parmi eux M. Guillaume, toujours en bonne santé et intéressé à la marche de leurs travaux.

*Élection d'un secrétaire et d'un rapporteur.*

M. le PRÉSIDENT propose comme secrétaire M. VOLET, et comme rapporteur M. CRITTENDEN.

Ces propositions sont adoptées à l'unanimité.

*Rapport du Sous-Comité technique.*

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Vigoureux,

rapporteur du Sous-Comité technique, qui lit le rapport suivant :

## RAPPORT

### DU SOUS-COMITÉ TECHNIQUE D'ÉLECTRICITÉ AU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

Par M. P. VIGOUREUX, Rapporteur.

Sur convocation du Président du Comité international, le Sous-Comité technique d'Électricité s'est réuni du 1<sup>er</sup> juin au 8 juin 1937, sous la Présidence de M. JOUAUST.

Les délégués des Laboratoires nationaux étaient :

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin : M. le Professeur H. von STEINWEHR, Membre de la Reichsanstalt;

Pour le National Bureau of Standards, Washington : M. E. C. CRITTENDEN, Assistant Director du National Bureau of Standards;

Pour le National Physical Laboratory, Teddington : M. P. VIGOUREUX, Membre du National Physical Laboratory.

Pour le Laboratoire Central d'Électricité, Paris : M. R. JOUAUST, Directeur p. i. du Laboratoire Central.

Pour le Laboratoire Électrotechnique, Tokyo : M. R. YONEDA, Ingénieur du Laboratoire Électrotechnique.

Assistaient, en outre, aux réunions : Pour le Bureau international, Sèvres :

M. A. PÉRARD, Directeur du Bureau;

MM. M. ROMANOWSKI et M. ROUX, Assistants au Bureau international.

Avant l'ouverture de la session, dont la première séance fut tenue à Sèvres, au Bureau international, M. Pérard, Directeur du Bureau, souhaita la bienvenue aux délégués, et leur rappela que, conformément à une décision prise par le Comité international lors de sa réunion de 1933, le Sous-Comité technique devait être présidé par le Président du Comité consultatif.

d'Électricité ou par un membre désigné par lui. M. PÉRARD expliqua que M. KENNELLY avait été désigné par M. VOLTERRA pour présider le Comité consultatif d'Électricité, à la suite du regretté Paul JANET. Mais M. KENNELLY s'étant trouvé empêché de venir à Paris pour raison de santé, M. SEARS a accepté, sur la demande de M. VOLTERRA, d'assumer cette présidence. Or, comme M. SEARS avait annoncé ne devoir pas arriver avant l'ouverture du Comité consultatif, M. PÉRARD lui avait écrit pour lui demander s'il avait des objections à ce que M. JOUAUST fût désigné pour le remplacer à la présidence de l'actuel Sous-Comité. Aucune objection n'ayant été soulevée, M. JOUAUST a été prié de prendre la présidence. Par la suite, M. SEARS a confirmé la désignation de M. JOUAUST pour remplir les fonctions de président du Sous-Comité.

M. ROMANOWSKI fut nommé secrétaire, et M. VIGOREUX rapporteur.

En ouvrant la séance, M. JOUAUST signala qu'une des fonctions les plus importantes du Sous-Comité technique était la fixation des rapports entre les unités internationales et les unités absolues. Pour l'instant, le Sous-Comité ne pourrait donner que des valeurs provisoires, puisque certains Laboratoires n'avaient pas fourni de valeurs au Sous-Comité. La fixation des rapports, même provisoires, exigeait la détermination de la moyenne des unités nationales conservées par les divers Laboratoires nationaux, ainsi que l'examen des résultats des mesures des unités absolues faites par les divers Laboratoires.

M. JOUAUST rappela que la détermination de la moyenne des unités nationales avait été faite tout récemment et avec beaucoup de soin par les physiciens du Bureau international. Les rapports de leurs travaux avaient été distribués aux membres du Sous-Comité, et les notes détaillées des mesures étaient à la disposition des membres. M. JOUAUST ajouta qu'il tenait du Directeur du Bureau que les membres qui désireraient effectuer eux-mêmes des comparaisons de résistance et d'éléments étalons dans les laboratoires du Bureau seraient les bienvenus et recevraient toute l'assistance nécessaire.

M. JOUAUST signala ensuite que l'examen des résultats des mesures absolues était susceptible d'entraîner celui des méthodes par lesquelles ces résultats avaient été obtenus. La discussion

des méthodes de mesure était donc aussi au programme du Sous-Comité technique.

Le Sous-Comité a procédé à ses travaux de la façon suggérée par M. Jouaust, et s'est trouvé unanimement d'accord sur les valeurs provisoires à assigner aux rapports des unités internationales moyennes aux unités absolues.

Ces rapports sont :

*a. Pour la résistance électrique,*

1 ohm international moyen = 1,00048 ohm absolu.

Cette valeur paraît exacte à 2 ou 3 unités près du dernier chiffre inscrit.

*b. Pour la force électromotrice,*

1 volt international moyen = 1,00036 volt absolu.

Cette valeur paraît exacte à quelques unités près du dernier chiffre inscrit.

Les valeurs des rapports des autres unités internationales aux unités absolues correspondantes peuvent se déduire des deux valeurs ci-dessus.

Nous passerons maintenant en revue les travaux du Sous-Comité technique.

I. — UNITÉS INTERNATIONALES.

*a. Unités de résistance électrique.* — Les résultats des comparaisons effectuées au Bureau international en novembre et décembre 1936, et dans les laboratoires nationaux avant et après cette date, peuvent être exprimés par le tableau ci-dessous :

TABLEAU I. — Valeurs des unités nationales de résistance électrique en décembre 1936.

Allemagne .....	$\Omega_A = \Omega_M + 6,6$ microhms
États-Unis .....	$\Omega_E = - 3,7$
France .....	$\Omega_F = + 0,9$
Grande-Bretagne .....	$\Omega_G = - 3,9$
Japon .....	$\Omega_J = - 10,0$
U. R. S. S. ....	$\Omega_U = - 0,4$

Il est à remarquer que la somme des écarts n'est pas nulle; cela tient à ce que les résultats ne sont pas exprimés en fonction de la moyenne actuelle, mais de la moyenne obtenue lors des comparaisons de 1935. En effet, après la réunion du Comité consultatif de septembre 1935, un des Laboratoires nationaux, l'I. M., a changé son unité pour la moyenne, conformément au vœu émis par le Comité consultatif. Les autres Laboratoires nationaux, exception faite du L. C. E., qui avait déjà adopté la moyenne, ne se sont pas conformés au vœu du Comité consultatif. Si l'on avait voulu maintenant rapporter les résultats à la moyenne actuelle des 6 Laboratoires, il en serait résulté pour tous les Laboratoires une discontinuité, et en particulier pour la France et l'U. R. S. S. un changement fictif qui aurait rejeté leurs unités hors de cette nouvelle moyenne.

*b. Unités de force électromotrice.* — Les résultats des comparaisons effectuées au Bureau international en janvier 1937, et dans les Laboratoires nationaux avant et après cette date peuvent être exprimés par le tableau ci-dessous :

TABLEAU II. — Valeurs des unités nationales de force électromotrice en janvier 1937.

Allemagne.....	$V_A = V_M - 7,3$ microvolts
États-Unis.....	$V_E = - 9,5$
France.....	$V_F = + 0,7$
Grande-Bretagne.....	$V_G = + 7,6$
Japon.....	$V_J = + 0,7$
U. R. S. S.....	$V_U = - 5,5$

Ces résultats sont exprimés en fonction de la moyenne obtenue lors des comparaisons de décembre 1934; pour la même raison qui vient d'être donnée au sujet des unités de résistance, la somme des écarts n'est pas nulle.

## II. — UNITÉS ABSOLUES.

*a. Unités de résistance électrique.* — Trois Laboratoires ont communiqué au Sous-Comité technique les résultats de mesures récentes. Ce sont le Laboratoire Électrotechnique (Japon), le National Bureau of Standards (États-Unis); et le National Physical Laboratory (Grande-Bretagne). La Physikalisches

Technische Reichsanstalt (Allemagne), bien que n'ayant pas encore obtenu les résultats de mesures actuellement en cours, a communiqué une valeur obtenue en 1914. Les résultats <sup>(1)</sup>, exprimés en fonction de la moyenne  $\Omega_M$  des unités nationales de résistance électrique, sont les suivants :

E. T. L. ....	$\Omega_M = 1,00046_5$	ohm absolu
N. B. S. ....	$= 1,00045_4$	
N. P. L. ....	$= 1,00050_4$	
P. T. R. ....	$= 1,00048_3$	

*b. Unités de courant électrique.* — Trois Laboratoires ont communiqué au Sous-Comité technique les résultats de mesures récentes. Ces résultats, exprimés en fonction de la moyenne  $A_M$  des unités nationales de courant électrique, sont les suivants :

E. T. L. ....	$A_M = 0,99993_8$	ampère absolu
N. B. S. ....	$= 0,99989_5$	
N. P. L. ....	$= 0,99984_8$	

*c. Unités de force électromotrice.* — Les rapports de la moyenne  $V_M$  des unités nationales de force électromotrice aux unités absolues déterminées dans les divers Laboratoires, se déduisent des résultats donnés ci-dessus, et sont les suivants :

E. T. L. ....	$V_M = 1,00040_3$	volt absolu
N. B. S. ....	$= 1,00034_9$	
N. P. L. ....	$= 1,00035_2$	

### III. — RAPPORTS PROVISOIRES DES UNITÉS INTERNATIONALES AUX UNITÉS ABSOLUES.

Le Sous-Comité technique est d'avis qu'il suffit de donner les valeurs du rapport pour deux seulement des unités électriques

---

(<sup>1</sup>) D'une manière générale, les Laboratoires nationaux n'estiment pas l'exactitude de leurs mesures supérieure à 2 ou 3 unités de la cinquième décimale. La sixième décimale donnée ci-dessus est un résultat de calcul dû à la conversion en fonction de l'unité internationale moyenne.

et, conformément à la proposition du National Bureau of Standards, il propose de donner les valeurs du rapport pour l'ohm et le volt, parce que, en pratique, ce sont ces deux unités qui sont conservées dans les Laboratoires nationaux au moyen de bobines de résistance et d'éléments étalons.

*a. Unités de résistance.* — Après examen des résultats fournis par les Laboratoires E. T. L., N. B. S., N. P. L. et P. T. R., la valeur 1,00048 est adoptée comme la mieux appropriée pour le rapport de l'ohm international moyen  $\Omega_M$ , dont il est fait mention plus haut, à l'ohm absolu. Cette valeur paraît exacte à 2 ou 3 unités près du dernier chiffre inscrit.

*b. Unités de force électromotrice.* — Après examen des résultats fournis par les Laboratoires E. T. L., N. B. S. et N. P. L., la valeur 1,00036 est adoptée comme la mieux appropriée pour le rapport du volt international moyen  $V_M$ , dont il est fait mention plus haut, au volt absolu. Cette valeur paraît exacte à quelques unités près du dernier chiffre inscrit.

#### IV. — DISCUSSION SUR LES MÉTHODES DE MESURE.

Les détails des méthodes de comparaison des bobines de résistance et des éléments étalons ainsi que des méthodes dont se servent les divers Laboratoires pour les mesures en unités absolues, ont donné lieu à d'intéressantes discussions, auxquelles tous les membres présents du Sous-Comité ont pris part. Les membres ont tous été d'avis que de telles discussions sont d'une grande utilité pour leurs recherches, et ne peuvent que les aider dans les efforts qu'ils font pour obtenir une précision toujours plus haute.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Vigoureux et ouvre la discussion.

M. JOUAUST, Président du Sous-Comité technique : En ce qui concerne les valeurs provisoires à attribuer aux unités internationales en fonction des unités absolues correspondantes, on a estimé qu'il ne fallait pas s'arrêter au dix-millième, mais aller jusqu'au cent-millième. On a pris les

valeurs qui ont paru les mieux appropriées d'après les résultats déjà publiés et en tenant compte, dans une certaine mesure, des travaux en cours, qui n'ont fourni jusqu'alors que des valeurs provisoires.

Pour l'ohm, il est à supposer que cette valeur sera la valeur définitive à 2 ou 3 unités près; pour le volt, on n'a pu être aussi précis. Ces résultats seront dès maintenant une utile indication pour les hommes de science et pour les constructeurs.

M. LOMBARDI a lu avec intérêt le rapport du Bureau of Standards, où l'on préconisait à peu près les chiffres adoptés. Il exprime sa confiance dans les résultats admis par le Sous-Comité, et souhaite que les mesures ultérieures viennent confirmer les valeurs déjà adoptées.

Le Rapport du Sous-Comité technique, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT remercie et félicite le Sous-Comité pour le travail accompli.

*Fixation, par le Comité consultatif, d'une valeur en unités absolues pour les étalons envoyés par les divers laboratoires.*

M. PÉRARD rappelle le désir exprimé par chaque Laboratoire national de rapporter chez lui cette valeur avec ses étalons. Il n'y a pas lieu d'insister, puisque cette question a été traitée dans le rapport précédent. Les valeurs en question seront reproduites dans les annexes des Rapports du Bureau international (Annexe E 16, p. 208).

*Examen des études faites en vue du perfectionnement  
des étalons représentatifs des unités.*

M. H. VON STEINWEHR présente sur ce sujet deux Notes. L'une est relative à l'emploi des alliages chrome-or pour les résistances étalons. On a recherché à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt quelle est la meilleure composition à réaliser pour que les valeurs de la résistance présentent la plus grande stabilité, et l'on a trouvé 2,05 pour 100 de chrome. Cette proportion est légèrement différente de celle qui a été trouvée au National Bureau of Standards. Un tableau indique la valeur des résistances pour des bobines d'un ohm après recuit à 200°.

La seconde Note concerne les alliages de manganine et la recherche de la température de recuit la plus favorable pour obtenir à la fois la disparition de l'érouissage dû aux traitements mécaniques et l'homogénéisation de la structure.

M. PÉRARD lit un résumé de ces Notes qui sera publié en annexe (Annexe E 3, p. 139). Après un échange de vues auquel prennent part tous les membres du Comité, M. PÉRARD souligne tout l'intérêt de cette question et exprime les remerciements des usagers aux divers laboratoires qui ont poursuivi ces délicates recherches.

M. YONEDA présente également deux mémoires, l'un sur les étalons de résistance électriques en alliage de chrome et d'or (Annexe E 13, p. 191), sur lesquels on a obtenu des résultats à peu près identiques à ceux du Bureau of Standards. La teneur en chrome la meilleure

a été trouvée égale à 2,1 pour 100; l'étuvage a lieu à 150°, suivant la technique du National Bureau of Standards. La résistivité est alors de 39,4 microhms centimètres.

L'autre est relatif aux éléments-étalons comportant de l'eau lourde dans leur électrolyte. La conclusion de cette recherche est que l'eau lourde fait baisser la tension des éléments. Néanmoins l'action est assez faible pour qu'il n'y ait pas lieu d'en tenir compte dans la pratique. Le coefficient de température n'est pas affecté par la présence de 1 ou 2 pour 100 d'eau lourde.

M. LOMBARDI demande si l'eau lourde est stable et conserve ses propriétés dans les éléments.

M. YONEDA répond affirmativement; et sur une question de M. von Steinwehr, il indique que dans ses expériences l'eau lourde n'a été additionnée qu'à l'électrolyte et n'entre pas dans l'eau de cristallisation du sulfate de cadmium.

M. VON STEINWEHR souligne que, de ce fait, l'équilibre dans un élément n'est pas stable; M. Yoneda est d'accord avec M. von Steinwehr et se propose de poursuivre ses recherches dans cette voie.

*Propositions du Laboratoire Électrotechnique de Tokio.*

M. YONEDA présente, au nom de son Gouvernement, les propositions suivantes :

« 1° A la réunion de la Huitième Conférence Générale des Poids et Mesures de 1933, le délégué japonais s'est exprimé ainsi :

« Dans le cas où le système d'unités absolues serait mis

en application, pour répondre aux vœux des pays où la Convention internationale sur les unités internationales actuelles, adoptées à la Conférence de Londres en 1908 a été établie sous forme d'une loi, le Laboratoire Électrotechnique estimerait nécessaire que la Conférence Générale des Poids et Mesures ou le Comité international des Poids et Mesures rédige un texte précis, susceptible de servir de base à la modification de cette loi.

« Le Président nous a alors assuré que l'on tiendrait compte dans l'avenir de la suggestion présentée.

« Le Laboratoire Électrotechnique demande que la nouvelle Convention internationale nécessaire pour modifier cette loi soit conclue à la prochaine réunion de la Conférence Générale des Poids et Mesures de 1939 ».

M. PÉRARD répond que cette suggestion n'est pas perdue de vue. Mais, actuellement, comme le Comité n'a fixé que des valeurs provisoires, il ne peut encore prendre des décisions ni rédiger des textes.

« 2° Le Laboratoire Électrotechnique demande que la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures se réunisse au plus tard dans le début de l'année 1939; car un délai assez long est nécessaire pour préparer la modification de la loi en vue d'adopter définitivement les nouvelles unités électriques à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1940. S'il ne pouvait pas en être ainsi, il serait bien difficile d'adopter administrativement les nouvelles unités à partir de la date prévue dans tous les pays où, comme au Japon, la loi ne peut être modifiée qu'après approbation de la Diète. »

M. PÉRARD signale que cette question a déjà été examinée par le Sous-Comité technique. Les valeurs définitives des rapports des unités ne pourront être établies

qu'au cours de 1939, et la Conférence Générale ne pourra se réunir qu'en automne de la même année. Si le Japon ne peut adopter une loi nouvelle au 1<sup>er</sup> janvier 1940, il en sera probablement de même dans beaucoup d'autres pays, et les unités n'entreront légalement en vigueur que plus tard. Mais, dès 1939, tous les intéressés seront prévenus.

« 3° Le Laboratoire Électrotechnique demande qu'avant la session du Comité international des Poids et Mesures de 1939, le Comité consultatif d'Électricité et le Sous-Comité technique se réunissent et que les valeurs définitives des rapports entre les unités électriques nouvelles et anciennes soient déterminées. »

M. PÉRARD répond que cette procédure a toujours été dans les intentions du Comité.

« 4° Le Laboratoire Électrotechnique désire que les Gouvernements n'adoptent comme valeurs des nouvelles unités électriques que celles qui sont les moyennes des unités absolues des divers laboratoires nationaux, ces moyennes étant rapportées à une même unité, qui serait l'unité moyenne actuelle internationale des divers laboratoires, telle qu'elle a été déterminée au Bureau international des Poids et Mesures, comme il est montré dans la Résolution IV du Comité consultatif d'Électricité de 1935. Il demande également que le Comité international prenne les mesures nécessaires pour que ces valeurs des unités puissent être corrigées de légères quantités en temps opportuns. »

M. PÉRARD indique que la première partie de cette demande a déjà reçu satisfaction. Quant à la possibilité du réajustement des valeurs, elle est aussi dans l'intention

du Comité consultatif et du Comité international. Les valeurs des rapports seront fixées en 1939; mais lorsqu'on se trouvera ultérieurement devant un ensemble suffisamment important de valeurs nouvelles, le Comité international pourra prendre les décisions qu'il jugera opportunes.

M. JOUAUST croit pouvoir dissiper un malentendu en précisant que les modalités d'application des décisions de la Conférence Générale sont évidemment particulières à chaque pays et laissées à son appréciation. La Conférence ne peut que proposer un texte uniforme, mais non l'imposer dans les diverses législations.

M. le PRÉSIDENT ne croit pas qu'il soit possible d'obtenir dans tous les États un type de loi uniforme; mais les laboratoires auraient tous les renseignements nécessaires pour uniformiser les unités en attendant la sanction des législateurs.

M. YONEDA espère en tous cas que tous les laboratoires adopteront en même temps les nouvelles valeurs absolues, et il se demande si pour cela il ne serait pas préférable de remettre à une date ultérieure le changement d'unités.

M. PÉRARD ne croit pas que la simultanéité de la mise en vigueur des lois désirée par M. Yoneda puisse être imposée aux États. Mais dans la réalité, s'il y avait entre les laboratoires et entre les particuliers intéressés une entente formelle précédant la loi, la mise en pratique des nouvelles unités pourrait se réaliser dès 1940.

M. LOMBARDI pense que le rôle du Bureau international doit se borner à informer les États adhérents des décisions prises par la Conférence, sans s'immiscer dans la rédaction des lois.

D'autre part M. YONEDA présente diverses résolutions

prises par le Comité d'Études japonais, tendant à l'adoption d'un système d'unités M. K. S.  $\Omega$ ,  $\Omega$  étant la valeur de l'ohm dont une réalisation matérielle serait conservée au Bureau international.

M. PÉRARD pense que le Comité consultatif n'a pas à discuter à la présente session cette question, qui a été examinée l'année dernière, et dont l'étude ne lui a plus été confiée à nouveau par le Comité international.

M. PÉRARD pose la question d'une réunion éventuelle avant l'automne 1939, date de la prochaine Conférence Générale. On a fait ressortir précédemment l'intérêt de grouper autant que possible les réunions des Comités consultatifs et du Comité international ou de la Conférence Générale, afin de ne pas obliger les délégués à plusieurs voyages successifs.

M. le PRÉSIDENT remarque qu'en général les Comités consultatifs et technique ne sont pas composés des mêmes membres que le Comité international et la Conférence Générale; cela permettrait donc de tenir les sessions de ces deux catégories d'organismes à des dates distinctes. Cet intervalle aurait l'avantage de permettre la communication des propositions des Comités consultatifs un certain temps à l'avance aux membres du Comité international et de la Conférence et une meilleure préparation de leurs sessions par le Bureau international. Il propose donc que les Comités technique et consultatifs se réunissent quelques mois avant la Conférence Générale, dont la session est prévue vers la fin de septembre 1939.

M. CRITTENDEN appuie cette proposition, à laquelle se range également M. Pérard.

M. YONEDA réserve sa réponse jusqu'à une séance ultérieure.

M. CRITTENDEN demande s'il y a lieu de prolonger l'existence du Sous-Comité technique, dont l'œuvre paraît actuellement terminée.

M. PÉRARD : On pourrait proposer au Comité international de fusionner le Comité consultatif et le Sous-Comité technique.

La date de la prochaine séance est fixée au samedi 12, à 10<sup>h</sup>, au Laboratoire Central d'Électricité, 14 rue de Staël.

La séance est levée à 16<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>.

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ,

le samedi 12 juin 1937.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

---

Présents : MM. CRITENDEN, JOUAUST, LOMBARDI,  
PÉRARD, VON STEINWEHR, YONEDA.

Assistent à la séance : MM. VIGOUREUX, VOLET,  
ROMANOWSKI.

La séance est ouverte à 10<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

Sur l'invitation de M. le PRÉSIDENT, M. VOLET donne lecture du procès-verbal de la première séance, qui est adopté avec quelques modifications. Autorisation est donnée au Directeur du Bureau d'y apporter des retouches grammaticales, qui pourraient lui paraître nécessaires, en accord avec M. le PRÉSIDENT.

M. YONEDA annonce qu'il a reçu du Japon un télégramme l'autorisant à accepter la prochaine réunion du Sous-Comité technique et du Comité consultatif d'Électricité à partir du milieu de mai 1939.

La date du mardi 16 mai 1939, qui conviendrait à tous les membres, est dès maintenant suggérée pour le début de la session de 1939.

Un échange de vues se produit sur les propositions du

Gouvernement japonais et le memorandum explicatif qui les accompagne. Ces documents ont été rédigés directement en français; comme ils présentaient quelques obscurités, M. PÉRARD, d'accord avec M. YONEDA, en a retouché légèrement la forme, avant leur présentation au Comité. Pour éviter des divergences possibles d'interprétation, il est décidé que ces textes seront retournés au Japon pour demander l'avis des autorités compétentes, et qu'ils ne seront publiés qu'après accord complet avec ces dernières.

Le SECRÉTAIRE donne ensuite lecture du 5<sup>e</sup> Rapport du Comité consultatif d'Électricité au Comité international des Poids et Mesures, rédigé par M. CRITTENDEN, Rapporteur (1).

Ce rapport est adopté à l'unanimité, avec les remerciements les plus chaleureux à son auteur.

M. le PRÉSIDENT : Le rapport de M. CRITTENDEN indique qu'en 1939 il sera nécessaire d'élaborer un texte précis sur la définition des unités absolues, dont on fixera alors le rapport à la moyenne des unités nationales correspondantes. A l'heure actuelle, la question de l'unité fondamentale à choisir parmi les unités électriques pour le système M. K. S. n'est pas encore résolue par les organismes compétents. Il est donc désirable que la définition à rédiger ne soulève ni la question de la rationalisation, ni l'attribution d'une valeur définitive à la perméabilité du vide.

Lors de la session de 1935, M. SEARS a présenté un projet basé sur la définition primordiale de l'ampère. Il pense qu'on pourrait s'inspirer de ce projet pour l'élaboration d'un texte définitif, et il souligne l'intérêt qu'il y

---

(1) Voir le texte de ce Rapport p. 127.

aurait à discuter dès maintenant cette question dans les divers pays, afin d'arriver, en 1939, à une entente rapide.

M. LOMBARDI rappelle que notre but est simplement de fixer des valeurs aux unités, sans s'occuper de la rationalisation, au sujet de laquelle la Commission Électrotechnique Internationale a d'ailleurs reconnu l'impossibilité actuelle d'une entente.

M. le PRÉSIDENT signale que sa proposition a précisément pour but d'éviter cette discussion au sein du Comité.

M. JOUAUST pense que pour la rédaction d'un texte, on pourrait utilement s'inspirer de ce qui a été fait à la Conférence de Londres, en supprimant les références aux unités internationales.

A la demande de M. PÉRARD, on fixe la liste provisoire des documents présentés au Comité consultatif qui pourraient être publiés en annexe dans les Procès-Verbaux. Cette liste sera soumise à l'approbation du Comité international.

M. VON STEINWEHR demande s'il y a lieu de discuter actuellement la question du nombre des étalons nécessaires pour conserver les unités électriques; la constance de ces étalons étant aléatoire, un seul exemplaire ne suffirait pas.

M. le PRÉSIDENT : Il est entendu que le Bureau aura besoin de plusieurs étalons, sans qu'il soit nécessaire actuellement d'en fixer le nombre.

M. PÉRARD : Il faudra en effet conserver plusieurs étalons dont on prendra la moyenne; si, ultérieurement, l'un vient à présenter une discordance sensible, on pourra l'écartier, après consentement du Comité international.

Le Comité donne pouvoir à son Président d'approuver le procès-verbal de la présente séance.

M. JOURAUST remercie cordialement M. SEARS de la façon dont il a dirigé les débats de cette session.

M. le PRÉSIDENT déclare la session close, et lève la séance à 12<sup>h</sup> 5<sup>m</sup>.

---

**CINQUIÈME RAPPORT**  
**DU**  
**COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ**  
**AU**  
**COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

Par M. E. C. CRITTENDEN, Rapporteur.

---

Conformément à la convocation du Président du Comité international des Poids et Mesures, le Comité consultatif d'Électricité s'est réuni à Sèvres, au Pavillon de Breteuil, le 10 juin 1937. Grâce à l'amabilité de M. Jouaust, la deuxième réunion de ce Comité eut lieu le 12 juin, au Laboratoire Central d'Électricité.

Les membres du présent Comité étaient :

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin :  
M. H. von Steinwehr.

Pour le National Bureau of Standards, Washington :  
M. E. C. Crittenden.

Pour le National Physical Laboratory, Teddington :  
M. J. E. Sears.

Pour le Laboratoire Central d'Électricité, Paris :  
M. R. Jouaust.

Pour le Laboratoire Électrotechnique, Tokio : M. R. Yoneda.

M. le Professeur L. Lombardi, Directeur du Laboratoire Électrotechnique de l'Université de Rome.

M. A. Pérard, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

Assistaient, en outre, en qualité d'invités : M. P. Vigoureux, du National Physical Laboratory, MM. Volet et Romanowski, du Bureau international.

A la première réunion, le Comité a été honoré par la présence de M. Ch.-Ed. Guillaume, Directeur honoraire du Bureau international des Poids et Mesures.

M. Jouaust, ainsi que M. Pérard et ses collaborateurs du Bureau international, avaient préparé très judicieusement le travail du Comité et les réunions ont été conduites suivant l'ordre du jour qu'ils avaient prévu.

M. Pérard invita M. Sears à assumer la présidence. En la prenant, M. Sears expliqua que, pour succéder au regretté Président, le Professeur Paul Janet, M. Volterra avait désigné le Professeur A. E. Kennelly. Mais pour des raisons de santé, le Professeur Kennelly n'a pas pu venir assister aux réunions. Le Règlement du Comité exigeait que le Président fût pris parmi les membres du Comité international des Poids et Mesures. L'exécution de cette clause a, en conséquence, incombé à M. Sears, comme le seul membre du Comité international faisant partie du Comité consultatif.

M. Sears souligna le respect et l'affection que tous les membres du Comité marquaient au Président disparu qui a, pendant si longtemps, guidé leurs délibérations avec tant de tact et d'habileté. Il a aussi annoncé le décès récent de M. W. Jaeger, membre honoraire de ce Comité, bien connu pour ses travaux dans les mesures électriques.

En hommage à la mémoire de M. Janet et de M. Jaeger, les membres du Comité se levèrent et observèrent quelques instants de silence. M. Jouaust remercia brièvement M. Sears pour les paroles concernant le chef auquel

il avait été intimement associé pendant tant d'années.

M. Vólet fut nommé secrétaire du Comité, et M. Crittenden rapporteur de la présente session.

M. Vigoureux, en sa qualité de Rapporteur du Sous-Comité technique d'Électricité, lut le rapport des séances tenues par ce Comité du 1<sup>er</sup> au 8 juin 1937. L'excellent rapport de M. Vigoureux est reproduit *in extenso* dans les Procès-Verbaux (voir p. 109). Il n'est par conséquent pas nécessaire d'en reproduire ici les détails.

La plus importante fonction du Sous-Comité avait été de fixer les valeurs des rapports des unités internationales aux unités absolues correspondantes. Les rapports présentés par divers Laboratoires nationaux ont montré cependant que seul le National Physical Laboratory considère ses valeurs actuelles comme définitives. Le National Bureau of Standards a publié des déterminations des rapports, tant pour l'ohm que pour l'ampère. Mais il est en train de construire des appareils nouveaux et améliorés pour les deux déterminations. Le Laboratoire Électrotechnique a présenté les résultats des deux unités; mais il se propose pareillement de faire d'autres mesures, tout au moins en ce qui concerne l'ampère. Les autres Laboratoires ne sont pas encore prêts pour donner des résultats de leurs récentes déterminations. Mais la Physikalisch-Technische Reichsanstalt a communiqué les résultats révisés de ses mesures effectuées il y a quelques années (voir *Procès-Verbaux du Comité international*, t. XVII, 1935, p. 215).

Étant donné que les déterminations sont encore incomplètes, toute valeur fournie à l'heure actuelle doit être formellement considérée comme provisoire. Cependant, il a paru désirable d'exprimer les valeurs les plus probables des rapports pour l'ohm et pour le volt jusqu'à la cinquième décimale. On fournira ainsi un renseignement

utile aux constructeurs des étalons de résistance de précision et à tous ceux qui désirent avoir des valeurs un peu plus précises que celles qui sont données (avec 4 décimales seulement) dans la publication du Comité international de 1935 (*P.-V.*, tome XVII, p. 75).

Lorsqu'on donne, avec 5 décimales, des rapports pour plusieurs unités, il surgit une difficulté par le fait que cette 5<sup>e</sup> décimale est influencée par différents *ohms internationaux* tels qu'ils sont conservés dans les Laboratoires nationaux, de même que par les différents *volts internationaux*.

Ces différences sont petites ; mais elles sont réelles, et restent constantes d'année en année, à quelques millièmes près, ainsi que cela a été démontré par les excellentes comparaisons exécutées par les physiciens du Bureau international dans ces dernières années (*P.-V.*, t. XVII, 1935, p. 288, 290 et 300). Comme la plupart des Laboratoires nationaux ont trouvé plus simple de conserver leurs unités plutôt que d'adopter les unités moyennes, ainsi que l'avait suggéré le Comité international de 1935 (*P.-V.*, t. XVII, p. 94), le procédé le plus pratique paraît être maintenant de fixer les rapports des unités moyennes aux unités absolues correspondantes, en laissant à chaque Laboratoire national le soin de faire lui-même la légère correction nécessaire pour tenir compte de son écart par rapport à la moyenne.

En conséquence, les membres du Sous-Comité technique se sont mis d'accord au sujet des valeurs qu'ils considèrent comme étant les plus probables pour ces rapports ; et le Comité consultatif recommande que ces valeurs soient publiées, de façon que toutes les personnes intéressées en soient informées. Ces relations sont :

a. Pour l'unité de résistance :

1 ohm international *moyen* = 1,00048 ohm absolu.

Cette valeur paraît exacte à 2 ou 3 unités près du dernier chiffre inscrit.

b. Pour l'unité de force électromotrice :

1 volt international *moyen* = 1,00036 volt absolu.

Cette valeur paraît exacte à quelques unités près du dernier chiffre inscrit.

Il faut remarquer que les valeurs des rapports des autres unités internationales aux unités absolues correspondantes peuvent être déduites des deux valeurs ci-dessus; mais dans l'état actuel il ne paraît pas nécessaire de donner un tableau de ces valeurs.

M. Jouaust, en qualité de Président du Sous-Comité technique, ajouta quelques commentaires au rapport de M. Vigoureux, et donna quelques explications complémentaires sur les buts que se sont proposés les recommandations contenues dans ce rapport.

M. Lombardi, en tant que seul membre du Comité consultatif (exception faite pour le Président), qui n'eût pas pris part au travail du Sous-Comité, exprima sa satisfaction de voir les progrès accomplis, et son espoir que les valeurs définitives pour les unités puissent être établies en 1939, ainsi qu'il avait été proposé.

Aucun autre passage du rapport du Sous-Comité technique n'appelle, à l'heure actuelle, l'intervention du Comité international.

Au sujet des études faites dans le but de perfectionner les étalons qui doivent représenter les unités et les étalons secondaires, M. von Steinwehr résuma un rapport sur le travail effectué par M. Alfred Schulze, concernant les recherches électriques et thermiques sur la manganine, travail qui doit être publié bientôt dans la *Physikalische Zeitschrift*. M. Schulze a déterminé les conditions de trai-

tement thermique qu'il faut appliquer à la manganine pour obtenir les meilleurs résultats dans la construction des étalons de résistance.

Afin de déterminer les effets du recuit aux différentes températures, des échantillons de fil de manganine, qui avaient été fortement travaillés à froid, ont été recuits pendant une heure à des températures différentes allant jusqu'à 350° C. On a trouvé qu'une température de 325° C était suffisante pour faire disparaître les effets de travail à froid, ainsi que le montre la diminution de la résistance résultant du recuit. A 350° C, l'évaporation de manganèse à la surface devient évidente. On a trouvé que le recuit à toutes les températures produisait son plein effet en un temps inférieur à une heure. Le recuit aux températures comprises entre 250° et 550° diminue le coefficient thermique de la résistance sur un intervalle compris entre 20° et 45° C; mais la surface de la manganine devient rugueuse par l'évaporation du manganèse.

Étant donnée l'importante fonction de la manganine dans les appareils de résistance, plusieurs membres ont exprimé combien ils appréciaient la valeur de ce genre d'étude systématique.

Le rapport de M. Yoneda sur les étalons électriques a été également examiné. La première partie de ce rapport décrit les expériences avec les alliages d'or et de chrome, exécutées par le procédé de M. J. L. Thomas. M. von Steinwehr a fait aussi un rapport sur ce genre d'expériences, qui démontrent un très haut degré de stabilité des résistances sur une durée d'une demi-année. M. Yoneda rend également compte des expériences effectuées avec les éléments étalons contenant de l'eau lourde dans leur électrolyte; les résultats paraissent montrer une légère diminution de la force électromotrice de l'élément.

Les propositions présentées par le Gouvernement Japo-

nais ont été l'objet d'une étude approfondie. A part l'une d'elles, qui a paru sortir de la compétence actuelle du Comité consultatif (système d'unités M. K. S.  $\Omega$ .), toutes ont été reconnues en accord avec les vues du Comité.

Ces propositions contiennent la date et le processus à suivre pour l'introduction des nouvelles unités.

Au sujet de la date, il avait été admis qu'on demanderait au Comité international, en 1939 (et même à la Conférence puisqu'elle se réunit précisément cette année), d'approuver les valeurs qui doivent être établies pendant cette année, et de les mettre en pratique à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1940, dans la mesure où peut s'exercer l'action du Comité international et du Bureau international. On ne peut cependant pas espérer que tous les pays pourront faire le nécessaire pour donner, à un même moment, une force légale aux nouvelles unités.

A propos des textes de la loi, il y a plusieurs opinions différentes; mais le point de vue le plus général est qu'une forme de rédaction pourrait être suggérée, qui consisterait essentiellement en une déclaration de principe et en définitions des unités. La loi ne contiendrait elle-même aucune référence à une valeur numérique du genre des rapports qui sont actuellement déterminés et qui doivent être fixés en 1939; ces valeurs sont nécessaires exclusivement pour des besoins administratifs.

Pour pouvoir fixer en 1939 les valeurs des unités et formuler des recommandations les concernant, qui puissent être examinées à temps par tous les pays, avant que la Conférence générale se réunisse, il sera nécessaire que le Comité consultatif ne se réunisse pas trop tard dans le courant de l'année. Dans ce but, on a attiré l'attention sur la proposition du National Bureau of Standards, proposition suivant laquelle tous les Laboratoires qui effectuent des mesures absolues devraient distribuer aux

membres du Comité avant le 1<sup>er</sup> septembre 1938, des descriptions détaillées des méthodes qu'ils utilisent. Cette proposition complète la décision déjà prise par le Comité international, et suivant laquelle les résultats définitifs des déterminations doivent être communiqués avant le 31 décembre 1938 (*P.-V.*, tome XVII, 1935, p. 74).

Les propositions de l'Electrotechnical Laboratory contiennent l'adoption, par tous les pays, des mêmes valeurs pour les unités absolues, et les suggestions pour une action commune concernant les corrections futures, lorsque ces dernières deviendront nécessaires par suite de nouvelles déterminations. On s'est trouvé d'accord pour estimer que de telles mesures en vue de l'uniformité des valeurs devraient être prises; mais aucune action spécifique n'a paru nécessaire à ce sujet pour le moment; car elle semble seulement faire partie du programme que le Comité international est en train de poursuivre.

---

---

ANNEXE E 4.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

---

ÉTAT DES TRAVAUX

POUR

LA COMPARAISON DE L'OHM ABSOLU

AVEC L'OHM INTERNATIONAL

(Juin 1937).

---

1. *Construction de la bobine.* — Le cylindre en quartz de 230<sup>mm</sup> de long et 230<sup>mm</sup> de diamètre, fourni par la Société allemande Ton-und Steinzeugwerke, Berlin, fut poli par la firme Bernhard Halle Successeur, Berlin. La variation maximum du diamètre après le polissage est de  $\pm 3\mu$ .

Le noyau de quartz est faiblement diamagnétique; mais l'influence qui en résulte sur la self-induction de la bobine ne dépasse pas la valeur de quelques millièmes.

Le fil de cuivre employé pour l'enroulement de la bobine, de 0<sup>mm</sup>,5 de diamètre, est cylindrique à  $\pm 1\mu$  près. Sa susceptibilité magnétique est à peu près nulle. Pour obtenir la course du fil la plus régulière possible, le cylindre en quartz était centré à l'aide d'un dispositif particulier sur un support à axe-guide.

Le fil allait de la bobine d'alimentation, qui a le même diamètre que le cylindre de quartz, directement sur la bobine sans aucune courbure évitable. Sur la bobine d'alimentation est directement accouplé un tambour secondaire, qui, de son côté, est alimenté par une deuxième bobine d'alimentation. De la sorte, le fil secondaire passe sur un rouleau chargé d'un poids, ce qui donne au fil de la bobine une tension d'environ 1 kilo-

gramme-poids, tension qui est suffisante pour éviter un relâchement du fil pour une élévation de température allant à environ 45° C. On peut obtenir une bonne constance du pas, comme l'ont montré des essais préliminaires, en utilisant après avoir fait l'enroulement, un dispositif de précision formé d'une vis taillée au même pas, qui est placée sur l'enroulement et agit dans une certaine mesure comme un peigne. Dans cette opération, le fil ne subit aucune détérioration notable. Une épreuve au choc montra que les spires sont suffisamment fixes.

2. *Mesure géométrique de la bobine.* — Un comparateur spécial a été construit pour la détermination du diamètre du noyau, du diamètre de la bobine terminée, du pas, et de la longueur de la bobine.

3. *Mesure électrique.* — On a conservé la méthode employée par Grüneisen et Giebe. La self-induction de la bobine est représentée dans le pont de Maxwell comme produit de deux résistances et d'une capacité. Celle-ci est déterminée avec l'interrupteur rotatif, selon Maxwell-Thomson, par une mesure de temps et une mesure de résistance. La mesure de temps (fréquence d'interrupteur) est donnée par la marche de l'interrupteur rotatif à l'aide d'un moteur, synchrone avec la pendule en quartz de la P. T. R. Cette mesure est pratiquement sans erreur. De cette façon, on détermine la résistance (en unités absolues) par le calcul de la bobine.

Différentes améliorations furent apportées aux dispositifs de mesure, entre autres un galvanomètre spécial à très haute sensibilité.

4. *Calcul de la self-induction.* — Pour le calcul, en dehors de la formule connue de Lorenz avec la correction de Rosa, on a tenu compte également de l'expression donnée par Ch. Snow pour un enroulement cylindrique.

---

ANNEXE E 2.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

---

ÉTAT DES TRAVAUX

CONCERNANT

LA DÉTERMINATION DE L'AMPÈRE ABSOLU

(Juin 1937).

---

Les difficultés qui se présentent pour évaluer l'espace d'enroulement et les corrections qui en résultent avec l'emploi des bobines en fil ont provoqué la construction d'un nouveau groupe de bobines qui furent constituées d'un ruban de cuivre émaillé, goupé avec de la soie. Ce ruban a une âme de cuivre de  $0^{\text{mm}},1$  d'épaisseur et  $3^{\text{mm}},55 \pm 0^{\text{mm}},05$  de largeur. Les grandes bobines (rayon  $20^{\text{cm}}$ ) sont formées de quatre couches de spires accolées, séparées par des bagues en « tourbonit » (Pertinax, sorte de papier fort). La petite bobine (rayon  $10^{\text{cm}}$ ) est formée de deux couches de spires semblables, séparées de même par la « tourbonit ». La largeur des anneaux de « tourbonit » est environ  $0^{\text{mm}},24 \pm 0^{\text{mm}},02$ ; avec l'espace d'air correspondant, les vides d'isolement entre les rangs de spires sont de  $0^{\text{mm}},28 \pm 0^{\text{mm}},025$ .

Les mesures exécutées avec ce nouveau groupe de bobines, lors des recherches magnétiques pour la détermination du rapport des rayons, et lors des mesures spéciales à la balance de courant, montrent une constance suffisante. En particulier, dans les pesées avec trois intensités différentes de courant et deux réglages différents, la concordance des mesures est telle que l'erreur moyenne des mesures individuelles exécutées en un jour est de  $\pm 30 \cdot 10^{-6}$ . L'erreur moyenne de la valeur moyenne de ces six mesures est  $\pm 13 \cdot 10^{-6}$ . Nous avons obtenu entre nos mesures cette concordance avec trois intensités de courant différentes qui sont dans le rapport  $\sqrt{1}$ ,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$  et dont les forces sur la

balance sont entre elles comme 1, 2, 3 et pour deux réglages complètement indépendants l'un de l'autre.

L'appréciation de la valeur de ces mesures pour la détermination absolue de l'intensité est indéterminée du fait qu'on n'a pas explicité la largeur théorique des espaces d'enroulement. En particulier, la correction provenant en premier lieu de la petite bobine est si fortement variable avec la largeur de l'espace d'enroulement que l'on peut seulement lui donner des limites déterminées. Pour toutes les bobines, on a calculé la largeur de l'espace d'enroulement comme si les bagues en « tourbonit » qui se trouvent entre les couches de spires étaient parcourues par le courant. Mais des difficultés de principe sont en particulier soulevées par la question de savoir si les couches extrêmes de spires forment la limite pour la largeur égale à  $2b$  de l'espace d'enroulement ou si un demi-intervalle doit être aussi compté en dehors de chaque côté, correspondant à l'intervalle d'isolement qui se trouve entre les couches de spires (pour la largeur entière un intervalle entier) (1).

---

(1) Voir *Bull. Bureau of Standards*, vol. 8, n° 2, Rosa, Dorsey et Miller, p. 371-375, en particulier p. 372 en bas et 373 en haut.

ANNEXE E 3.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

---

I.

RÉSISTANCES DE PRÉCISION

EN

ALLIAGE D'OR ET DE CHROME.

---

Pour obtenir des résistances étalons à de très faibles coefficients de température, on a employé, d'après Thomas (*Journ. of Res. B. of S.*, 13, 1934, p. 681), des alliages d'or et de chrome. Les recherches faites à la Reichsanstalt ont montré que les alliages d'or avec 2,05 pour 100 de chrome donnent les meilleurs résultats. En premier lieu, on a construit une série de résistances de 1 ohm et 10 ohms. Pour les résistances de 1 ohm, on a employé du fil de  $0^{\text{mm}},6$  de diamètre et pour les résistances de 10 ohms, du fil de  $0^{\text{mm}},3$  de diamètre. Ce fil était enroulé sur des cylindres de porcelaine portant un filetage hélicoïdal.

Les résistances de 1 ohm ont été soumises au vieillissement dans le vide à  $200^{\circ}\text{C}$ ., et après ajustage, elles ont été recouvertes d'une mince couche de vernis. Dans le cours d'une demi-année, elles ont montré avec le temps une constance intérieure à quelques millièmes. A titre d'exemple, le tableau suivant donne la tenue de trois résistances de 1 ohm; on y trouvera également les valeurs correspondantes de  $\alpha$  et  $\beta$ .

$$l_1$$

$$\alpha = -1,11 \times 10^{-6}$$

$$\beta = -0,01 \times 10^{-6}$$

$$l_2$$

$$\alpha = -0,79 \times 10^{-6}$$

$$\beta = +0,02 \times 10^{-6}$$

7 nov. 1936...	1,000 010	7 nov. 1936...	1,000 114
2 déc. » ...	10	2 déc. » ...	116
29 déc. » ...	14	28 déc. » ...	120
4 janv. 1937...	15	6 févr. 1937...	118
6 févr. » ...	14	11 mars » ...	115
11 mars » ...	13	15 avril » ...	116
15 avril » ...	14	14 mai » ...	117
14 mai » ...	14		

$$l_5$$

$$\alpha = -3,34 \times 10^{-6}$$

$$\beta = +0,12 \times 10^{-6}$$

2 déc. 1936.....	1,000 034
4 janv. 1937.....	35
6 févr. » .....	34
12 mars » .....	33
15 avril » .....	33
15 mai » .....	35

On ne peut encore rien dire sur la constance des résistances de 10 ohms.

## II.

# RECHERCHES ÉLECTRIQUES ET THERMIQUES

SUR

LA MANGANINE.

On n'a pas entrepris jusqu'ici d'étude systématique de la manganine en ce qui concerne la température de recuit la plus favorable. Au temps où l'on a créé cet allié, d'une part, les investigations dans le domaine de la métallurgie n'étaient pas encore assez avancées pour pouvoir fournir le point de départ d'une telle étude; et, d'autre part, le guipage des fils avec de la

soie limitait l'échauffement à des températures relativement basses. Le premier pas dans cette voie a été un recuit à température plus élevée (550°), qui fut fait par le Bureau of Standards (1), sans que cependant fût donnée la raison du choix de cette température.

Par le vieillissement de la manganine, on doit obtenir deux résultats différents, savoir : 1° disparition de l'écroissage causé par le travail mécanique (étirage); d'après de nouvelles recherches sur les métaux et les alliages, cette disparition est complète à la température dite de régénération; 2° production de l'homogénéisation, c'est-à-dire production d'un état d'équilibre entre les composants de l'alliage.

On reconnaît que la température de régénération est atteinte, à ce qu'il se produit à cette température une brusque diminution de la résistance. Par la mesure de la résistance à la température ambiante, après des recuits successifs, de 1 heure de durée chacun, à des températures comprises entre 100° et 350° C., on a trouvé que la température de régénération est 325° C.; au-dessus, il ne se produit pas de diminution plus forte de la résistance. La durée du recuit nécessaire pour obtenir la régénération a été établie par des recherches particulières.

Le tracé des courbes Résistance-Température après vieillissement à différentes températures, a montré que, avec l'élévation de la température jusqu'à 250°, la courbe parabolique qui représente cette fonction devient plus raide. Mais pour des recuits au-dessus de 250°, on obtient des paraboles qui, de façon progressive, sont plus aplaties que celles trouvées après recuit à 150°. Il est donc possible, par le vieillissement de la manganine à des températures plus élevées que celles du recuit habituel, d'obtenir, au voisinage de la température ambiante, un coefficient de température plus faible, ainsi que cela a déjà été établi par le Bureau of Standards, pour le recuit à 550° C.

Ce comportement de la manganine s'explique par le fait que, tandis que sa régénération est liée à une diminution de la résistance (c'est-à-dire à un accroissement du coefficient de température), l'homogénéisation produit une élévation de la résistance (c'est-à-dire une diminution du coefficient de température). L'homogénéisation, qui a un cours plus lent que la régénération,

---

(1) J.-L. THOMAS, *Journ. of Research of the Nat. Bur. of Standards*, 13, 1934, p. 681.

s'accomplit cependant, comme le montrent ces expériences, assez vite aux températures supérieures à 250°, pour être appréciable après un vieillissement d'une heure.

Il résulte de ces expériences que pour obtenir une régénération complète et une homogénéisation suffisante (donc un faible coefficient de température à la température ambiante), on doit faire le recuit entre 375° et 400° C. Un échauffement à des températures plus élevées, où il se produit déjà une forte vaporisation du manganèse, n'est donc pas nécessaire.

ANNEXE E 4.

National Bureau of Standards.

---

PROPOSITION

AU SOUS-COMITÉ D'ÉLECTRICITÉ

CONCERNANT

LES VALEURS PROVISOIRES DES UNITÉS ÉLECTRIQUES

A ADOPTER EN JUIN 1937.

---

En exécution des résolutions adoptées en 1935 par le Comité international des Poids et Mesures (*Procès-Verbaux*, t. XVII, p. 73-75, 1935), la réunion du Sous-Comité technique en 1937 doit fixer les valeurs *provisaires* des rapports entre les unités absolues et les unités internationales correspondantes. La déclaration publiée par le Comité international en 1935 (*Procès-Verbaux*, t. XVII, p. 74-75) donne les valeurs de ces rapports jusqu'au 1/10000. Il est désirable de publier maintenant les valeurs avec un chiffre significatif supplémentaire, bien que les déterminations des laboratoires nationaux ne soient pas suffisamment concordantes pour assurer que ces valeurs soient correctes à 1/100000 près. Une telle estimation aura des applications nombreuses et utiles, et entre autres, permettra aux fabricants d'étalons de haute précision de préparer le changement des unités.

Puisque les unités actuellement conservées dans les différents pays diffèrent en certains cas de quelques cent-millièmes, la publication finale des valeurs sur la base absolue doit s'accom-

pagner de renseignements circonstanciés concernant le changement exact qui doit être opéré dans chaque pays. Pour le but actuel, toutefois, il paraît préférable de fixer simplement la relation la plus probable entre l'ohm et le volt absolus et les unités moyennes internationales telles qu'elles ont été déterminées par les comparaisons faites au Bureau international. La relation entre les unités des différents laboratoires nationaux pour 1935 (*Procès-Verbaux* t. XVII, p. 95, 1935) avec les unités moyennes est indiquée dans le tableau I.

TABLEAU I.

*Quantités dont les unités des différents pays s'écartaient de l'ohm et du volt internationaux moyens en 1935.*

Le signe (+) indique que l'unité nationale est plus grande que la moyenne. Le signe (—) indique que l'unité nationale est plus petite que la moyenne.

Laboratoire.	Pays.	Ohm.	Volt.
P. T. R. .	Allemagne	+ 9,8 × 10 <sup>-6</sup>	— 4 × 10 <sup>-6</sup>
N. B. S. . .	Etats-Unis	— 5,5 »	— 12 »
N. P. L. . .	Grande-Bretagne	— 3,6 »	+ 5 »
E. T. L. . .	Japon	— 11,2 »	— 2 »
I. M. S. . .	U. R. S. S.	+ 10,6 »	+ 13 »

A la réunion du Sous-Comité les résultats de 1937 seront probablement utilisables.

#### VALEUR DE L'OHM.

Quatre laboratoires nationaux ont publié les valeurs expérimentales de la relation entre l'ohm international et l'ohm absolu. Chaque valeur a été rapportée à l'unité du laboratoire faisant la détermination, mais toutes ont été réduites sur une base commune au moyen des intercomparaisons faites au Bureau international (tableau I). Les résultats des déterminations sont donnés au tableau II.

TABLEAU II.  
*Valeurs de l'ohm international.*

Pays.	Méthode.	Date.	Valeur en ohms absolus (la plus récente)	
			de l'unité du laboratoire exécutant.	de l'unité moy. déterminée au B. I. P. M. (1935).
Grande-Bretagne.	Lorenz	1936	1,00050	1,00050
»	Campbell	1936	1,00050	1,00050
Allemagne.....	Self ind.	1935	1,00049 <sup>(1)</sup>	1,00048
Japon.....	Ind. mutuelle	1933	1,00046	1,00047
États-Unis.....	Self ind.	1936	1,00045	1,00046
Moyenne.....			1,00048	

En vue d'estimer l'exactitude comparative des valeurs différentes, on a besoin de connaître les détails des procédés expérimentaux et des résultats. Ces détails n'ont, jusqu'ici, été communiqués que dans le cas du résultat fourni par le Laboratoire des États-Unis. Bien que la description de la méthode utilisée par le Laboratoire allemand ait été publiée, un ajustement des valeurs contenues dans la publication a été communiqué au Comité international en 1935; mais les raisons qui ont conduit à changer la valeur n'ont pas été indiquées. De même, on dispose d'une description de l'appareil Lorenz tel qu'il a été utilisé dans le Laboratoire anglais en 1912; mais les modifications récentes et les détails des observations expérimentales n'ont pas été communiqués au Comité international. Il n'est donc pas possible, à l'heure actuelle, de décider quels poids devraient être attribués aux différentes déterminations.

Sur la base des renseignements dont on dispose actuellement, le National Bureau of Standards propose que le Sous-Comité recommande de prendre la moyenne des déterminations donnée au tableau II comme valeur provisoire de l'ohm; comme il est indiqué ci-dessus, ce résultat est :

$$1 \text{ ohm international moyen} = 1,00048 \text{ ohm absolu.}$$

(<sup>1</sup>) Ajustement de la valeur obtenue en 1914.

VALEURS DE L'AMPÈRE ET DU VOLT.

Il est à souhaiter qu'on exprime le résultat d'une détermination absolue de l'ampère en fonction de l'ohm et du volt, puisque la comparaison de tels résultats est généralement opérée par l'échange de résistances étalons et de piles étalons. Deux laboratoires seulement ont communiqué les résultats de la détermination absolue de l'ampère. Chaque résultat est exprimé en fonction du volt et de l'ohm tels qu'ils sont conservés par le laboratoire faisant la détermination. Ces valeurs sont données au tableau III. Le National Bureau of Standards a publié une valeur en 1934, mais depuis cette époque, l'appareillage a été amélioré et une valeur différente a été obtenue, qu'on donne dans le rapport annexé intitulé : *Rapport supplémentaire sur la détermination absolue de l'ampère* (p. 149). On recommande d'utiliser pour l'établissement d'une valeur provisoire du volt le résultat donné dans le Rapport supplémentaire, de préférence à celui donné dans le rapport déjà publié.

TABLEAU III.

Méthode.	Date.	Valeurs (1).
<i>Grande-Bretagne.</i>		
Balance de courant Ayrton-Jones.....	1936	0,99986
<i>États-Unis.</i>		
Balance de courant de Rayleigh		
(Publié).....	1934	0,99993
(Rapport supplémentaire).....	1936	0,99989

Pour obtenir une valeur du volt, chaque valeur de l'ampère

---

(1) Valeurs, en ampères absolus, de chaque détermination de l'ampère international en fonction des unités du laboratoire faisant la détermination, l'ampère international étant déterminé d'après les piles étalons et les étalons de résistance du laboratoire en question.

donnée par le tableau III (à l'exclusion de la valeur première des États-Unis), est combinée avec la valeur de l'ohm de chaque laboratoire, telle qu'on la trouve dans le tableau II. Les résultats de ces combinaisons sont donnés dans la colonne (3) du tableau IV, et sont transformés dans la colonne (4) en volts internationaux moyens, au moyen des relations données par le tableau I.

TABLEAU IV.

Pays.	Date.	Valeur en volts absolus	
		(3).	(4).
Grande-Bretagne.....	1936	1,00036	1,00035 <sub>5</sub>
États-Unis.....	1936	1,00034	1,00035
Moyenne.....			<u>1,00035</u>

(3). Volt international du laboratoire faisant la détermination.

(4). Volt international moyen tel qu'il a été déterminé en 1935 par les mesures du B. I. P. M.

Sur la base des résultats contenus dans le tableau ci-dessus, le National Bureau of Standards propose que la valeur provisoire à adopter pour le volt soit :

$$1 \text{ volt international moyen} = 1,00035 \text{ volt absolu.}$$

PRÉPARATIFS POUR L'ÉTABLISSEMENT DES VALEURS DÉFINITIVES  
DES UNITÉS EN 1939.

Dans le but d'exécuter les décisions prises par le Comité international en 1935, le Sous-Comité technique devrait se réunir dans l'année 1939 pour se mettre d'accord au sujet des valeurs définitives à assigner aux étalons qui devront représenter les unités absolues. Il est de toute importance que la description complète des méthodes utilisées pour obtenir les résultats qui doivent être pris en considération par le Sous-Comité technique soit entre les mains des membres plusieurs mois avant la réunion. L'étude d'une méthode et l'évaluation soigneuse de l'exactitude probable qu'on en peut tirer demandent un laps de temps considérable. On suggère que le Comité international des Poids et Mesures demande instamment à tous les laboratoires

faisant des déterminations absolues d'envoyer des descriptions de leurs méthodes aux membres du Comité consultatif d'Électricité au plus tard le 1<sup>er</sup> septembre 1938, tandis que les valeurs obtenues par ces méthodes pourraient n'être communiquées que plus tard, jusqu'au 31 décembre 1938.

26 avril 1937.

ANNEXE E 5.

National Bureau of Standards.

RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE

SUR

LA DÉTERMINATION ABSOLUE DE L'AMPÈRE

Par MM. HARVEY L. CURTIS, ROGER W. CURTIS  
et CHARLES L. CRITCHFIELD.

1. Dans ce rapport supplémentaire, on donne quatre nouvelles déterminations indépendantes de la valeur absolue de l'ampère, valeurs qui viennent s'ajouter à celle qui est contenue dans le rapport original <sup>(1)</sup>.

Dans les nouvelles déterminations, la seule modification d'appareillage a été la substitution de nouvelles bobines mobiles à celles qui avaient été utilisées antérieurement. Deux nouvelles bobines mobiles ont été construites. Les quatre nouvelles déterminations ont consisté à combiner l'emploi de ces nouvelles bobines avec chaque paire de bobines fixes.

Dans le rapport original, on avait exprimé le désir de fabriquer de nouvelles bobines mobiles; car on pensait que la grande dispersion des résultats venait d'une incertitude dans la distribution des spires du fil dans la section des bobines, particulièrement des bobines mobiles. Dans le but de déterminer l'effet du manque d'uniformité de la distribution des spires (et par suite du courant) dans la bobine mobile, on a établi de nouvelles bobines mobiles dans lesquelles la distribution du courant se rapproche plus exactement de celle qu'exige la théorie. Ce sup-

---

<sup>(1)</sup> *B. S. Journ. Research*, vol. 12, 1934, p. 665.

plément décrit les résultats qui ont été obtenus jusqu'à ce jour en utilisant les nouvelles bobines mobiles et les anciennes bobines fixes.

2. DESCRIPTION DES NOUVELLES BOBINES MOBILES. — Les nouvelles bobines mobiles ont été conçues de façon que la distribution de courant dans la section soit bien définie et d'une nature telle qu'elle puisse se prêter à l'établissement d'une formule exprimant la force par unité de courant. Une des bobines

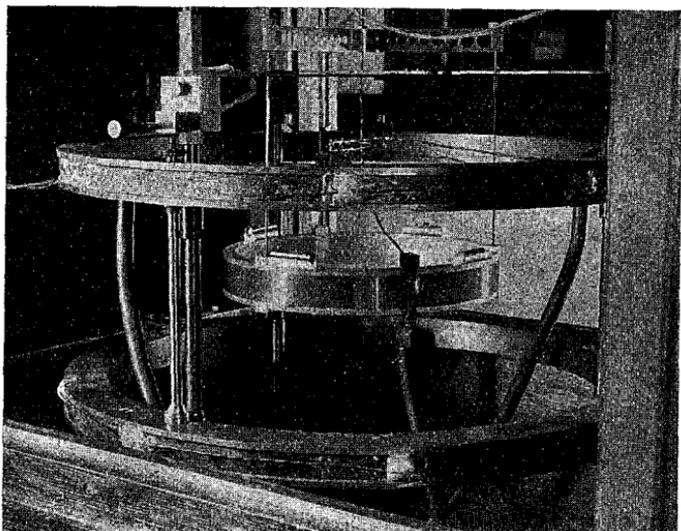


Fig. 1.

est un solénoïde à simple couche, et l'autre est une bobine à section carrée constituée par l'enroulement d'une bande d'aluminium. Le solénoïde à simple couche exige l'établissement d'une nouvelle formule et donne une force qui est petite; l'enroulement formé par une bande d'aluminium donne une distribution de courant semblable à celle des anciennes bobines, mais mieux définie. La force agissant sur cette bobine est également petite.

1° Le solénoïde à couche simple se trouve logé dans un filetage pratiqué sur une carcasse en verre *Pyrex*. La carcasse a la

forme d'une couronne cylindrique; elle a été d'abord rodée de façon à présenter des surfaces doucies. Ses dimensions sont :

Diamètre.....	245 mm
Longueur.....	36 »
Épaisseur de la paroi.....	11 »

Sur la surface cylindrique extérieure, on a taillé et rodé un filetage par un procédé indiqué par le D<sup>r</sup> C. Moon. Le filetage a un pas de 0<sup>mm</sup>,65. Le fil utilisé a un diamètre de 0<sup>mm</sup>,51. Il

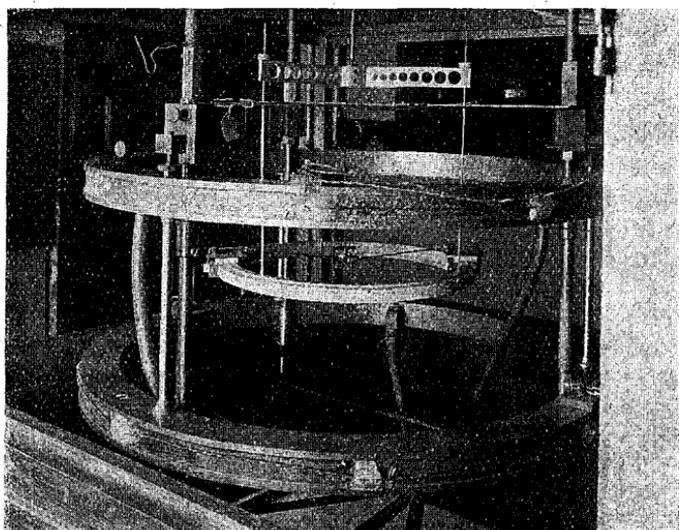


Fig. 2.

s'appuie contre les surfaces latérales du filetage et ne touche pas le fond de celui-ci.

La figure 1 est une photographie de la bobine en verre telle qu'elle est montée sur la balance.

2<sup>o</sup> La bobine à bande d'aluminium a été construite au moyen d'une bande ayant 6<sup>mm</sup>,38 de largeur et 0<sup>mm</sup>,07 d'épaisseur. La bande a été anodisée pour former sur la surface une couche d'oxyde d'aluminium. L'épaisseur de cette couche a été estimée à 9 microns.

Deux bandes ont été enroulées simultanément sur une car-

casse en aluminium « anodisé », de façon que l'une des bandes se trouve posée sur l'autre; pendant l'enroulement, les bandes ont été maintenues sous une tension de 1 kilogramme-poids. On a réalisé le contact avec la bande d'aluminium anodisée, en enlevant partiellement la couche anodisée au moyen d'un abrasif de diamant, puis en serrant l'extrémité de la bande entre des feuilles de platine qu'on avait saupoudrées de limaille de platine; la résistance d'isolement entre les bandes a été trouvée supérieure à 4 mégohms quand l'humidité était inférieure à 50 pour 100. Une photographie de la bobine à bande d'aluminium achevée et montée sur la balance de courant est reproduite sur la figure 2.

3. MESURE DES DIMENSIONS MÉCANIQUES DES BOBINES. — Dans les formules servant à calculer la force, on n'a besoin que des rapports entre les dimensions des bobines, de sorte que les dimensions effectives des bobines n'ont pas besoin d'être connues avec exactitude; le rapport important est celui qui existe entre le rayon de chacune des bobines fixes et le rayon de la bobine mobile; ces rapports ont été déterminés par un montage électrique spécial qui a été décrit en détail dans le rapport original. Toutefois, on peut avoir des contrôles utiles quand on dispose de valeurs précises des dimensions.

Les dimensions du solénoïde en verre sont :

Diamètre extérieur moyen à 30°,4 C.....	245,1191 mm
Coefficient de dilatation dans une direction radiale (par degré C).....	$4,1 \times 10^{-6}$
Diamètre du fil .....	0,512 mm
Diamètre moyen à 30°,4 C.....	244,607 »
Pas.....	0,65000 »
Longueur de 41 tours .....	26,650 »

Les dimensions de la bobine à bande d'aluminium sont :

Diamètre de la carcasse avant enroulage à 29°,9 C.	245,017 mm
Épaisseur de papier sous l'enroulement (deux épaisseurs).....	0,020 »
Compression de la carcasse pendant l'enroulement.	0,006 »
Diamètre pris sur l'enroulement à 30°,0 C.....	258,085 »
Diamètre moyen de la bobine à 30°,0 C.....	251,563 »
Profondeur radiale de la bobine.....	6,52 »
Longueur axiale de la bobine (largeur de bande).	6,38 »
Coefficient de dilatation thermique (par degré C).	$22 \times 10^{-6}$
Nombre de tours (par enroulement).....	45

4. CALCUL DE LA FORCE PAR UNITÉ DE COURANT. — La force par unité de courant a été calculée pour la bobine d'aluminium par la même formule que celle qui avait été utilisée dans la publication précédente (*loc. cit.*, p. 684). Cette formule était également suffisante pour calculer la force qui s'exerce entre les bobines mobiles en verre et les grandes bobines fixes. Cependant, pour la bobine mobile en verre et pour les petites bobines fixes, il a été nécessaire de développer la formule jusqu'à son sixième terme (inclus), car le rapport de la longueur axiale de la bobine en verre au diamètre des bobines fixes était suffisamment grand pour que les termes du sixième ordre contenant le quotient de la longueur et du diamètre (et autres quotients contenant la longueur au numérateur) ne fussent plus négligeables.

5. DÉTERMINATION DES RAPPORTS DES RAYONS. — Le rapport des rayons entre les deux nouvelles bobines mobiles et chacune des quatre bobines fixes utilisées dans la détermination antérieure a été obtenu par le même appareil que celui qui est décrit dans la communication précédente. Également, les coefficients de température et les coefficients de charge des deux bobines mobiles et de certaines des bobines fixes ont été déterminés par les méthodes déjà décrites. Dans les résultats reproduits aux tableaux ci-dessous, la bobine mobile en verre a été désignée par le symbole P 1, et la bobine mobile à bande d'aluminium par A 1. Les bobines fixes conserveront leur symbole antérieur, c'est-à-dire S 1 et S 2 pour les petites bobines, et L 3 et L 4 pour les grandes bobines.

TABLEAU I.  
*Coefficients de dilatation des bobines.*

Bobines.	Coefficients de dilatation en millièmes par degré C.		
	Valeur de 1911.	Valeur de 1933.	Valeur de 1936.
A 1 (au micromètre).....	-	-	22,0
P 1 (au micromètre).....	-	-	4,1
P 1 (rapport des rayons)....	-	-	4,1 <sup>(1)</sup>
S 1           »	17,0	17,0	17,0
S 2           »	17,6	17,4	-
L 3           »	18,9	17,6	-
L 4           »	18,5	18,9	-

(<sup>1</sup>) Au-dessous de 33° C.

TABLEAU II.

*Coefficients de charge des bobines.*

Bobines.	En millièmes par watt de charge.		
	Valeurs de 1911.	Valeurs de 1933.	Valeurs de 1936.
P 1.....	—	—	1,0
A 1.....	—	—	0,0
S 1.....	0,47	0,61	0,35
S 2.....	0,93	0,52	0,50
L 3.....	0,81	0,62	0,30
L 4.....	0,84	0,66	0,61

TABLEAU III.

*Rapport des rayons des bobines à 22° C. sous charge nulle pour toutes les bobines. Observations de 1935-1936.*

Bobines.	Rapport.	Nombre d'observations.	Écart moyen en millièmes.
P 1/S 1.....	0,612525 1	5	2
P 1/S 2.....	0,612809 1	9	2
P 1/L 3.....	0,489470 1	7	1
P 1/L 4.....	0,489382 2	4	1
A 1/S 1.....	0,629763 1	11	4
A 1/S 2.....	0,630060 5	8	4
A 1/L 3.....	0,503250 5	4	1
A 1/L 4.....	0,503155 9	4	2

TABLEAU IV.

*Rapports des rayons des couples de bobines fixes de même espèce déduits des observations effectuées en prenant les diverses bobines mobiles comme intermédiaires.*

Bobine mobile intermédiaire.	Année.	Rapports calculés des rayons.	
		L 3/L 4.	S 2/S 1.
M 2.....	1911	1,000177	—
M 3.....		1,000192	1,000449
M 2.....	1933	1,000172	1,000466
M 3.....		1,000182	1,000462
P 1.....	1936	1,000180	1,000464
A 1.....		1,000188	1,000472

TABLEAU V.

*Résultats des déterminations absolues de l'ampère.*

Date des observations.	Bobine mobile.	Bobines fixes.	Force observée approximative, en grammes.	Valeur du courant en ampères.	$\frac{\text{INBS-Ia}}{I_a}$ en millionièmes.	Nombre d'observations.	Écart moyen dans une série en millionièmes.
Mai 1935.....	P 1	S1, S2	6,26	1,02	101	11	3
Juin 1935.....	»	»	2,78	0,68	102	3	3
Fév. et mars 1936.....	P 1	L4, L3	5,67	1,02	123	19	4
» .....	»	»	2,52	0,68	118	24	8
Mai et juin.....	A 1	L4, L3	6,71	1,02	108	11	4
» .....	»	»	2,98	0,68	118	9	11
Déc. 1936.....	A 1	S1, S2	7,60	1,02	90	5	2
Moyenne.....					$109 \pm 10$		

D'après les résultats ci-dessus

1 ampère international N. B. S. = 0,999 891 ampère absolu.

La valeur publiée par le N. B. S. en 1934 était

1 ampère international N. B. S. = 0,999 928 ampère absolu.

La valeur récemment obtenue au N. P. L. est (traduite en unités N. B. S.)

1 ampère international N. B. S. = 0,999 84 ampère absolu.

6. DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DE LA FORCE MAXIMA PAR UNITÉ DE COURANT. — On a observé la force maxima par unité de courant pour chacune des nouvelles bobines mobiles lorsqu'elle est employée avec chaque paire de bobines fixes. Dans tous les cas, excepté un seul, on a utilisé deux intensités de courant. Toutes les précautions indiquées dans la communication précédente ont été respectées. On a utilisé la même valeur pour l'accélération de la pesanteur, et l'on a appliqué toutes les corrections nécessaires pour rendre les résultats comparables à ceux qui ont été déjà publiés.

CONCLUSION. — Les nouvelles bobines mobiles décrites dans ce rapport supplémentaire sont nettement supérieures à celles qu'on avait utilisées en vue du Rapport déjà publié. C'est ainsi que la dispersion des résultats obtenus au moyen des diverses combinaisons des bobines, lorsqu'on utilise les nouvelles bobines mobiles, est plus faible que lorsqu'on utilise les anciennes. En attendant que les travaux actuellement en cours puissent définitivement fixer l'importance relative des deux déterminations, il semble donc que la nouvelle valeur doive complètement remplacer celle qui avait été publiée en 1934.

Par conséquent :

1 ampère international NBS = 0,99989 ampère absolu.

Washington, 26 avril 1937.

---

ANNEXÉ E 6.

Laboratoire Central d'Électricité.

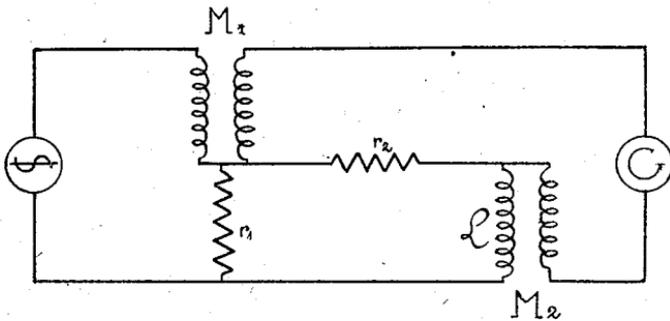
ÉTAT DES ÉTUDES

SUR

LA DÉTERMINATION DE L'UNITÉ DE RÉSISTANCE

Par M. R. JOUAUST.

*Principe de la méthode employée.* — La méthode utilisée au Laboratoire Central d'Électricité pour la détermination de résistances en valeur absolue est une modification de la méthode de A. Campbell, imaginée par M. Picard.



Lorsque l'équilibre est établi, on a la relation :

$$L M_1 \omega^2 = r_1 r_2.$$

Cette méthode nécessite donc la connaissance en valeur absolue de l'inductance mutuelle  $M_1$  et de l'inductance propre du primaire de l'inductance mutuelle  $M_2$ .

*Évaluation des inductances.* — Ces inductances sont évaluées en fonction d'une inductance calculée en partant de ses dimensions géométriques.

Cette inductance est constituée par un cylindre de quartz ayant environ 10<sup>cm</sup> de diamètre et 76<sup>cm</sup> de longueur sur lequel est enroulé du fil de cuivre de 0<sup>cm</sup>,03 avec un pas de 0<sup>cm</sup>,06 sous une tension de 1 kilogramme-poids.

Le dispositif d'enroulement a déjà fait l'objet d'une description sommaire (*Procès-Verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, 1935, p. 250).

Quelques modifications ont été apportées au mode opératoire décrit :

1<sup>o</sup> On a utilisé du fil nu au lieu de fil émaillé.

2<sup>o</sup> On a reconnu la nécessité de faire subir au fil, tel qu'il est livré par le fabricant, une dernière passe de tréfilage dans une filière en diamant.

Le procédé de bobinage permet la détermination du diamètre de la bobine par mesure de la longueur du fil enroulé.

Cette mesure se faisant par fraction de 16<sup>m</sup> correspondant à 52 spires recouvrant 3<sup>cm</sup> du cylindre, on évalue ainsi les diamètres de 24 cylindres élémentaires dont la moyenne donne le diamètre moyen du cylindre et l'on a par ce procédé des mesures de diamètre exécutées de 3<sup>cm</sup> en 3<sup>cm</sup>.

Les mesures du pas moyen et de la longueur ont été effectuées par le Bureau International des Poids et Mesures. La seule détermination géométrique qui reste à exécuter est celle des irrégularités du pas, opération dont s'occupe actuellement le Bureau International.

La constante a été calculée par la formule de Nagaoka, en appliquant la correction de Rosa et en tenant compte des remarques de Grover (*Bureau of Standards, Journal of Research*, t. III, juillet 1929). On l'a corrigée des irrégularités du diamètre.

*Mesures électriques.* — Une deuxième inductance identique à l'étalon a été réalisée, mais sans qu'on effectuât sur elle de mesures géométriques. Cette inductance a été comparée à l'étalon et a servi de base de référence pendant les mesures électriques, l'étalon ayant été transporté au Bureau International des Poids et Mesures. La méthode de Maxwell a été utilisée

pour la mesure des étalons d'inductance mutuelle utilisés dans le pont, ces étalons d'inductance mutuelle ayant au préalable fait l'objet d'une étude sur l'influence de la température. Un cycle de mesures électriques comporte les opérations suivantes :

- 1<sup>o</sup> Mesure de  $M_1$  et de  $\mathcal{L}$  en fonction de l'étalon secondaire.
- 2<sup>o</sup> Équilibrage du dispositif de mesure de résistances.
- 3<sup>o</sup> Mesure de  $M_1$  et de  $\mathcal{L}$  en fonction de l'étalon secondaire.
- 4<sup>o</sup> Comparaison des résistances employées aux étalons du Laboratoire.

Le courant de mesure utilisé avait une fréquence de 100 périodes par seconde.

Ce courant était obtenu de la façon suivante : Un courant de 1000 périodes par seconde provenant du diapason du Laboratoire National de Radioélectricité était envoyé par ligne téléphonique au Laboratoire. Ce courant filtré par un filtre mécanique synchronisait un multivibrateur à 100 périodes dont le courant filtré et amplifié servait à l'alimentation des appareils de mesure.

Une quinzaine de mesures électriques ont déjà été effectuées. Le calcul exact de la constante n'ayant pu être fait, vu l'impossibilité de tenir compte des irrégularités du pas, une valeur précise ne peut être indiquée.



ANNEXE E 7.

National Physical Laboratory.

---

DÉTERMINATIONS ABSOLUES DE L'OHM

I.

AU MOYEN DE LA MÉTHODE DE LORENZ

Par M. P. VIGOUREUX.

(Ce travail a été décrit en détail dans *N. P. L. Collected Researches*, vol. 24, 1936-1937, Mémoire 8. Le résumé suivant a été rédigé par l'auteur en vue de son insertion aux Procès-Verbaux).

---

L'appareil de Lorenz a été établi au National Physical Laboratory en 1912, par F. E. Smith, qui en a donné une description très complète quelque temps après <sup>(1)</sup>. Le travail a été repris vers 1928 par la construction de supports plus rigides SS (*fig. 1*) pour les microscopes MM serrés dans une barre d'invar B, et qui servent à mesurer la distance entre les bobines de l'appareil. Un appareil auxiliaire a aussi été construit, au moyen duquel l'ajustement de chaque bobine, coaxialement à l'axe de rotation des conducteurs mobiles, peut se faire avec beaucoup de facilité.

Après quelques mesures préliminaires de résistance électrique, les dimensions des quatre bobines d'inductance et le diamètre de chacun des deux disques ont été mesurés en 1933. Ces dimensions entrent dans le calcul de l'inductance mutuelle des bobines

---

<sup>(1)</sup> F. E. SMITH, *Phil. Trans. Roy. Soc., A*, vol. 214, 1914, p. 27; ou *N. P. L. Collected Researches*, vol. 9, Mémoire 13, p. 209.

et des circonférences des deux disques. Deux mesures de diamètre et six mesures de position axiale ont été faites sur chacune des 192 spires de chacune des quatre bobines, et des mesures supplémentaires ont été faites sur une des bobines toutes les 5 minutes pendant 35 minutes, lorsqu'elle supportait le courant normal de 2 ampères.

Depuis 1932, presque une centaine de mesures de résistance

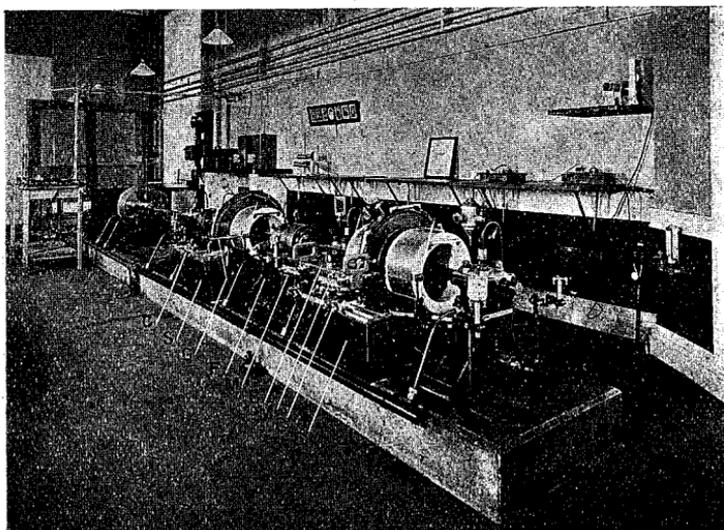


Fig. 1.

électrique ont été exécutées. Du résultat de ces mesures et de la considération des erreurs systématiques (dimensions des bobines d'induction, mesure de la distance qui les sépare, mesure du temps, comparaison des bobines de résistance) il ressort que l'ohm « international » conservé au National Physical Laboratory est égal à

$$1,00050 \pm 0,00003 \text{ ohm absolu.}$$

Ce résultat est indépendant de l'histoire passée de l'appareil. Le procédé normal est de faire quelques mesures de résistance électrique, d'enlever les bobines et d'en mesurer les dimensions, de les remettre en place et de faire encore quelques mesures de résistance. Le diamètre des disques est mesuré au commence-

ment d'une série de mesures électriques, et la distance entre les bobines est mesurée avant et après chaque détermination. On peut même aller plus loin, et dérouler les bobines et les enrouler avec du fil neuf avant de commencer une série de mesures. De cette façon, la détermination est rendue indépendante des mesures faites par le passé, et la stabilité des bobines n'entre pas en jeu. De même, au moyen du chronographe, la vitesse de rotation est reliée à la seconde par l'intermédiaire d'une horloge astronomique et des signaux des observatoires. Ainsi la résistance est obtenue directement en fonction du mètre, de la seconde et de la perméabilité magnétique de l'espace qui entoure les bobines. Cette perméabilité est supposée être égale à celle du vide. On sait qu'une telle supposition est légitime dans le cas de l'air; mais il est encore nécessaire de supposer que les matériaux de l'appareil n'ont pas subi de changement de perméabilité depuis son établissement. La probabilité d'un tel changement est d'ailleurs infime.

Les résultats obtenus avec l'appareil de Lorenz servent donc à suivre les changements des bobines de résistance. Les résultats donnés plus haut ne diffèrent que de 2 cent-millièmes de ceux obtenus par F. E. Smith en 1913. Comme cette différence n'est pas supérieure à l'exactitude assignée à chaque détermination, il est permis d'en déduire que les mesures n'ont indiqué aucun changement des bobines de résistance du National Physical Laboratory.

---

## II.

### AU MOYEN DE LA MÉTHODE DE CAMPBELL

Par MM. L. HARTSHORN et N. F. ASTBURY.

(Ce travail a été décrit dans *Phil. Trans. Roy. Soc., A*, vol. 236, p. 423, 1937. Le résumé suivant a été transmis par les auteurs.)

---

La méthode d'Albert Campbell est une méthode à courant alternatif, dans laquelle le produit de deux résistances est donné en fonction du produit de deux inductances mutuelles et du

carré de la fréquence. Le circuit dont on a fait usage est donné dans la figure 2, c'est une légère variante du circuit de Campbell, permettant l'élimination par la méthode de Wagner, des capacités entre la terre et les différentes parties du circuit.

Désignons par  $R$  la résistance du circuit secondaire fermé de la figure. En faisant varier  $M_2$  et  $S$  il est possible d'obtenir un équilibre électrique parfait, et l'on a

$$Rr = \omega^2 M_1 M_2 (1 + \psi),$$

où  $\psi$  désigne la somme de petites corrections dues aux résis-

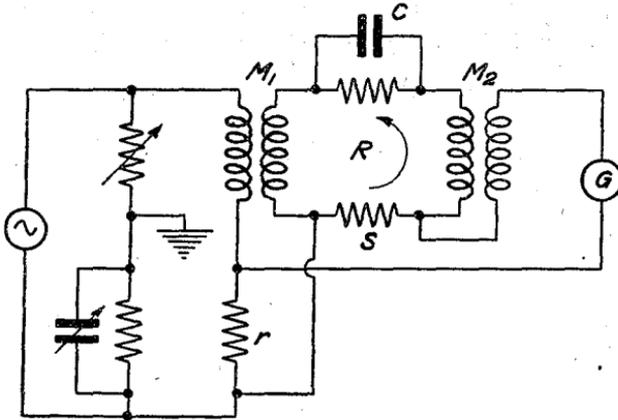


Fig. 2. — Circuit de Campbell avec mise à la terre de Wagner.

tances, inductances et capacités résiduelles de différentes parties du circuit.

Les deux inductances mutuelles sont rapportées à l'étalon d'inductance mutuelle de Campbell, dont la valeur est calculable d'après ses dimensions, et la fréquence  $\omega/2\pi$  est rapportée à la seconde de temps par l'intermédiaire d'un chronographe et des signaux des observatoires. Les deux résistances sont comparées aux étalons primaires au moyen de ponts de Wheatstone et de Smith.

Les dimensions de l'étalon d'inductance mutuelle ont été mesurées en 1934, et la valeur de l'inductance a été calculée d'après ces dimensions. Mais on a voulu vérifier cette valeur;

dans ce but, on a construit un second étalon d'inductance mutuelle en se servant des bobines de l'appareil de Lorenz deux à deux, et d'une bobine secondaire analogue à celle de l'étalon de Campbell, et du même diamètre que les disques de l'appareil de Lorenz. La comparaison des deux étalons ainsi obtenus a fait voir que le henry donné par l'étalon de Campbell et le henry donné par l'étalon construit comme il vient d'être indiqué ne différaient que de 6 millièmes, chiffre très peu supérieur à la précision des mesures de comparaison.

Pour un certain nombre de mesures, la fréquence du courant alternatif a été réduite de moitié (de 100 à 50 périodes par seconde), sans que le résultat s'en trouvât changé.

Il ressort du travail décrit ici que l'ohm « international » conservé au National Physical Laboratory est égal à

$$1,000500 \pm 0,000015 \text{ ohm absolu.}$$

ANNEXE E 8.

National Physical Laboratory.

---

## DÉTERMINATION ABSOLUE DE L'AMPÈRE

Par M. P. VIGOUREUX.

(Ce travail a été décrit dans *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, vol. 236, p. 133, 1936, et plus complètement dans *N. P. L. Collected Researches*, vol. 24, 1936-1937, Mémoire 7. Le résumé suivant a été transmis par l'auteur.)

---

La balance de courant a été montée au National Physical Laboratory en 1905, et a été décrite peu après <sup>(1)</sup>. Au cours des dix dernières années, la balance a été remise au point, et de nouvelles bobines ont été construites. Ces bobines, au nombre de quatre, sont faites de fil nu, enroulé dans un filetage pratiqué dans des cylindres de marbre. Dans la figure 3, on ne voit que les deux grandes bobines, les petites sont suspendues aux couteaux extrêmes du fléau, et pendent à l'intérieur des grandes bobines. Le mode de construction des bobines permet d'en mesurer les dimensions avec beaucoup de précision. Le diamètre et la position de chaque spire ont été mesurés en 1928 et en 1932, et des mesures de contrôle ont été faites en 1935. De plus, des mesures supplémentaires ont été exécutées lorsque les bobines supportaient le courant normal d'à peu près 1,02 ampère. Plus de 125 mesures indépendantes de courant électrique ont été faites de 1930 à 1936. Il ressort du résultat de ces mesures et de la considération des erreurs systématiques (dimensions des bobines, valeur du champ de gravitation, comparaison des bobines de résistance et des éléments étalons) que l'ampère « international » conservé au National Physical Laboratory est égal à

$0,99986 \pm 0,00003$  ampère absolu.

Comme nous l'avons expliqué dans le cas de l'appareil Lorenz <sup>(1)</sup>, ce résultat est indépendant de l'histoire passée de

---

(1) AYRTON, MATHER et SMITH, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, vol. 207, 1908, p. 463; ou *N. P. L. Collected Researches*, vol. 4, 1908, Mémoire 1, p. 1.

l'appareil, et, pris de pair avec les mesures de résistance électrique, il sert à suivre les changements des éléments étalons, ou encore à déterminer le degré de précision avec lequel les éléments étalons peuvent être reproduits. Or, le résultat donné

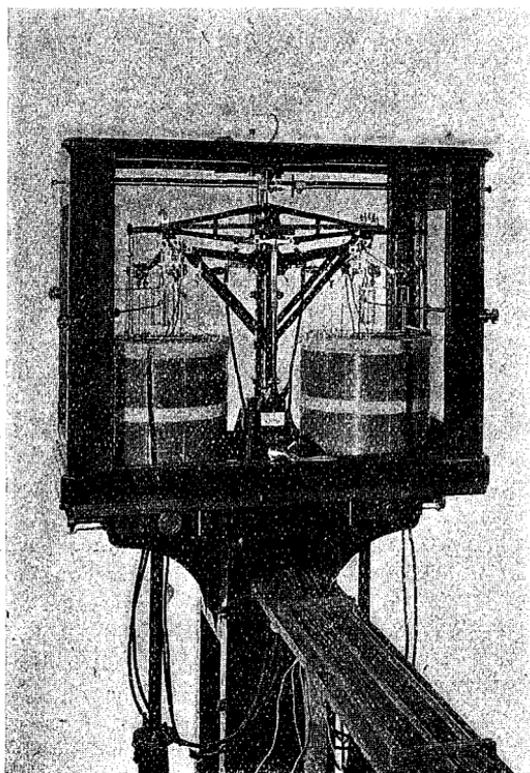


Fig. 3.

plus haut, ne diffère de celui obtenu en 1907 par Ayrton, Mather et Smith que de deux cent-millièmes, écart inférieur à l'exactitude assignée à chaque détermination. On en déduit qu'il n'y a pas de différence appréciable entre les éléments étalons construits récemment au National Physical Laboratory, et ceux construits par Smith au cours de ses recherches sur les unités électriques.

---

(<sup>1</sup>) Voir p. 161.

ANNEXE E 9.

National Physical Laboratory.

---

I.

EFFET DU DÉFAUT DE PARALLÉLISME

DES

AXES DES BOBINES DE LA BALANCE DE COURANT

DU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Par M. P. VIGOUREUX.

---

Lorsque toutes les spires de la bobine mobile d'une balance de courant sont très près les unes des autres, (type Rayleigh), et que les axes des bobines mobile et fixe se coupent à un angle  $\varphi$  au lieu de se trouver sur la même droite, l'attraction est donnée par une formule très simple. Si les axes se coupent dans le plan moyen de la bobine mobile, on a

$$F(\varphi) = F - \frac{1}{4} \varphi^2 b^2 \frac{\partial^2 F}{\partial b^2},$$

où  $b$  est le rayon moyen de la bobine mobile.

Pour la balance du National Physical Laboratory, le calcul de la formule est plus compliqué <sup>(1)</sup>, parce que la bobine mobile est en forme d'hélice de plusieurs centimètres de long, ce qui nécessite une intégration de plus; mais le résultat est aussi

---

<sup>(1)</sup> VIGOUREUX, *N. P. L. Collected Researches*, vol. 24, 1936-1937, Mémoire 7.

simple que dans le cas précédent. Après réduction, on trouve

$$F(\varphi) = F(1 - 0,35 \varphi^2).$$

Le nivellement des bobines se fait au moyen de niveaux d'eau fixés aux surfaces plates du haut des cylindres de marbre. La sensibilité des niveaux a été mesurée sur place par comparaison avec un niveau plus sensible, et l'on a trouvé que l'inclinaison était de  $0,35 \cdot 10^{-3}$  radian par division pour les grosses bobines, et de  $0,5 \cdot 10^{-3}$  radian pour les petites bobines. Dans la pratique le nivellement s'effectue avec une précision supérieure à une division des niveaux. Par conséquent, même si l'inclinaison des axes entre eux était égale à la somme de leurs inclinaisons avec la verticale, l'angle suivant lequel ils se coupent ne dépasserait pas  $0,85 \cdot 10^{-3}$  radian.

Les axes des bobines ne sont pas nécessairement perpendiculaires aux surfaces du haut, mais l'inclinaison peut être calculée d'après les mesures de la position des dernières spires. Ces mesures ont été décrites dans le mémoire sur la balance <sup>(1)</sup>, où les résultats obtenus sont reproduits graphiquement dans les figures 17, 18 et 19. Les courbes donnant l'erreur de position en fonction de l'angle d'azimut sont des sinusoides, ce qui indique que dans tous les cas la normale à la surface du haut est inclinée sur l'axe. Désignant l'inclinaison par  $\varphi$ , le rayon de la bobine par  $a$ , et l'angle d'azimut par  $\theta$ , l'équation de la courbe est

$$y = a\varphi \sin \theta.$$

Désignant ensuite par  $\eta$  l'écart entre les valeurs, maxima et minima, de  $y$ , on a

$$\varphi = \frac{\eta}{2a}.$$

Les courbes montrent que  $\varphi$  est négligeable dans tous les cylindres, à l'exception de l'un d'eux, pour lequel il reste cependant inférieur à  $0,4 \cdot 10^{-3}$  radian.

Si l'on ajoute cet angle à celui qui est attribué plus haut à l'incertitude de nivellement, on voit que, dans le cas le plus défavorable, l'angle entre les axes demeure inférieur à  $1,25 \cdot 10^{-3}$  radian. En appliquant alors la formule de l'attraction donnée

---

(1) *Loc. cit*

plus haut, on obtient 0,6 millionième comme limite supérieure de l'erreur pour l'attraction, soit 0,3 millionième pour la mesure de courant, du fait de l'incertitude du parallélisme des axes.

---

II.

## EFFET DU CHAUFFAGE PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE

DANS LES SPIRES  
DE L'APPAREIL LORENZ ET DE LA BALANCE DE COURANT  
DU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Par M. P. VIGOUREUX.

---

Les spires de l'appareil Lorenz sont logées dans des rainures en hélice pratiquées dans des cylindres de marbre. Le diamètre du fil est à peu près de 0<sup>mm</sup>,56, l'enroulement a 160<sup>mm</sup> de longueur et 192 spires. Le diamètre pris sur l'axe du fil est d'à peu près 358<sup>mm</sup>,8, le marbre a 45<sup>mm</sup> d'épaisseur. Le courant normal pour les mesures de résistance est de 2 ampères, et 20 minutes suffisent aux mesures.

L'échauffement dû au courant électrique produit une dilatation du marbre, mais cette dilatation n'est pas uniforme, et la bobine prend une forme de tonneau. Dans le but de déterminer la loi de la dilatation, des mesures de diamètre ont été faites dans un plan axial sur des fils choisis exprès, à savoir les fils n<sup>os</sup> 1, 13, 49 et 97. Les mesures ont été faites immédiatement avant la fermeture du courant, et ensuite toutes les 4 minutes pendant 35 minutes. On obtient ainsi le changement de forme de la bobine pour un temps quelconque de passage du courant. Il s'agit ensuite de calculer le changement de l'inductance mutuelle

de la bobine et du disque tournant de l'appareil en fonction du temps de passage du courant. Afin d'effectuer ce calcul, on suppose la bobine divisée en un certain nombre d'intervalles et l'on évalue pour chaque intervalle la quantité  $n \frac{\partial M}{\partial a}$ , où  $a$  est le rayon de la bobine,  $n$  le nombre de spires dans l'intervalle choisi, et  $M$  l'inductance mutuelle du disque tournant et d'un cercle de rayon  $a$  situé au milieu de l'intervalle. La dilatation  $\delta a$  du rayon du milieu de l'intervalle pour un temps quelconque de passage du courant est donnée par les mesures décrites ci-dessus, et l'on arrive au changement d'inductance cherché en faisant la somme

$$\delta \mathcal{N} = \Sigma n \delta a \left( \frac{\partial M}{\partial a} \right)$$

pour tous les intervalles dans lesquels on avait divisé la bobine. Dans le travail décrit ici, on avait pris neuf intervalles, dont le nombre de spires était 12, 12, 24, 24, 48, 24, 24, 12 et 12.

L'inductance change aussi avec la longueur de la bobine. Les changements de longueur dus à l'échauffement produit par le courant ont été mesurés, et l'on a pu ainsi calculer le changement total d'inductance en fonction du temps de passage du courant. Si d'ailleurs on avait négligé les changements de longueur, l'erreur commise n'aurait pas dépassé 6 pour 100.

Un thermomètre inséré dans un trou pratiqué dans le marbre donne aussi l'élévation de température en fonction du temps de passage du courant. En combinant ces deux résultats, c'est-à-dire l'augmentation d'inductance et l'élévation de température, on obtient le changement d'inductance en fonction de la hausse de température du thermomètre, lorsque le courant électrique circule dans l'enroulement. Mais le changement d'inductance correspondant à une hausse quelconque de la température du thermomètre pourrait aussi être produit par une élévation uniforme de la température de la bobine et de l'air qui l'entoure. Cette élévation est donnée par le coefficient différentiel  $\frac{d\mathcal{N}}{dt}$ , qui, dans le cas qui nous occupe, est égal à  $280 \mu\text{H}$  par degré. On peut alors construire le tableau suivant, qui donne dans la dernière colonne le rapport de la hausse de la température ambiante à la hausse de température du thermomètre.

TABLEAU.

Temps de passage du courant (minutes).	Hausse de température du thermomètre (degrés centig.).	Augmentation $\delta R$ de l'inductance mutuelle ( $\mu\mu\text{H}$ ).	Hausse de température ambiante correspondant à $\delta R$ .	Rapport.
15.....	2,7	276	1,0	0,37
20.....	3,5	367	1,31	0,37
25.....	4,3	454	1,62	0,38
30.....	5,0	542	1,94	0,39
35.....	5,6	632	2,96	0,40

Le rapport se trouve être très proche de 0,38 pour toute hausse de température moindre que 5 degrés; or, dans la pratique, la hausse de température du thermomètre ne dépasse pas 4 degrés. Par conséquent la valeur d'inductance dont on doit se servir pour une détermination de résistance est celle qui correspond à une température ambiante uniforme de  $t_1 + 0,38(t_2 - t_1)$ , où  $t_1$  et  $t_2$  sont les températures du thermomètre au commencement et à la fin des mesures électriques. Si la température du marbre était proportionnelle au temps de passage du courant, et si le marbre se dilatait uniformément, le facteur dans l'expression ci-dessus serait 0,5 au lieu de 0,38.

Les bobines de la balance de courant sont du même type que celles de l'appareil Lorenz, mais elles se dilatent beaucoup moins parce que : 1° le courant n'est que de 1,02 ampère au lieu de 2 ampères; 2° le pas de l'enroulement est un peu plus grand; 3° les diamètres des bobines sont plus petits.

La dilatation produite par l'échauffement dû au courant a été mesurée (1); mais elle est trop petite pour qu'on puisse la déterminer avec précision dès la fermeture du circuit. Après une demi-heure, le changement de diamètre ne dépasse pas en moyenne un micron pour les petites bobines, et 2 microns pour les grandes bobines, tandis que dans l'appareil Lorenz le diamètre du milieu se dilate de 10 microns au bout de 35 minutes. Quant à l'augmentation de longueur, elle ne dépasse pas 1 micron. Tous ces changements sont d'ailleurs si petits qu'il n'est pas permis d'en déduire que les bobines se dilatent en forme de

(1) VIGOUREUX, *N. P. L. Coll. Res.*, vol. 24, 1936-1937, Mémoire 7.

tonneau plutôt qu'uniformément. Par conséquent, il est fort probable que le facteur correspondant à celui qui vient d'être calculé pour l'appareil Lorenz est beaucoup plus rapproché de 0,5 qu'il ne l'est pour cet appareil.

Dans la balance de courant, la hausse de température n'est pas la même pour les grandes bobines et les petites bobines, et il est plus simple d'appliquer les corrections séparément. Ces corrections sont évaluées, comme il est indiqué dans le Mémoire<sup>(1)</sup> sur la balance, et l'on trouve que, si la température de toutes les bobines immédiatement avant les mesures est  $t_1$ , et les températures des grandes et des petites bobines immédiatement après sont  $t_2$  et  $t_3$ , et si, de plus, l'attraction par ampère a été calculée pour une température ambiante  $t_1$ , l'attraction que l'on mesure doit être corrigée de  $9k(t_2 - t_1) - 11,4k'(t_3 - t_1)$  millièmes. Pour les raisons données plus haut, les facteurs  $k$  et  $k'$  sont très proches de 0,5 et il est très improbable qu'ils puissent s'abaisser jusqu'à 0,4 ou s'élever jusqu'à 0,6. Pourtant, même si l'on prenait le cas le plus défavorable, c'est-à-dire si l'on supposait qu'un de ces facteurs fût égal à 0,4 et l'autre à 0,6 (et ce cas est extrêmement improbable), l'erreur dans le calcul de l'attraction ne surpasserait pas  $0,9(t_2 - t_1) + 1,14(t_3 - t_1)$  millièmes. Or, l'expérience montre que, lors d'une mesure de courant, la hausse de température est à peu près 1,2 degré pour les grosses bobines, et 3 degrés pour les petites. Ces valeurs donneraient une erreur de 4,5 millièmes pour l'attraction, de sorte que l'incertitude de la correction à appliquer pour la hausse de température ne pourrait fausser la mesure de courant de plus de 2 millièmes. Mais, on l'a déjà dit, cette légère incertitude elle-même résulte des suppositions les plus défavorables.

---

(1) *Loc. cit.*

ANNEXE E 10.

Ministère des Communications de Tokio.  
Laboratoire Électrotechnique.

---

## PROPOSITIONS ET RAPPORTS

DU

GOUVERNEMENT JAPONAIS.

---

### I. PROPOSITIONS.

1. A la réunion de la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures <sup>(1)</sup> de 1933, le délégué japonais s'est exprimé ainsi :

« Dans le cas où le système d'unités absolues serait mis en application, pour répondre aux vœux des pays où la Convention internationale sur les unités internationales actuelles adoptées à la Conférence de Londres de 1908 a été établie sous forme d'une loi, le Laboratoire Électrotechnique estimerait nécessaire que la Conférence générale des Poids et Mesures ou le Comité international des Poids et Mesures rédige un texte précis susceptible de servir de base à la modification de cette loi ».

Le Président nous a alors assuré que l'on tiendrait compte dans l'avenir de la suggestion présentée.

Le Laboratoire Électrotechnique demande que la nouvelle Convention internationale nécessaire pour modifier cette loi soit conclue à la prochaine réunion de la Conférence générale des Poids et Mesures de 1939.

2. Le Laboratoire Electrotechnique demande que la prochaine

---

<sup>(1)</sup> *Comptes rendus des Séances de la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures*, p. 53 et 88.

Conférence générale des Poids et Mesures se réunisse au plus tard dans le début de l'année 1939; car un délai assez long est nécessaire pour préparer la modification de la loi en vue d'adopter définitivement les nouvelles unités électriques à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1940. S'il ne pouvait pas en être ainsi, il serait alors bien difficile d'adopter administrativement les nouvelles unités à partir de la date prévue dans tous les pays où, comme au Japon, la loi ne peut être modifiée qu'après approbation de la Diète.

3. Le Laboratoire Electrotechnique demande qu'avant la session du Comité international des Poids et Mesures de 1939, le Comité consultatif d'Électricité et le Sous-Comité technique se réunissent, et que les valeurs définitives des rapports entre les unités électriques nouvelles et anciennes soient déterminées.

4. Le Laboratoire Électrotechnique désire que les Gouvernements n'adoptent comme valeurs des nouvelles unités électriques que celles qui sont les moyennes des unités absolues des divers laboratoires nationaux, ces moyennes étant rapportées à une même unité, qui serait l'unité moyenne actuelle internationale des divers laboratoires, telle qu'elle a été déterminée au Bureau international des Poids et Mesures, comme il est montré dans la Résolution IV du Comité consultatif d'Électricité de 1935. Il demande également que le Comité international prenne les mesures nécessaires pour que ces valeurs des unités puissent étre corrigées de légères quantités en temps opportun.

## II. MÉMORANDUM SUR LE SYSTÈME D'UNITÉS M. K. S.

La question du choix de la quatrième unité fondamentale du système d'unités M. K. S., lequel a été adopté à la réunion plénière de la Commission Internationale Electrotechnique de 1935, a été déjà discutée d'une façon suffisante à la réunion du Comité consultatif d'Électricité de 1935. Cependant, le délégué japonais avait dû, à cette occasion, se borner à exprimer ses opinions; en effet, cette question avait été introduite au dernier moment dans le programme de travail du Comité. Dans ces conditions, le Comité d'Étude des Unités électromagnétiques institué auprès du Comité japonais Electrotechnique a examiné la question du système M. K. S. et pris les résolutions suivantes qui sont soumises au Comité consultatif par le Laboratoire Électrotechnique.

*Résolution 1.* — Le Comité d'Étude décide l'adoption générale du système d'unités M. K. S. qu'il juge très commode au point de vue technique et pédagogique. Cependant, le système d'unités C. G. S. devra être naturellement maintenu pour les recherches scientifiques.

*Résolution 2.* — Le Comité d'Étude décide d'adopter le système M. K. S.  $\Omega$ . comportant l'unité de résistance, ohm, mentionnée ci-dessous, comme quatrième unité fondamentale du système d'unités M. K. S.

Cette unité, ohm, devra être celle correspondant à  $10^9$  fois l'unité électromagnétique C. G. S. et devra être représentée par l'étalon conservé au Bureau international des Poids et Mesures. Mais, il faudrait corriger périodiquement les valeurs de cet étalon, tous les six ans, par exemple, en tenant compte d'une manière générale des résultats des mesures absolues faites par les laboratoires nationaux; en effet, il faudra corriger les valeurs de l'étalon au fur et à mesure que s'accroîtra la précision de la mesure absolue.

*Résolution 3.* — Le système d'unités M. K. S. qui adopte, dès le début, les ampères-tours comme unité de force magnétomotrice, n'est qu'un système (proprement dit) rationalisé dans lequel la perméabilité du vide  $\mu_0$  est  $4\pi \cdot 10^{-7}$ . Par conséquent, si l'on adopte le système d'unités M. K. S., il faut qu'on supprime toutes les démarcations qui existaient entre les systèmes rationalisé et non rationalisé. En adoptant, de plus, le système rationalisé proprement dit d'unités M. K. S., on doit chercher à éviter que le système M. K. S. perde ses qualités propres.

### III. RAPPORT SUR LA DÉTERMINATION ABSOLUE DE LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE.

Les dimensions géométriques de l'étalon absolu d'induction mutuelle de Campbell employé comme base pour la détermination absolue de l'ohm, unité de résistance, ont été de nouveau mesurées, et en se basant sur les résultats, on a obtenu pour l'inductance, la valeur suivante :

10010,50 microhenry absolu à 18°C.

Cette valeur a été reportée sur l'étalon usuel; puis cet étalon

et le condensateur à air (capacité d'environ  $0,1 \mu\text{F}$ ) étalonnés en fonction de l'ohm international et de la seconde du temps solaire moyen ont été mesurés au moyen du pont de Carey-Foster. Ainsi, l'étalon usuel évalué en henry absolu a été mesuré en henry international; il en est résulté la relation suivante entre l'ohm absolu et l'ohm international :

1 ohm international E. T. L. =  $1,000455 \pm 20 \cdot 10^{-6}$  ohm absolu.

(Voir Annexe E 11.)

#### IV. RAPPORT SUR LA DÉTERMINATION ABSOLUE DE L'AMPÈRE.

Le Laboratoire Électrotechnique a commencé les mesures absolues du courant en 1929, suivant la méthode de la balance de courant qui est la plus précise des méthodes de mesures absolues du courant.

Cette balance, du type de Rayleigh, d'une force d'environ  $2^{\text{kg}}$ , est ainsi construite : deux bobines fixes sont montées à une distance fixe l'une de l'autre dans un cadre en bois placé au-dessous du plateau droit de la balance; accrochée au plateau, une bobine mobile est suspendue à mi-hauteur des deux bobines fixes et suivant le même axe que ces bobines. On a fabriqué trois bobines fixes (rayon moyen environ  $25^{\text{cm}}$ , nombre des spires :  $2 \times 647$ ) et deux bobines mobiles (rayon moyen : environ  $12^{\text{cm}},4$ , nombre des spires :  $2 \times 70$ ); tous les cadres des enroulements sont en silzbronze ou en laiton non magnétique; ils ont été usinés avec beaucoup de soin et ont subi un vieillissement suffisant avant de recevoir leur enroulement de fils de cuivre émaillé. La balance est disposée de telle façon que le poids d'environ  $6^{\text{s}}$  peut être mis sur le plateau droit de la balance quand on inverse le sens du courant continu d'environ 790 milliampères qui parcourt les bobines fixes. Le rapport des rayons moyens effectifs des bobines fixes et mobiles nécessaire pour déterminer les valeurs de l'ampère a été mesuré d'une façon très minutieuse par la méthode de Bosscha.

La balance de courant placée au centre d'une salle de  $4^{\text{m}} \times 5^{\text{m}} \times 3^{\text{m}}$  a été observée dans une salle voisine éloignée d'environ 5 mètres de ce centre. Sa sensibilité correspond à une déviation d'à peu près  $2^{\text{cm}},5$  par  $1^{\text{mg}}$ , de sorte que l'on a pu calculer facilement les valeurs de l'ampère jusqu'à 1 millionième. Le courant fourni

à la balance a été réglé de façon à ce qu'il y ait équilibre entre la force électromotrice d'une pile étalon et le potentiel entre les bornes d'un étalon de résistance d'environ 1,3 ohm intercalé dans le circuit des bobines. C'est ainsi que l'ampère a été déterminé en fonction de l'ampère international.

1 ampère international E. T. L. = 0,99995 ampère absolu.

(Voir Annexe E 12.)

## V. RECHERCHES SUR LES ÉTALONS ÉLECTRIQUES.

1. *Étalons de résistance électrique en alliage de chrome et d'or.* — Le Laboratoire des matériaux métalliques de Sendai a fabriqué, sur la demande du Laboratoire Électrotechnique, six sortes de fils de résistance de chrome et d'or, en utilisant la méthode décrite dans un rapport de M. J. L. Thomas du National Bureau of Standards; ce sont deux séries de fils ayant les diamètres de 0<sup>mm</sup>,9 (pour une bobine de 1 ohm) et de 0<sup>mm</sup>,5 (pour une bobine de 10 ohms) qui ont des teneurs en chrome de 1,9 pour 100, 2,1 pour 100 et 2,3 pour 100. En ce qui concerne les fils de résistance à 2,1 pour 100 de chrome, on a obtenu des valeurs d'environ 40  $\mu\Omega\cdot\text{cm}$  pour leurs résistances spécifiques et des valeurs presque nulles pour leurs coefficients de température après qu'ils eurent été étuvés pendant environ trente heures à la température de 150° C. Ce sont là presque les mêmes résultats que ceux du National Bureau of Standards. On a fabriqué pour essai une bobine de 1 ohm avec ces fils de résistance; mais on n'est pas encore en mesure d'affirmer la stabilité de cette bobine de résistance, comme elle vient d'être fabriquée.

2. *Éléments étalons comportant de l'eau lourde dans leur électrolyte.* — On a introduit, à raison de 1/250, 1/100 et 1/50 pour 100, de l'eau lourde ayant la pureté d'environ 100 pour 100 dans l'électrolyte des éléments étalons Weston saturés, et l'on a mesuré la force électromotrice et les coefficients de température.

(Voir Annexe E 13, II.)

ANNEXE E 11

Laboratoire Électrotechnique.

---

DÉTERMINATION ABSOLUE  
DE LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

Par M. R. YONEDA.

---

I. Introduction.

Le principe des mesures absolues de la résistance au Laboratoire Électrotechnique est de déterminer en henry international un étalon absolu d'inductance mutuelle et d'en déduire le rapport entre l'ohm absolu et l'ohm international.

II. Étalon absolu d'inductance mutuelle  
et ses dimensions.

L'étalon absolu d'inductance mutuelle <sup>(1)</sup> a été fabriqué au National Physical Laboratory et bienveillamment remis au Japon par le Gouvernement britannique. Son aspect est représenté dans la figure 1 (p. 181).

Ses dimensions ont été mesurées par les comparateurs qui sont décrits dans les *Procès-Verbaux* des séances 1935, p. 262-263. Les résultats de mesures sont donnés dans le Tableau I.

---

<sup>(1)</sup> *Collected Researches*, du National Physical Laboratory, Vol. XXI, 1927, Paper 1, p. 1-31.

TABLEAU I.

1. Coefficients de dilatation du cylindre :

a. Axial.....	6,4.10 <sup>-6</sup>	par degré
b. Diamétral.....	3,6.10 <sup>-6</sup>	par degré

2. Diamètre moyen des fils :

Pour chaque bobine (1).....	mm 0,6194
-----------------------------	--------------

3. Diamètres moyens des bobines à 18° C. :

	Sur les bobines. mm	Entre les axes. mm
Bobine A.....	300,6253	300,0059
Bobine B.....	300,6371	300,0177
Moyenne des bobines A et B.....	300,6312	300,0118

4. Espacement axial des bobines à 18° C. :

Distance moyenne des bobines à 18° C.....	mm 300,0453
---	----------------

5. Rayon moyen de l'enroulement secondaire (1). mm  
257,12

III. Calcul des valeurs de l'inductance mutuelle.

Le calcul des valeurs de l'inductance mutuelle a été fait par une méthode presque identique à celle du National Physical Laboratory. Les résultats en sont donnés dans le Tableau II. On a corrigé ces résultats de la susceptibilité magnétique de la bobine d'inductance mutuelle dont la valeur a été déterminée sur un échantillon prélevé sur le support en marbre.

---

(1) Valeur du N. P. L., *Collected Researches*, Vol. XXI, 1927, Paper 1, p. 1-31.

TABLEAU II.

$M_0$ pour les 462 spires de l'enroulement secondaire.	9 945 741,97 <sup>cm</sup>
$M$ pour les 3 spires additionnelles de l'enroulement secondaire.....	64 573,08
Corrections :	
Correction pour $\Lambda_0 - A$ .....	— 0,03 <sup>cm</sup>
Correction pour la non-uniformité du rayon de l'enroulement primaire.....	44,56
Correction pour la non-uniformité du pas de l'enroulement primaire.....	291,70
Correction pour la section de l'enroulement secondaire.....	—65,14
Correction pour la susceptibilité magnétique de la bobine primaire.....	—86,00
	10 010 500,14

Valeur calculée de l'étalon d'inductance mutuelle :

$$10\ 010,500\ 14\ \mu\text{H} \text{ à } 18^\circ \text{ C.}$$

La valeur calculée de  $M_0$  par les formules de Rosa (1) est plus grande de  $0^{\text{cm}},82$ , c'est-à-dire de  $0,082 \cdot 10^{-6}$ , que la valeur ci-dessus. Le coefficient de température de l'étalon d'inductance mutuelle a été trouvé égal à  $11^{\text{cm}},4$  par degré C.

Pour pouvoir employer l'inductance mutuelle primaire en courant alternatif à basse fréquence on a déterminé l'augmentation de la valeur d'inductance mutuelle, le défaut de phase, la résistance effective, etc.

#### IV. Mesures électriques.

Les principales mesures électriques de la résistance sont divisées en trois parties : 1<sup>o</sup> mesures de la capacité en fonction de l'ohm .

---

(1) Formules de Rosa, *Scientific Papers N. B. S.*, n<sup>o</sup> 169, p. 101.

international; 2<sup>o</sup> comparaisons de l'étalon absolu d'inductance mutuelle et de l'étalon usuel; 3<sup>o</sup> comparaisons de l'étalon usuel d'inductance mutuelle et de la capacité. Pour ces mesures, on a utilisé les ponts électriques qui sont décrits dans les *Procès-Verbaux* de 1935, p. 266-268. Et en vue d'obtenir de meilleurs résultats, on a employé dans les ponts l'étalon usuel d'inductance mutuelle : la résistance de sa bobine secondaire, les coefficients

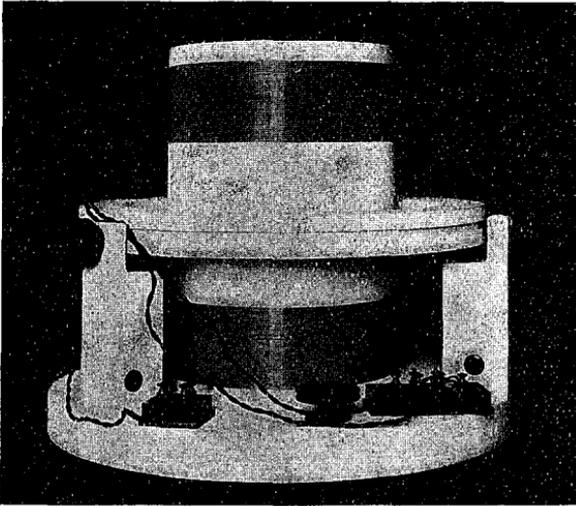


Fig. 1.

de fréquence, les défauts de phase et les coefficients de température présentait des valeurs aussi petites que possible.

Il est très difficile de faire disparaître complètement l'induction mutuelle de chaque branche dans le pont de Carey-Foster. En réalité l'induction mutuelle qui exerce la plus grande influence sur le résultat se produit entre l'inductance mutuelle et l'inductance de la branche contenant la source. Heureusement on peut évaluer cette influence expérimentalement en utilisant une petite inductance mutuelle. D'abord, on introduit aux bobines primaire ou secondaire de l'inductance mutuelle une petite inductance telle qu'elle est montrée dans la figure 2 et l'on désigne  $M_I$ ,  $M_{II}$  chaque lecture des équilibres obtenus en démontant le principal condensateur. Et puis on donne la lecture de  $M_{III}$  pour tous les deux

primaire et secondaire remplacés par les petites inductances mutuelles. Alors, la correction au moyen de l'inductance mutuelle est donnée par la relation

$$\Delta S = (M_I + M_{II} - M_{III}).$$

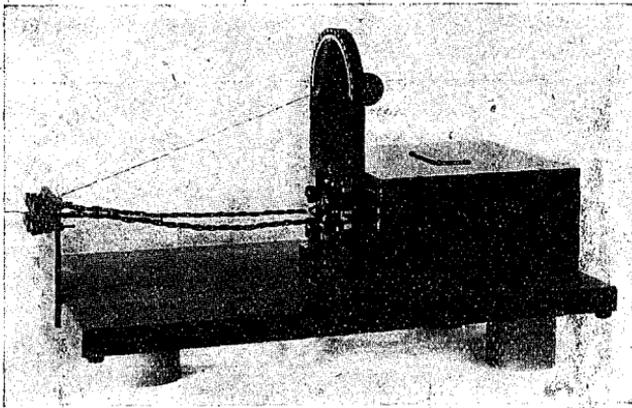


Fig. 2.

TABLEAU III.

Groupe I ( $C = 0, 1 \mu F, Q = 100 \Omega$ ).

Fréquence.	Inductance mutuelle		Rapport.	Écart par rapport à la valeur moyenne.
	en millihenry international de l'E. T. L.	en millihenry absolu.		
15.....	10,00386	10,00844	1,000458	+ 3 $\cdot 10^{-6}$
15.....	375	822	447	- 8
15.....	382	841	459	+ 4
92.....	389	856	467	+12
92.....	405	858	453	- 2
92.....	412	858	446	- 9
15.....	397	846	449	- 6
92.....	405	855	450	- 5
15.....	417	876	459	+ 4
15.....	414	859	445	-10
92.....	404	862	458	+ 3
92.....	391	855	464	+ 9
Moyenne.....			1,000454 <sub>5</sub>	$\pm 6,2 \cdot 10^{-6}$

TABLEAU III (suite).  
Groupe II (C = 0,1  $\mu$ F, Q = 200  $\Omega$ ).

Fréquence.	Inductance mutuelle		Rapport.	Écart par rapport à la valeur moyenne
	en millihenry international de l'E. T. L.	en millihenry absolu.		
15.....	10,00365	10,00818	1,000453	- 2 $\cdot 10^{-6}$
15.....	371	836	465	+ 10
92.....	397	860	463	+ 8
92.....	405	854	449	- 6
92.....	414	859	445	- 10
15.....	392	841	449	- 6
92.....	410	861	451	- 4
15.....	410	870	460	+ 5
15.....	414	867	453	- 2
15.....	412	870	458	+ 3
92.....	388	847	459	+ 4
	Moyenne.....		1,000455 <sub>0</sub>	$\pm 5,4 \cdot 10^{-6}$
	Moyenne générale.....		1,000455	$\pm 6$
	Erreur probable des 23 mesures ci-dessus...			$\pm 0,94 \cdot 10^{-6}$

### V. Résultats obtenus.

On a fait les 23 mesures indépendantes de mars à avril 1935. Les mesures ont été exécutées alternativement dans les quatre combinaisons possibles des deux fréquences et des deux conditions des ponts, c'est-à-dire Q = 100  $\Omega$  et Q = 200  $\Omega$ . Leurs résultats sont donnés dans le Tableau III, et si l'on calcule les moyennes d'après les fréquences pour mettre en évidence les erreurs systématiques, on verra, dans le Tableau IV, que les deux moyennes sont très concordantes.

TABLEAU IV.

Nombre de mesures.	Fréquence.	Rapport.	Écart.
I2.....	15	1,000455	5,2 $\cdot 10^{-6}$
II.....	92	1,000455	6,5
	Moyenne.....	1,000455	

Les erreurs probables des mesures absolues de la résistance sont présentées dans le Tableau V.

TABLÉAU V.

*Mesures des dimensions géométriques  
des inductances mutuelles :*

	Erreurs probables.
Diamètre primaire.....	$\pm 7.10^{-6}$
Longueur axiale.....	$\pm 6$
Diamètre secondaire.....	$\pm 0$
Section secondaire.....	$\pm 3$
Total.....	$\pm 16.10^{-6}$
<hr/>	
<i>Mesure électrique.....</i>	$\pm 1.10^{-6}$
Total.....	$\pm 17.10^{-6}$

Par conséquent, le résultat final est donné par la relation suivante :

1 ohm international E. T. L. =  $1,000\ 455 \pm 20.10^{-6}$  ohm absolu.

ANNEXE E 12

Laboratoire Électrotechnique.

---

## DÉTERMINATION ABSOLUE DU COURANT

Par MM. R. YONEDA et Y. ISHIBASHI.

---

### I. — Introduction.

Pour la détermination absolue du courant, le Laboratoire Electrotechnique a adopté la méthode de la balance de courant, méthode la plus précise de toutes celles proposées dans ce but. Les rapports des rayons moyens effectifs des bobines ont été mesurés électromagnétiquement au moyen de la méthode de M. Bosscha.

### II. — Balance.

La figure 1 représente la balance et la figure 2 le montage des bobines disposées au-dessous de cette balance. Les matériaux utilisés sont le silzinbronze, le bronze ou le bronze phosphoreux. Ils ont tous été trouvés suffisamment non magnétiques par un magnétomètre astatique.

Cette balance, dont un bras est de 24<sup>cm</sup> de longueur et la capacité de 2<sup>kg</sup>, a été disposée spécialement de façon à permettre la manipulation des poids à distance, sans ouvrir les portes de la balance. On utilise comme conducteurs pour la bobine mobile, des fils de cuivre de 13<sup>cm</sup> de longueur, n° 30 S. W. G. Pour le courant, les conducteurs sont constitués par 30 de ces fils, et pour le potentiel de 4. La sensibilité de la balance est de 2<sup>cm</sup>,5 par 1<sup>ms</sup> à la distance de 5<sup>m</sup>; elle est suffisante pour obtenir des résultats de mesures avec une exactitude de l'ordre de 10<sup>-6</sup>.

Les deux bobines fixes sont supportées par trois colonnes et maintenues à un écartement bien déterminé au moyen de trois pièces ajustées aux cotes théoriques. La bobine mobile est sus-

pendue par un tube au plateau de droite de la balance et maintenue horizontalement par les vis de calage. Pour centrer la

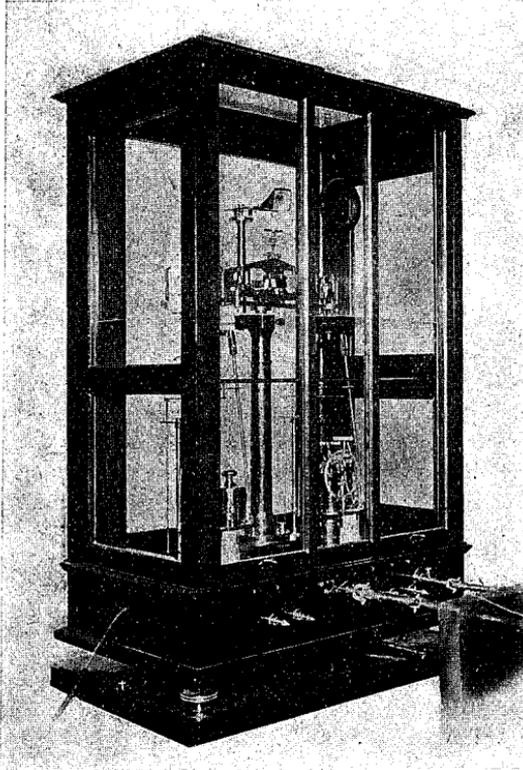


Fig. 1.

bobine mobile par rapport aux bobines fixes, la balance est placée sur deux tablettes qui se déplacent dans deux directions rectangulaires.

### III. — Bobines fixes et mobiles; leurs dimensions.

On a fabriqué trois bobines fixes et deux bobines mobiles en silzinbronze et en laiton. La susceptibilité magnétique de ces matériaux étant de l'ordre de  $0,2 \cdot 10^{-6}$ , on peut négliger son

influence sur les résultats de mesures. Après avoir fait subir un bon vieillissement aux cadres, on a bobiné bifilairement un fil de cuivre émaillé non magnétique, avec une tension constante d'environ 1<sup>kg</sup>. L'isolement de ces bobines est très bon : entre les

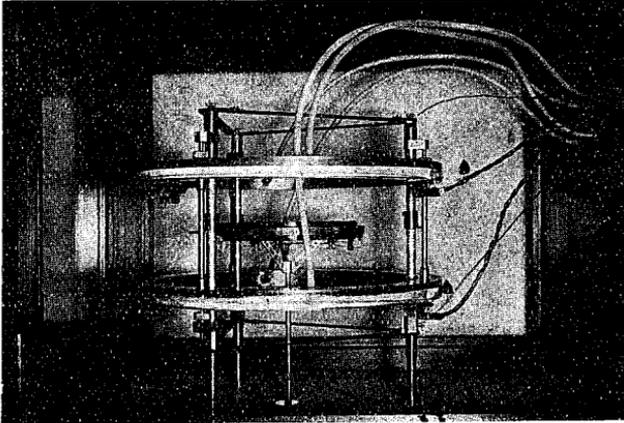


Fig. 2.

fil et le cadre, la résistance est de plus de 1000 mégohms. Les principales dimensions des bobines sont données dans le Tableau I.

TABLEAU I.

Symbole.	Nombre de spires.	Rayon. cm	Profondeur radiale. cm	Longueur axiale. cm	Diamètre du fil émaillé. cm
M <sub>2</sub> . . . .	2 × 70	12,436	0,9653	1,0554	0,084
M <sub>3</sub> . . . .	2 × 70	12,432	0,9751	1,0517	»
F <sub>1</sub> . . . . .	2 × 647	25,063	2,1140	2,1399	0,058
F <sub>2</sub> . . . . .	2 × 647	25,053	2,0964	2,1368	»
F <sub>3</sub> . . . . .	2 × 647	25,024	2,0589	2,1543	»

Pour mesurer le rapport entre les rayons d'une bobine fixe et d'une bobine mobile, on a employé un dispositif de réglage qui a été signalé dans les *Procès-Verbaux* du Comité international de 1935. Les réglages ont été faits électromagnétiquement. On a mesuré les coefficients de température et de charge des rapports et l'on en a déduit les rapports aux conditions normales.

On a appliqué ensuite les corrections pour la longueur de l'aimant et pour les sections finies des bobines. Le Tableau II donne les rapports corrigés.

TABLEAU II.

F <sub>1</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,496 116 0
F <sub>2</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,495 734 9
F <sub>2</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,496 410 4
F <sub>2</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,496 033 0
F <sub>3</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,497 151 0
F <sub>3</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,496 768 4

Les valeurs de M<sub>2</sub>/M<sub>3</sub> déduites des résultats du Tableau II par l'intermédiaire de F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> sont les suivantes :

TABLEAU III.

Bobines intermédiaires.	M <sub>2</sub> /M <sub>3</sub> .	Ecart par rapport à la valeur moyenne.
F <sub>1</sub> .....	1,000 769	+ 2,3. 10 <sup>-6</sup>
F <sub>2</sub> .....	1,000 761	— 5,7
F <sub>3</sub> .....	<u>1,000 770</u>	<u>+ 3,3</u>
Valeur moyenne.	1,000 766 7	<u>± 3,8. 10<sup>-6</sup></u>

En supposant que la valeur moyenne de M<sub>2</sub>/M<sub>3</sub> soit correcte, on a déduit les rapports finals qui sont indiqués dans le Tableau IV.

TABLEAU IV.

Combinaisons.	Rapport des rayons (α).
F <sub>1</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,496 115 5
F <sub>1</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,495 735 4
F <sub>2</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,496 411 9
F <sub>2</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,496 031 5
F <sub>3</sub> — M <sub>2</sub> .....	0,497 150 1
F <sub>3</sub> — M <sub>3</sub> .....	0,496 769 5

On a calculé, en utilisant les valeurs finales des rapports des rayons dans le Tableau IV, la force maximum entre les bobines, lorsque les deux bobines fixes et une bobine mobile ont été traversées par un courant exprimé en unité électromagnétique

C. G. S. On a utilisé une formule indiquée par MM. H. L. Curtis et R. W. Curtis <sup>(1)</sup> et dans le calcul des intégrales elliptiques, on a employé la méthode des séries arithmético-géométriques, sans recourir à aucune table parue jusqu'ici. De plus, pour comparer les valeurs, on a employé la méthode d'interpolation en appliquant une table de valeurs qui se trouve dans l'appendice de la publication du N. B. S. <sup>(2)</sup>. Les valeurs obtenues par les deux méthodes coïncident à  $10^{-7}$  près.

#### IV. — Mesures électriques.

Les deux bobines fixes de la balance de courant sont disposées coaxialement et elles ont été nivelées au moyen de vis. Pour mettre les bobines fixes et mobile dans la position coaxiale, on a déplacé horizontalement la bobine mobile dans les deux directions horizontales en faisant passer un courant défini et l'on a placé la bobine mobile au point minimum de la somme des forces; pour situer la bobine mobile au milieu des deux bobines fixes, on l'a déplacée dans la direction verticale et l'on a mis la bobine au point maximum de la somme des forces. Si l'on fait les mesures de la force, le courant qui passe est obtenu en ampère absolu en utilisant la force calculée et la pesanteur. La pesanteur au Laboratoire Électrotechnique est déduite de celle du Laboratoire de Physique à l'Université Impériale de Tokio, laquelle a été directement comparée avec celle de Potsdam. En même temps, on a mesuré le courant en fonction des unités internationales de l'E. T. L., en comparant la différence de potentiel qui a été produite entre les bornes de la résistance et la force électromotrice de l'élément Weston.

#### V. — Résultats.

Trois bobines fixes et deux bobines mobiles peuvent donner lieu à six combinaisons; mais on n'a fait que les quatre combinaisons ci-dessous.

Le Tableau V montre les résultats des mesures.

---

<sup>(1)</sup> H. L. CURTIS et R. W. CURTIS, *J. of R. N. B. S.*, juin 1934, p. 684-686.

<sup>(2)</sup> E. B. ROSA, N. E. DORSEY et J. M. MILLER, *Bulletin N. B. S.*, 8, n° 2, juin 1912, p. 392-393.

TABLEAU V.

Bobines fixes.	Bobine mobile.	Nombre de mesures.	$\frac{I_{E.T.L.} - I_A}{I_A}$	Rapport entre l'ampère international de l'E. T. L. et l'ampère absolu.	Écart par rapport la valeur moyenne.
F <sub>1</sub> — F <sub>2</sub> .....	M <sub>2</sub>	11	87. 10 <sup>-6</sup>	0,999 91 <sub>3</sub>	-36. 10 <sup>-6</sup>
F <sub>1</sub> — F <sub>2</sub> .....	M <sub>3</sub>	10	16 »	0,999 98 <sub>4</sub>	+35 »
F <sub>1</sub> — F <sub>3</sub> .....	M <sub>3</sub>	5	11 »	0,999 98 <sub>9</sub>	+40 »
F <sub>1</sub> — F <sub>3</sub> .....	M <sub>2</sub>	5	89 »	0,999 91 <sub>1</sub>	-38 »
Valeur moyenne.....				0,999 94 <sub>9</sub>	±37. 10 <sup>-6</sup>

On donne ci-dessous le rapport entre l'ampère international qui est défini en fonction de l'ohm international et du volt international du Laboratoire Électrotechnique, et l'ampère absolu.

1 ampère international E. T. L. = 0,999 94<sub>9</sub> ampère absolu.

ANNEXE E 13.

Laboratoire Électrotechnique.

RECHERCHES  
SUR LES ÉTALONS ÉLECTRIQUES

Par M. RINKICHI YONEDA.

I. — Étalons de résistance électrique en alliage  
de chrome et d'or (1).

La figure (p. 192) montre une bobine de résistance de 1 ohm faite avec les fils qui sont spécifiés dans les Propositions et Rapports du Gouvernement japonais; ces fils de résistance sont enroulés autour d'un cylindre en silice fondue, qui est scellé dans un tube de verre rempli d'azote.

II. — Éléments étalons comportant de l'eau  
lourde dans leur électrolyte.

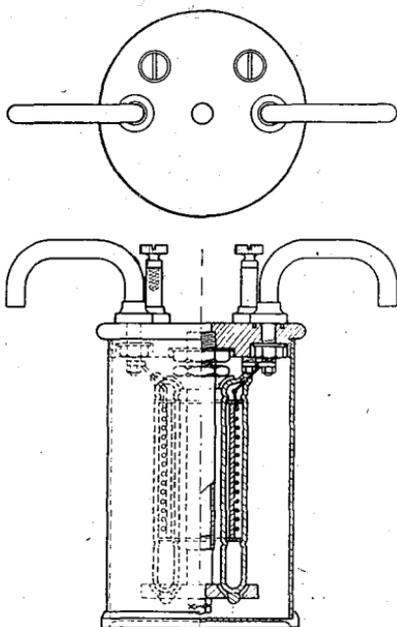
Étant donnée la teneur variable de l'eau naturelle en eau lourde, il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de l'eau lourde contenue dans l'électrolyte des éléments Weston sur leur force électromotrice, leur coefficient de température et leur stabilité.

Dans cette étude, suggérée par M. le Dr Hantaro Nagaoka, on a d'abord mélangé, dans l'eau distillée ordinaire, à raison de 1/200, 1/100 et 1/50 pour 100, de l'eau lourde présentant une pureté d'environ 100 pour 100. Puis on a préparé la solution saturée en employant les cristaux pulvérisés de  $\text{CdSO}_4 \cdot \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$  et de l'eau distillée additionnée d'eau lourde. Les forces électromotrices à 20°C sont les suivantes :

---

(1) M. J. L. THOMAS, *Journal of Research*, N. B. S., vol. 13, nov. 1934, p. 681-688.

Numéros des éléments.	Force électromotrice à 20° C.	Différence entre les éléments à eau lourde et ordinaire
Éléments 481, 482 ordinaires..	1,018322 volt	0 $\mu$ V
Étalon D <sub>1</sub> à 1/250 pour 100 d'eau lourde.....	1,018318 »	— 4 »
Étalon D <sub>2</sub> à 1/100 pour 100 d'eau lourde.....	1,018301 »	— 11 »
Étalon D <sub>3</sub> à 1/50 pour 100 d'eau lourde.....	1,018295 »	— 27 »



Bobine de 1 ohm formée d'un fil de résistance enroulé sur un cylindre de silice fondue scellé dans un tube de verre rempli d'azote.

La force électromotrice des éléments étalons a une tendance à diminuer graduellement à mesure que la teneur en eau lourde augmente. Au contraire, les coefficients thermiques ne sont pas influencés par la présence d'eau lourde.



ANNEXE E 44.

Bureau International des Poids et Mesures.

RAPPORT

SUR LES

COMPARAISONS DES ÉTALONS NATIONAUX  
DE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

(Nov.-Déc. 1936),

Par MM. A. PÉRARD et M. ROMANOWSKI.

En novembre et décembre 1936, le Bureau international a effectué la sixième comparaison des étalons nationaux de résistance. Les étalons qui ont pris part à cette étude comme représentant les unités des divers laboratoires, et qui sont tous du modèle à bornes de potentiel, figurent dans le tableau ci-dessous :

ÉTALONS (1).			
Origine.	Primaire.	Secondaire.	Symbole de l'unité.
P. T. R. de Berlin.....	R (3751)	R'' (2836)	$\Omega_A$
N. B. S. de Washington.	S <sub>1</sub> (78)	S <sub>2</sub> (77)	$\Omega_E$
L. C. E. de Paris.....	C' (3962)	C'' (7414)	$\Omega_F$
N. P. L. de Teddington.	N (645)	N' (643)	$\Omega_G$
E. T. L. de Tokio.....	E <sub>1</sub> (34054)	E <sub>2</sub> (34050)	$\Omega_J$
I. M. de Léninegrad.....	M (6)	M' (8)	$\Omega_U$

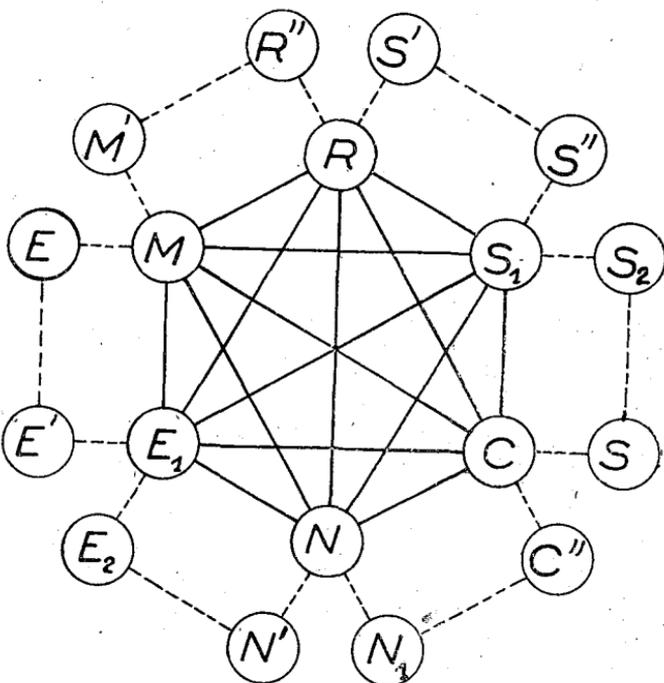
(1) Le partage en étalons primaires et secondaires n'est pas fait d'après une règle fixe : sont considérés comme primaires les étalons qui s'écartent le moins les uns des autres, ou qui ont fait preuve d'une meilleure stabilité.

A l'ensemble de ces étalons étaient adjoints, à titre de témoins, les six ohms suivants :

E (2906) et E' (2905), parvenus de l'E. T. L., en même temps que les étalons principaux de ce laboratoire, et qui sont les seuls étalons dépourvus de bornes de potentiel.

S (85), S' (86), S'' (87) du N. B. S. et N<sub>1</sub> (717) du N. P. L. qui sont en dépôt permanent au Bureau international.

En outre, plusieurs ohms appartenant au Bureau international



Comparaisons exécutées entre les ohms-étalons deux à deux : R, S<sub>1</sub>, C', N, E<sub>1</sub>, M, étalons primaires; R'', S<sub>2</sub>, C'', N', E<sub>2</sub>, M', étalons secondaires; S, S', S'', N<sub>1</sub>, E, E', étalons témoins.

ont été rattachés à l'ensemble des ohms nationaux principaux par l'intermédiaire des ohms témoins.

Le schéma [des intercomparaisons (*fig.* ci-dessus)] a été semblable à celui des travaux analogues précédents. Les étalons

primaires ont été en particulier comparés entre eux dans toutes les combinaisons possibles. Les étalons secondaires ont été rattachés aux étalons primaires par des comparaisons figurant en pointillé sur le schéma.

L'installation du pont double avait été transférée de la salle XV à la nouvelle salle XVI; mais son organisation générale est restée inchangée depuis qu'elle a été décrite en détail dans nos rapports de 1933 et 1935 (*Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, t. XVI, p. 70, et t. XVII, p. 279). Toutefois, l'appareil qui supporte les godets à mercure où viennent plonger les bras adducteurs du courant des étalons a été entièrement reconstruit. Le nouvel appareil est tout en cuivre rouge et présente les deux caractéristiques suivantes, qui constituent des améliorations notables sur l'appareil précédent :

- 1° Très faible résistance du conducteur qui relie l'ohm tare à l'ohm mesuré;
- 2° Entrée et sortie axiales (par le fond) des courants dans les godets à mercure.

En plus des godets ordinaires, l'appareil possède deux godets supplémentaires munis de bornes de potentiel, pour la détermination des ohms qui en sont dépourvus. Les détails des opérations dans chaque « série », c'est-à-dire dans chaque comparaison des deux ohms entre eux, la symétrie des opérations de l'aller et du retour par rapport au jour central, et tous les détails pratiques (réglages, agitation de l'huile, etc.) ont été l'objet de soins non moins assidus que lors de tous les travaux précédents. Comme innovations, signalons les trois points suivants :

- 1° La température de la salle a été maintenue pendant toute la durée des comparaisons très légèrement en dessous de 20°C. Le bain d'huile a été réchauffé chaque matin de façon à présenter, lors des opérations de l'aller, les températures aussi proches que possible de 20°C., et, lors des opérations du retour, des températures symétriques par rapport à ce point. Le rôle des coefficients thermiques a été ainsi réduit au minimum. L'écart entre la cuve et l'air de la salle se maintenait toute la journée, grâce à la seule présence de l'observateur près des appareils et la chaleur apportée à l'huile par le courant de mesure.

- 2° La boîte qui sert de shunt aux ohms mesurés a été révisée

par son constructeur et ses bobines ont été ensuite soigneusement étalonnées au Bureau en fonction de l'ohm international moyen.

3<sup>o</sup> A la suite d'un échange d'idées avec le N. B. S., un des observateurs a utilisé comme intensité du courant principal 0,10 A et l'autre 0,14 A (énergies dissipées dans les ohms, égales respectivement à 0,01 et à 0,02 watt). La presque identité des résultats obtenus par les deux observateurs montre qu'il n'y a aucune influence sensible de l'intensité du courant sur les résultats obtenus, et cela malgré la diversité des modèles mis en présence.

Pour autant qu'il est légitime de baser la discussion de la précision d'une mesure sur la grandeur des erreurs résiduelles, on peut dire que cette sixième intercomparaison a été sensiblement meilleure que les précédentes. En ce qui concerne les ohms primaires, aucune erreur résiduelle ne dépasse  $0,16 \mu\Omega$ , contre des erreurs de  $0,33 \mu\Omega$  dans les comparaisons de 1935; parmi les comparaisons des étalons secondaires et des témoins, l'une atteint à peine  $0,20 \mu\Omega$ . Le fait que l'Electrotechnical Laboratory était aussi représenté cette fois par des ohms à bornes de potentiel, a certainement été un facteur favorable à l'amélioration des concordances.

Il est intéressant de constater que si certains étalons ont fait preuve, pendant les deux mois de nos mesures, d'une stabilité remarquable, d'autres ont paru varier de plusieurs microhms. Ces variations ont été toutefois si rigoureusement proportionnelles au temps que, grâce à la symétrie très stricte des opérations, elles n'ont eu aucune influence perturbatrice sur la précision générale.

#### RÉSULTATS.

Ayant d'exposer le principe du calcul des unités nationales par rapport à l'unité moyenne  $\Omega_M$  (dont la définition est rappelée plus bas), nous donnons les deux tableaux où sont indiqués les écarts, tels qu'ils résultent de nos expériences, des étalons nationaux par rapport à la moyenne  $A_6$  des ohms primaires, et les valeurs interpolées au 4 décembre 1936 des étalons en leurs unités nationales respectives. Cette interpolation est faite proportionnellement au temps, entre les deux valeurs fournies par les laboratoires nationaux eux-mêmes, d'après les dates de leurs expériences exécutées avant et après les nôtres.

TABLEAU I.

*Écart des étalons nationaux par rapport à A<sub>6</sub>.*

Étalons.	Pérard 0,10 A.	Romanowski 0,14 A.	Moyenne.
<i>Primaires.</i>			
R (3751)...	+ 92,57 $\mu\Omega$	+ 92,54 $\mu\Omega$	+ 92,56 $\mu\Omega$
S <sub>1</sub> (78).....	-426,08	-426,13	-426,10
C' (3962)...	+123,57	+123,64	+123,60
N (645)....	+ 54,83	+ 54,78	+ 54,80
E <sub>1</sub> (34054)...	+136,86	+136,92	+136,89
M (6).....	+ 18,25	+ 18,25	+ 18,25
<i>Secondaires.</i>			
R'' (2836)...	+213,33	+213,63	+213,48
S <sub>2</sub> (77).....	-431,52	-431,62	-431,57
C'' (7414)...	+ 96,51	+ 96,92	+ 96,72
N' (643)....	+ 5,90	+ 5,82	+ 5,86
E <sub>2</sub> (34050)...	+158,52	+158,72	+158,62
M' (8).....	+ 7,46	+ 7,44	+ 7,45

TABLEAU II.

*Valeurs des étalons nationaux interpolées  
à la date du 4 décembre 1936.*

	31 oct. 1936.	8 février 1937.	4 déc. 1936.
R (3751)...	1,000 032 2	1,000 032 9	1,000 032 44 $\Omega_A$
R'' (2836)...	1,000 151 7	1,000 155 6	1,000 153 03
	15 oct. 1936.	10 février 1937.	
S <sub>1</sub> (78).....	0,999 524 0	0,999 524 5	0,999 524 21 $\Omega_E$
S <sub>2</sub> (77).....	0,999 518 0	0,999 518 5	0,999 518 21
	13 nov. 1936.	27 mars 1937.	
C' (3962)...	1,000 068 7	1,000 070 9	1,000 069 04 $\Omega_F$
C'' (7414) <sup>(1)</sup> .	1,000 034 6	1,000 028 5	1,000 033 64

(1) La variation de l'ohm C''(7414) ayant été considérée comme anormale, cet ohm a été, d'un commun accord avec le L. C. E., éliminé des calculs des unités nationales.

	15 août 1936.	8 mars 1937.	
N (645)....	1,000 004 0	1,000 006 0	1,000 005 09 $\Omega_G$
N' (643)....	0,999 955 0	0,999 957 0	0,999 956 09
	1 <sup>er</sup> sept. 1936.	23 avril 1937.	
E <sub>1</sub> (34054)..	1,000 090 3	1,000 095 8	1,000 092 51 $\Omega_J$
E <sub>2</sub> (34050)..	1,000 115 0	1,000 116 8	1,000 115 72
	26 oct. 1936.	11 février 1937.	
M (6).....	0,999 965 1	0,999 964 9	0,999 965 03 $\Omega_U$
M' (8).....	0,999 954 2	0,999 954 4	0,999 954 27

*Calcul des unités nationales.*

Dans l'additif de notre rapport de 1935 (voir page 290) figure le tableau des unités nationales rapportées à la date du 15 mars 1935.

Allemagne.....	$\Omega_A = \Omega_M + 9,8 \cdot 10^{-6}$
États-Unis.....	$\Omega_E = - 5,5$
Grande-Bretagne.....	$\Omega_G = - 3,6$
Japon.....	$\Omega_J = - 11,2$
U. R. S. S.....	$\Omega_U = + 10,6$
France.....	$\Omega_F = + 69,5$

$\Omega_M$  était temporairement définie comme l'unité moyenne des cinq Laboratoires dont les unités étaient les plus voisines entre elles. Mais, après que le Laboratoire Central d'Électricité a modifié son unité de  $- 69,5 \mu \Omega$ , de façon à la faire coïncider avec cette moyenne  $\Omega_M$ ,  $\Omega_M$  est redevenue l'unité moyenne des six laboratoires à la date du 15 mars 1935, et c'est à ce titre qu'elle continuera à figurer dans nos calculs. Il est bien évident qu'après cette date les six unités ont continué à dériver légèrement les unes par rapport aux autres; et nous admettrons que cette unité  $\Omega_M$  reste conservée par la tenue moyenne des unités de ces six laboratoires.

Depuis le mois de mars 1935, l'Institut de Métrologie de Léningrad s'est rallié à cette même unité moyenne et a exprimé en  $\Omega_M$  les valeurs des étalons qu'il nous a fait parvenir, de sorte que nous pouvons admettre, à une date immédiatement postérieure au 15 mars 1935, la répartition suivante des unités natio-

males de résistance

$$\begin{aligned} \Omega_A &= \Omega_M + 9,8 \cdot 10^{-6} \\ \Omega_E &= - 5,5 \\ \Omega_F &= 0,0 \\ \Omega_G &= - 3,6 \\ \Omega_J &= - 11,2 \\ \Omega_U &= 0,0 \end{aligned}$$

A la date du 4 décembre 1936, et en se rapportant toujours à  $\Omega_M$  défini comme il est dit plus haut, la répartition, résultant des comparaisons dont il vient d'être rendu compte, devient celle qui est indiquée dans le Tableau III ci-dessous.

TABLEAU III.

*Valeurs des unités nationales au 4 décembre 1936.*

Allemagne.....	$\Omega_A = \Omega_M + 6,6 \cdot 10^{-6}$
États-Unis.....	$\Omega_E = - 3,7$
France.....	$\Omega_F = + 0,9$
Grande-Bretagne.....	$\Omega_G = - 3,9$
Japon.....	$\Omega_J = - 10,0$
U. R. S. S.....	$\Omega_U = - 0,4$

TABLEAU IV.

*Valeurs des étalons exprimées en fonction de  $\Omega_M$  à la date du 4 décembre 1936.*

<i>Étalons primaires.</i>	<i>Étalons secondaires.</i>
R (3751) = 1,000 038 9 $\Omega_M$	R'' (2836) = 1,000 159 8 $\Omega_M$
S <sub>1</sub> (78) = 0,999 520 3	S <sub>2</sub> (77) = 0,999 514 8
C' (3962) = 1,000 070 0	C'' (7414) = 1,000 043 1
N (645) = 1,000 001 2	N' (643) = 0,999 952 2
E <sub>1</sub> (34054) = 1,000 083 2	E <sub>2</sub> (34050) = 1,000 105 0
M (6) = 0,999 964 6	M' (8) = 0,999 953 8

*Étalons témoins.*

S (85) = 0,999 521 9 $\Omega_M$
S' (86) = 0,999 523 0
S'' (87) = 0,999 512 9
N <sub>1</sub> (717) = 1,000 010 5
E (2906) = 1,000 096 8
E' (2905) = 1,000 187 3

ANNEXE E 15.

Bureau international des Poids et Mesures.

---

RAPPORT

SUR LES

COMPARAISONS DES ÉTALONS NATIONAUX  
DE FORCE ÉLECTROMOTRICE

(Janv.-Févr. 1937).

Par MM. M. ROMANOWSKI et M. ROUX.

---

1. Les comparaisons d'étalons nationaux de force électromotrice qui font l'objet du présent Rapport forment la suite des travaux déjà effectués au Bureau international des Poids et Mesures en janvier 1933 et en décembre 1934 [Voir *P.-V. du Comité international des Poids et Mesures*, 2<sup>e</sup> série, t. XVI, p. 141 (1933), et t. XVII, p. 291 (1935)].

Ces travaux ont pour objet principal d'établir le rapport existant entre les unités nationales de force électromotrice que conservent les laboratoires officiels des divers pays; ils permettent aussi de réévaluer périodiquement la force électromotrice des éléments Weston, remis par les laboratoires intéressés pour constituer un dépôt d'étalons au Pavillon de Breteuil.

2. En 1936, sur la demande du Bureau international, les laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis, de France, de Grande-Bretagne, du Japon et de l'U.R.S.S., acceptaient de préparer des groupes d'éléments Weston, et, après les avoir étalonnés, de les expédier en temps voulu pour que ceux-ci parviennent simultanément à Sèvres. Ces groupes voyageurs, après avoir été comparés entre eux au Bureau international, sont revenus

à leurs laboratoires d'origine dans les plus brefs délais et y ont été étalonnés à nouveau en leurs unités respectives.

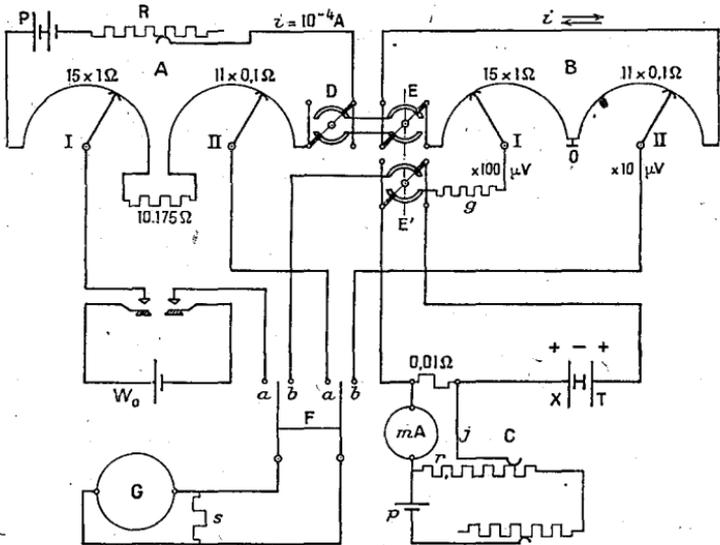
Les transports des éléments ont été faits de préférence à la main. C'est ainsi que M. Curtis, du National Bureau of Standards, a assuré à l'aller, comme au retour, le déplacement entre Washington et Sèvres du groupe voyageur des États-Unis. M. Pérard a apporté de Teddington le groupe voyageur de Grande-Bretagne, qui a été transporté au retour par M. Volet. Le groupe d'Allemagne, porté à Sèvres par M. Roux, a été rapporté par M. von Steinwehr à Charlottenbourg. Le groupe français a été transporté par M. Picard, du Laboratoire Central d'Électricité. En raison de l'éloignement, seuls les groupes japonais et russes n'ont pu être transportés à la main; toutefois, les précautions spéciales prises pour l'emballage paraissent avoir été satisfaisantes dans les deux cas.

3. COMPOSITION ET VALEUR DES GROUPES. — Dans le tableau I, on reproduit la force électromotrice moyenne de chaque groupe, telle qu'elle a été mesurée par son laboratoire national, avant et après le transport au Pavillon de Breteuil, ainsi que la valeur de cette force électromotrice que nous avons admise à la date de nos expériences. Il semble que les écarts de force électromotrice des éléments entre la valeur de départ et celle de retour soient également dus aux transports de l'aller et du retour; et comme, au surplus, nos comparaisons ont été faites vers l'époque moyenne des étalonnages exécutés dans les laboratoires d'origine, on a admis pour valeur des étalons, au moment de nos expériences, une valeur égale à la simple moyenne arithmétique des valeurs certifiées par ces laboratoires.

Les six groupes voyageurs réunis au Bureau international ont été comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles. Ce travail, qui comportait donc quinze intercomparaisons ou « séries » de mesure, a été fait une première fois par un observateur (Aller Romanowski), et répété, dans l'ordre inverse, par l'autre observateur (Retour Roux). La compensation par la méthode des moindres carrés a fourni les écarts des forces électromotrices moyennes de chacun des groupes voyageurs par rapport à la moyenne des six groupes. Les résultats, valables à la date centrale de l'aller et du retour, qui se trouve être le 28 janvier 1937, sont donnés dans le tableau II.

Une série, c'est-à-dire une mesure de la différence de force

électromotrice moyenne entre deux groupes, se déroule suivant un processus uniforme : à une même tare, formée par quatre élé-



- A. — Potentiomètre destiné à régler le courant  $i$  fourni par la pile sèche P, à  $10^{-4} \text{ A}$  au moyen du rhéostat R et d'un élément Weston  $W_0$ . Commutateur F du galvanomètre G en  $aa$ .
- B. — Potentiomètre servant aux mesures des faibles forces électromotrices données par l'opposition des éléments à étudier successivement X avec un élément ou groupe d'éléments tare T. Commutateur F en  $bb$ .
- C. — Circuit permettant de parfaire l'équilibre en créant, aux bornes de la résistance  $0,01 \Omega$ , une différence de potentiel ajustable entre 0 et  $10 \mu\text{V}$ , mesurable au moyen du milliampèremètre mA, qui donne l'intensité  $j$  fournie par la pile  $p$ , et réglable au moyen du rhéostat  $r$ .
- D. — Inverseur destiné à adapter le sens du courant  $i$  dans B au signe de la différence de force électromotrice mesurée (X-T).
- E, E'. — Double inverseur *simultané* qui permet d'éliminer les forces électromotrices parasites du circuit du galvanomètre compris entre B et E'.
- s, g. — Résistances d'amortissement.

ments Weston associés en parallèle, on oppose successivement chacun des éléments étalons pris alternativement dans l'un et l'autre

groupe. Lorsque tous les éléments des deux groupes ont été ainsi mesurés en fonction de la tare, les opérations sont répétées dans l'ordre exactement inverse. Les moyennes des observations et leurs différences sont indépendantes des variations de la tare au cours des séries.

Le potentiomètre utilisé a déjà été décrit précédemment (*Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, 2<sup>e</sup> série, tome XVII, 1935, p. 291). Il est rappelé par la figure ci-contre. Depuis, il a été révisé par son constructeur, puis vérifié au Bureau. Les corrections d'étalonnage des bobines sont négligeables.

La cuve dans laquelle les éléments Weston sont plongés est d'une construction récente; son système d'agitation assure, non seulement un bon brassage général de l'huile, mais surtout l'égalité des températures des électrodes d'une même pile. Les éléments, fixés sur les chevalets en ébonite, sont placés dans des couloirs qui canalisent la circulation d'huile et orientés dans le courant de manière que les mêmes particules d'huile viennent baigner successivement leurs deux électrodes. Il est en outre possible de faire tourner les chevalets d'un demi-tour pour éliminer l'influence d'un gradient de température qui pourrait encore subsister. Un plancher en ébonite distant de quelques centimètres du fond en laiton, cloisonne la cuve en deux compartiments; l'huile est mise en circulation par une petite turbine qui occupe un trou pratiqué dans ce plancher, à l'endroit où convergent les quatre couloirs de circulation. Elle est refoulée entre les deux fonds et remonte dans la cuve par des orifices situés à sa périphérie en regard de chacun des couloirs. L'étude de la répartition de la température a été effectuée avant les comparaisons, au moyen d'un certain nombre de thermomètres disséminés dans la cuve, et au moyen d'éléments Weston dont on suivait les forces électromotrices pendant l'agitation. Malgré l'isolement thermique du laboratoire, des écarts de température, atteignant quelques centièmes de degré, peuvent apparaître dans le volume d'huile au repos. Il avait été démontré par des expériences préalables qu'une demi-heure d'agitation suffisait à uniformiser la température et stabiliser parfaitement les forces électromotrices des éléments. En règle générale, l'agitation était commencée 45 minutes avant la première observation, et maintenue pendant toute la durée d'une série.

TABLEAU I.

*Groupes nationaux d'éléments Weston  
comparés au Bureau international.*

(janvier-février 1937).

Labo- ratoire.	Symbole		Valeurs moyennes certifiées par chaque laboratoire		Valeur admise au B. I. P. M. Moyenne.
	de l'unité.	du groupe.	Avant.	Après.	
P. T. R.	V <sub>A</sub>	R <sub>V</sub>	1,018 330 <sub>7</sub>	1,018 333 <sub>9</sub>	1,018 332 <sub>3</sub> V <sub>A</sub>
N. B. S.	V <sub>E</sub>	S <sub>V</sub>	1,018 262 <sub>4</sub>	1,018 262 <sub>6</sub>	1,018 262 <sub>5</sub> V <sub>E</sub>
L. C. E.	V <sub>F</sub>	C <sub>V</sub>	1,018 249 <sub>6</sub>	1,018 248 <sub>4</sub>	1,018 249 <sub>0</sub> V <sub>F</sub> ( <sup>1</sup> )
N. P. L.	V <sub>G</sub>	N <sub>V</sub>	1,018 235 <sub>0</sub>	1,018 235 <sub>2</sub>	1,018 235 <sub>1</sub> V <sub>G</sub>
E. T. L.	V <sub>J</sub>	E <sub>V</sub>	1,018 307 <sub>0</sub>	1,018 304 <sub>8</sub>	1,018 305 <sub>9</sub> V <sub>J</sub>
I. M....	V <sub>U</sub>	M <sub>V</sub>	1,018 310 <sub>7</sub>	1,018 314 <sub>6</sub>	1,018 312 <sub>6</sub> V <sub>U</sub> ( <sup>1</sup> )

Numéros des éléments constituant chaque groupe.

R <sub>V</sub> .....	352	353	357	358	3306	3307			
S <sub>V</sub> .....	785	787	789	790	825	828	882	914	917
C <sub>V</sub> .....	2907	2908	2909	2910	2911				
N <sub>V</sub> .....	3524	3525	3526	3527	3528	3529			
E <sub>V</sub> .....	A 41	A 46	A 51	385	456	461			
M <sub>V</sub> .....	243	374	2294	2461	2462	2463	2465		

L'examen des erreurs résiduelles calculées après compensation des résultats par la méthode des moindres carrés, semble indiquer que la précision actuellement atteinte est plus élevée qu'elle n'était dans les comparaisons précédentes. En effet, le plus grand des résidus obtenus en 1937 est égal à 0,33 μV, alors que des erreurs résiduelles de 2 μV pouvaient être relevées dans nos travaux antérieurs.

(<sup>1</sup>) Volts nationaux ayant subi en 1935 les modifications qui sont brièvement rappelées au paragraphe 5 du présent rapport.

TABLEAU II.

*Ecart des groupes nationaux voyageurs  
par rapport à leur moyenne.*

Groupes.	Aller (Rk). $\mu V$	Retour (Rx). $\mu V$	Moyenne. $\mu V$
R <sub>V</sub> (Allemagne).....	+44,4	+44,0	+44,2
S <sub>V</sub> (États-Unis).....	-27,8	-27,9	-27,8
C <sub>V</sub> (France).....	-31,2	-30,5	-30,9
N <sub>V</sub> (Grande-Bretagne)...	-37,6	-37,9	-37,8
E <sub>V</sub> (Japon).....	+25,8	+26,1	+26,0
M <sub>V</sub> (U. R. S. S.).....	+26,5	+26,2	+26,3

5. CALCUL DES ÉCARTS ENTRE LES UNITÉS NATIONALES. — Un additif à notre rapport de 1935 (*loc. cit.*, p. 300) présentait les valeurs suivantes des unités nationales de force électromotrice à l'époque de nos comparaisons de décembre 1934, rapportées à l'unité moyenne préconisée par le Comité consultatif d'Électricité (1935, Résolution 4) :

$$V_M = \frac{1}{5}(V_A + V_E + V_G + V_J + V_U).$$

Allemagne (P. T. R.).....	$V_A = V_M - 4^{\mu V}$
États-Unis (N. B. S.).....	$V_E = -12$
Grande-Bretagne (N. P. L.).....	$V_G = +5$
Japon (E. T. L.).....	$V_J = -2$
U. R. S. S. (I. M.).....	$V_U = +13$
France (L. C. E.).....	$V_F = -76$

Par la suite, et conformément à la déclaration du Laboratoire Central d'Électricité, le volt de France a été modifié de +76 millièmes;  $V_M$  peut donc être considéré comme étant l'unité moyenne des six laboratoires nationaux en décembre 1934. C'est par rapport à cette moyenne que nous exprimerons dorénavant les écarts des unités nationales de force électromotrice.

Depuis la session de 1935 du Comité international, l'Institut

de Métrologie de l'U. R. S. S. a modifié son unité afin de la faire coïncider avec  $V_M$ ; en particulier, c'est en fonction de cette nouvelle unité qu'ont été exprimées les forces électromotrices des éléments Weston du groupe  $M_V$ , étudiés au Bureau international en 1937.

La répartition des unités, au mois de décembre 1934, peut donc être figurée comme suit :

TABLEAU III.

*Valeurs rétrospectives des unités nationales en décembre 1934.*

$V_A$	=	$V_M - 4^{\mu V}$
$V_E$	=	-12
$V_F$ nouveau	=	0
$V_G$	=	+ 5
$V_J$	=	- 2
$V_U$ nouveau	=	0

Les comparaisons de janvier 1937, dont on a reproduit les bases et les résultats aux tableaux I et II, donnent le nouvel état de la répartition des unités. Le tableau IV, ci-après, exprime cette répartition en fonction de  $V_M$  défini plus haut.

TABLEAU IV.

*Valeurs des unités nationales en janvier 1937.*

Allemagne.....	$V_A$	=	$V_M - 7,3^{\mu V}$
États-Unis.....	$V_E$	=	-9,5
France.....	$V_F$ nouveau	=	+ 0,7
Grande-Bretagne.....	$V_G$	=	+ 7,6
Japon.....	$V_J$	=	+ 0,7
U. R. S. S.....	$V_U$ nouveau	=	- 5,5

En rapprochant les tableaux III et IV, on appréciera, à quelques microvolts près, la dérive inévitable qui, au cours de deux années, a très légèrement modifié la répartition relative des

unités des six pays ayant soumis leurs étalons de force électromotrice aux comparaisons du Bureau international.

Le tableau suivant donne les valeurs que les comparaisons précédentes ont permis d'attribuer aux divers groupes voyageurs ainsi qu'aux groupes conservés au Bureau international (groupes sédentaires et groupes appartenant au Bureau).

TABLEAU V.

*Valeurs des groupes exprimées en fonction de  $V_M$   
à la date du 28 janvier 1937.*

<i>Groupes voyageurs.</i>	<i>Groupes sédentaires.</i>
$R_V = 1,018\ 324_9 V_M$	$R = 1,018\ 385_4 V_M$
$S_V = 1,018\ 252_9$	$S_2 = 1,018\ 274_2$
$C_V = 1,018\ 249_8$	$C_1 = 1,018\ 267_4$
$N_V = 1,018\ 242_9$	$N = 1,018\ 235_7$
$E_V = 1,018\ 306_7$	$E = 1,018\ 299_8$
$M_V = 1,018\ 307_0$	$M' = 1,018\ 245_8$

*Groupes du B. I. P. M.*

$$I_1 = 1,018\ 250_4 V_M$$

$$I_A = 1,018\ 234_3$$

$$I_B = 1,018\ 241_3$$

ANNEXE E 16.

TABLEAU A.

Valeurs (au 4 décembre 1936) des étalons de résistance  
(exprimées en ohm absolu provisoire).

<i>Étalons primaires.</i>		<i>Étalons secondaires.</i>	
R (3751)	= 1,000 51 <sub>9</sub> Ω abs.	R" (2836)	= 1,000 64 <sub>0</sub> Ω abs.
S <sub>1</sub> (78)	= 1,000 00 <sub>0</sub>	S <sub>2</sub> (77)	= 0,999 99 <sub>8</sub>
C' (3962)	= 1,000 55 <sub>0</sub>	C" (7414)	= 1,000 52 <sub>3</sub>
N (645)	= 1,000 48 <sub>1</sub>	N' (643)	= 1,000 43 <sub>2</sub>
E <sub>1</sub> (34054)	= 1,000 56 <sub>3</sub>	E <sub>2</sub> (34050)	= 1,000 58 <sub>5</sub>
M (6).	= 1,000 44 <sub>5</sub>	M' (8)	= 1,000 43 <sub>4</sub>

*Étalons témoins.*

S (85)	= 1,000 00 <sub>2</sub> Ω abs.
S' (86)	= 1,000 00 <sub>3</sub>
S" (87)	= 0,999 99 <sub>3</sub>
N <sub>1</sub> (717)	= 1,000 49 <sub>1</sub>
E (2906)	= 1,000 57 <sub>7</sub>
E' (2905)	= 1,000 66 <sub>7</sub>

TABLEAU B.

Valeurs (au 28 janvier 1937) des groupes d'éléments Weston  
(exprimées en volt absolu provisoire).

<i>Groupes voyageurs.</i>	<i>Groupes sédentaires.</i>
R <sub>V</sub> = 1,018 69 <sub>1</sub> V abs.	R = 1,018 75 <sub>2</sub> V abs.
S <sub>V</sub> = 1,018 61 <sub>9</sub>	S <sub>2</sub> = 1,018 64 <sub>1</sub>
C <sub>V</sub> = 1,018 61 <sub>6</sub>	C <sub>1</sub> = 1,018 63 <sub>4</sub>
N <sub>V</sub> = 1,018 60 <sub>9</sub>	N = 1,018 60 <sub>2</sub>
E <sub>V</sub> = 1,018 67 <sub>3</sub>	E = 1,018 66 <sub>6</sub>
M <sub>V</sub> = 1,018 67 <sub>4</sub>	M' = 1,018 61 <sub>2</sub>

*Groupes du B. I. P. M.*

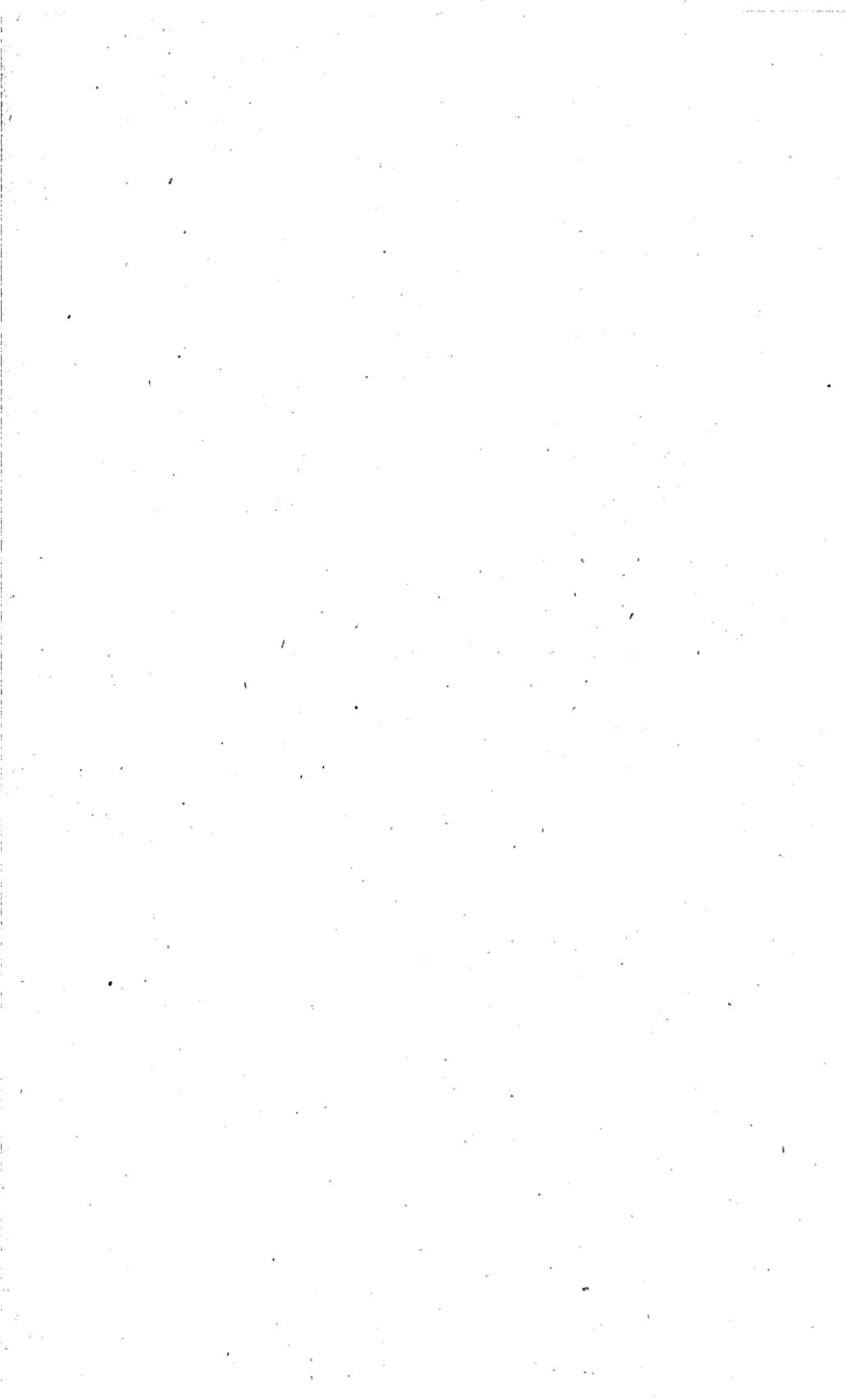
I <sub>1</sub> = 1,018 61 <sub>7</sub> V abs.
I <sub>A</sub> = 1,018 60 <sub>1</sub>
I <sub>B</sub> = 1,018 60 <sub>8</sub>

COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE  
SESSION DE 1937.

---

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

RAPPORT ET ANNEXES.



---

**PRÉSIDENT**

du Comité international des Poids et Mesures :

M. LE SÉNATEUR V. VOLTERRA.

---

**PRÉSIDENT ET MEMBRES**

DU

**COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMETRIE**

POUR LA SESSION DE 1937.

---

*Président :*

M. J. E. SEARS, Superintendant de la Section de Métrologie du National Physical Laboratory.

*Membres :*

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :  
M. W. DZIOBEK, Membre de la Reichsanstalt.

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

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

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

Pour le Laboratoire Électrotechnique, *Tokio* : M. R. YONEDA, Membre du Laboratoire Électrotechnique.

Pour l'Institut de Métrologie, *Leningrad* : M. P. TIKHODEJEV, Chef du Laboratoire photométrique de l'Institut de Métrologie (Absent).

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

M. le Prof. Ch. FABRY, Membre de l'Institut de France, Directeur de l'Institut d'Optique théorique et appliquée, 3 et 5, boulevard Pasteur, *Paris* (15<sup>e</sup>).

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

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

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

*Invités :*

M. Ch.-Éd. GUILLAUME, Directeur honoraire du Bureau international des Poids et Mesures, 14, avenue de Bellevue, *Sèvres*.

M. Ch. VOLET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

M. M. ROUX, Assistant du Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

---

COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE.

---

SESSION DE 1937.

---

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL,

le mardi 15 juin 1937.

PRÉSIDENTIE DE M. J. E. SEARS.

---

Sont présents : MM. BORDONI, CRITTENDEN, DZIOBEK, FABRY, JOJAUST, PÉRARD, WALSH, YONEDA, ZWIKKER, membres du Comité consultatif.

Assistent à la séance : MM. GUILLAUME, VOLET et Roux, invités.

La séance est ouverte à 15<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT informe ses collègues que M. Volterra l'a prié de prendre la présidence du Comité, laissée vacante par le décès de M. Paul Janet.

Il rappelle que le Comité consultatif d'Électricité (et de Photométrie) a été scindé en deux Comités, et que c'est la première fois que le Comité consultatif de Photométrie se réunit séparément. Il est formé par les repré-

sentants des Laboratoires nationaux de six pays : Allemagne, États-Unis d'Amérique, France, Grande-Bretagne, Japon, U. R. S. S., et par des membres nominativement désignés par le Comité international : MM. BORDONI, FABRY, PIRANI, ZWIKKER.

M. le PRÉSIDENT rappelle que M. Jaeger, nommé dès le début Membre d'honneur de notre Comité, est décédé il y a environ un mois. C'était un physicien fort distingué, qui, tout en ne participant pas directement à nos travaux, les suivait de loin avec intérêt. Puis M. SEARS évoque la grande perte de M. Paul Janet, qui se dévouait entièrement au Comité consultatif, dont il a présidé les réunions avec une compétence et une autorité auxquelles il est heureux de rendre hommage. M. le PRÉSIDENT prie les membres du Comité de se lever en signe de deuil.

M. le PRÉSIDENT souhaite ensuite la bienvenue à M. Ch.-Éd. Guillaume, qui prouve par sa présence tout l'intérêt qu'il n'a cessé de porter à nos délibérations.

L'ordre du jour appelant la nomination d'un Secrétaire et d'un Rapporteur, M. le PRÉSIDENT propose de nommer MM. Volet et Bordoni pour remplir ces fonctions. Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. PÉRARD pour la lecture de la liste des documents reçus, dont les copies ont été remises aux membres du Comité.

#### EXAMEN DE LA PROPOSITION TENDANT A L'ADOPTION D'UNE NOUVELLE DÉFINITION DE L'UNITÉ D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

M. le PRÉSIDENT met en discussion le Rapport présenté en commun par le National Bureau of Standards, le National Physical Laboratory et le Laboratoire Central d'Élec-

tricité, sous le titre : « Base proposée pour l'établissement d'une échelle de valeurs de grandeurs photométriques » (Annexe P 1, p. 243).

Le premier paragraphe de ce Rapport rappelle deux principes déjà établis par le Comité international des Poids et Mesures, et ne soulève aucune remarque.

Au sujet des paragraphes 2 et 3 dont il est donné lecture en séance, M. le PRÉSIDENT rappelle que l'U. R. S. S. a fait, dans sa lettre du 2 juin 1937, une proposition analogue. D'après cette lettre on peut admettre que ce pays se rallie à la proposition des trois Laboratoires.

M. PÉRARD appuie cette manière de voir, en précisant que la proposition de l'Institut de Métrologie, tout en concernant le flux lumineux, revient à l'adoption du facteur 60 pour la brillance du radiateur intégral.

M. le PRÉSIDENT demande s'il ne serait pas préférable de donner trois définitions pour le flux, l'intensité lumineuse et la brillance. Après un échange de vues auquel participent tous les membres du Comité, et au cours duquel on relève la difficulté de faire des mesures précises de flux et aussi l'intérêt qu'il y a à conserver une certaine continuité dans les définitions, M. WALSH propose que seule l'intensité lumineuse soit mentionnée dans la définition du nouveau système d'unités lumineuses.

M. DZIOBEK précise ensuite la position de l'Allemagne à l'égard de cette proposition. Ce pays acceptera la nouvelle unité si l'ensemble des autres pays l'adopte.

M. YONEDA remarque que les travaux sur cette question sont assez peu avancés, et qu'il serait peut-être plus opportun de remettre les décisions à 1940.

M. PÉRARD demande à M. Yoneda de faire valoir,

auprès de son Gouvernement, que plusieurs pays insistent pour une solution rapide.

M. YONEDA répond qu'il va immédiatement télégraphier au Japon.

Les autres délégués déclarent se rallier à la proposition.

M. ZWIKKER exprime la satisfaction des petites nations, qui se sont trouvées jusqu'ici gênées par l'absence d'une unité universellement acceptée.

Les représentants des Laboratoires sont priés de rédiger une résolution qui sera présentée au Comité international.

M. le PRÉSIDENT indique qu'il convient maintenant de donner un nom à la nouvelle unité, et de proposer, s'il y a lieu, une abréviation pour l'usage international.

M. FABRY pense que deux possibilités se présentent : soit créer un nom dérivé du grec ou du latin, soit trouver un adjectif pour qualifier la nouvelle bougie.

La création d'un nom entièrement nouveau est tout d'abord écartée. On propose alors successivement les désignations : bougie universelle, bougie nouvelle, bougie 1937, bougie platine, bougie normale, bougie unifiée.

Finalement, le Comité se rallie à la proposition d'appeler « bougie nouvelle » l'unité qui vient d'être définie, avec traduction appropriée dans chaque langue.

Au sujet du choix d'une abréviation, M. JOUAUST remarque qu'on ne peut guère espérer changer les noms usuels, comme : bougie, candle, kerze, candela. Il paraît donc difficile de trouver une lettre qui convienne à tous.

Après avoir pris connaissance des opinions des membres du Comité, M. le PRÉSIDENT relève la difficulté qu'il y a à mettre tout le monde d'accord, et, d'un avis unanime, le

Comité estime qu'il n'y a pas lieu, pour le moment, de proposer une abréviation.

La discussion passe alors à l'examen des recommandations relatives aux étalons photométriques, et aux procédés à mettre en œuvre pour réaliser une échelle de valeurs de grandeurs photométriques.

M. WALSH propose de prendre comme base de discussion le paragraphe 2 de la lettre du 2 juin 1937 de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. (*Voir Annexe P 5, p. 277*).

M. WALSH attire l'attention sur le fait que la méthode des filtres n'est qu'un moyen, le meilleur actuellement connu; mais on pourrait en imaginer d'autres dans l'avenir.

M. CRITTENDEN appuie cette manière de voir et propose d'ajouter « présentement » dans le texte.

M. BORDONI pense que ce texte serait meilleur si l'on précisait qu'il s'agit d'étalons à filament incandescent; mais il n'est pas actuellement sûr que cette méthode soit la meilleure dans tous les cas.

M. WALSH pense qu'il n'est pas illogique de faire usage de cette méthode pour toutes les sources.

M. DZIOBEK est d'avis qu'il vaut mieux spécifier qu'il s'agit d'étalons à filament incandescent.

M. le PRÉSIDENT relit alors le texte complété sous la forme suivante :

« b. Pour assurer aux Instituts métrologiques des différents pays l'uniformité dans la transition du nouvel étalon primaire aux étalons secondaires à *filament incandescent*

présentant un rendement photométrique plus élevé, on adopte *présentement* la méthode des filtres bleus, qui, intercalés entre le photomètre et l'une des sources lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de couleurs identiques sur les deux plages de l'écran photométrique. »

Pour la suite de ce texte, MM. FABRY et DZIOBEK pensent qu'il n'est pas nécessaire d'entrer dans les détails d'une méthode qui est bien connue.

M. le PRÉSIDENT propose alors de supprimer le deuxième paragraphe 2*b*. Adopté.

ORGANISATION D'ÉCHANGE DE LAMPES  
ENTRE LES DIVERS LABORATOIRES.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur les suggestions présentées par le National Physical Laboratory.

M. WALSH informe le Comité que le National Physical Laboratory prépare en ce moment de nouvelles lampes destinées à servir comme étalons secondaires d'intensité à la température de 2360° K.

Le National Physical Laboratory propose que, dans chaque laboratoire, on prépare des lampes semblables, et que ces lampes soient comparées entre elles dans un même laboratoire.

M. CRITTENDEN appuie cette proposition.

M. DZIOBEK déclare qu'il enverra des lampes au laboratoire désigné.

M. CRITTENDEN précise qu'il s'agit évidemment de lampes étalonnées dans la nouvelle unité.

M. DZIOBEK propose que ces lampes soient étalonnées à

deux températures de couleur : celle du corps noir étalon et  $2360^{\circ}\text{K}$ ., afin de permettre d'interpréter les écarts éventuels entre les résultats.

M. WALSH objecte qu'il est difficile d'avoir des lampes étalons fonctionnant à deux régimes.

M. DZIOBEK signale cependant qu'il possède des lampes d'intensité encore suffisante à la plus basse de ces deux températures.

M. CRITTENDEN propose que chaque laboratoire établisse deux séries de lampes.

M. CRITTENDEN pense qu'on pourrait étendre le principe des échanges d'étalons aux lampes à atmosphère gazeuse, surtout en raison de l'intérêt qu'il y aurait à fournir le plus tôt possible de nouveaux étalons à l'industrie de l'éclairage.

M. WALSH fait remarquer que les lampes à  $2800^{\circ}\text{K}$ . sont des étalons de flux, dont l'étude ne ferait que retarder la solution du problème principal.

M. DZIOBEK estime qu'il faudrait fixer une date avant laquelle les étalons à filament de carbone et de tungstène dans le vide devraient être envoyés au Laboratoire qui sera chargé de ces intercomparaisons.

M. CRITTENDEN insiste sur la nécessité de presser ces comparaisons, puisque le changement d'unités est attendu pour 1940.

M. JOUAUST est d'accord avec cette procédure, en remarquant encore que la comparaison des étalons de flux constitue un autre problème, qu'on aurait intérêt à séparer du premier.

M. FABRY pense que ce serait le rôle du Bureau international d'entreprendre les intercomparaisons.

M. PÉRARD répond que le Bureau est tout disposé à prendre en charge les comparaisons ultérieures des étalons photométriques, mais il ne sera pas en état de le faire avant un certain temps; la question devra d'ailleurs être discutée à nouveau.

Le principe de rassembler dans un même Laboratoire deux types de lampes à filament de carbone et de tungstène dans le vide est adopté par tous les délégués.

M. CRITTENDEN déclare que le National Bureau of Standards, qui a fait des comparaisons de lampes à filament de carbone avec le corps noir étalon, est à même de préparer des étalons secondaires, et qu'un délai de deux mois lui suffirait pour cela.

Les autres délégués demandent un délai plus long.

M. le PRÉSIDENT propose de fixer au commencement de 1938 la date des intercomparaisons projetées.

La prochaine séance est fixée au mercredi 16, à 15<sup>h</sup>, au Laboratoire Central d'Électricité.

La séance est levée à 17<sup>h</sup> 5<sup>m</sup>.

---

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ,

le mercredi 16 juin 1937.

PRÉSIDENTE DE M. J. E. SEARS.

---

Sont présents : MM. BORDONI, CRITTENDEN, DZIOBEK, FABRY, JOUAUST, PÉRARD, WALSH, YONEDA, ZWIKKER.

Assistent à la séance : MM. VOLET et ROUX.

La séance est ouverte à 15<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT donne la parole au secrétaire pour la lecture du procès-verbal de la première séance. Après quelques modifications de détail demandées par MM. Bordoni, Pérard et Sears, le procès-verbal est adopté.

M. PÉRARD signale que le Comité international n'a pas établi un règlement spécial pour le Comité consultatif de Photométrie, et demande si l'on peut admettre que le règlement initial du Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie doit lui être appliqué. Cette interprétation est admise par le Comité.

M. PÉRARD ajoute qu'il paraît indiqué, en l'absence du délégué de l'U. R. S. S., d'envoyer les procès-verbaux des séances à l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., et de demander au Président de cet Institut s'il n'a pas d'objec-

tion à faire quant aux citations de documents envoyés par l'U. R. S. S. et à l'interprétation donnée aux propositions russes.

Le Comité approuve cette procédure.

L'ordre du jour appelle alors l'examen des projets de résolutions qui ont été rédigés par les représentants des Laboratoires nationaux dans une réunion tenue le matin.

M. le PRÉSIDENT prie M. VOLET de donner lecture du paragraphe 1 du projet de résolution I, concernant l'unité d'intensité lumineuse.

M. PÉRARD propose de préciser que le terme « bougie nouvelle » peut être traduit textuellement dans chaque langue.

M. YONEDA fait part du télégramme qu'il a reçu, par lequel M. Jimbo l'informe que le Japon acceptera la nouvelle unité sous certaines réserves. Celles-ci étant formulées dans le télégramme d'une façon trop brève, M. Yoneda, n'étant pas sûr d'interpréter fidèlement les intentions de son Gouvernement, déclare qu'il préfère s'abstenir. Dans l'échange de vues qui suit, M. YONEDA précise que son abstention n'a aucun caractère défavorable, bien au contraire.

Sous cette réserve, M. SEARS met aux voix le paragraphe 1, qui est adopté à l'unanimité des votants.

M. VOLET donne lecture du paragraphe 2a.

M. JOUAUST explique qu'on a juxtaposé dans le texte les mots *visibilité* et *luminosité*, parce que le premier a été en général employé précédemment dans les Procès-Verbaux du Comité international, alors qu'il y a tendance actuellement, en particulier à la Commission de l'Éclairage, à adopter le second terme.

M. WALSH estime que le mot *luminosité* est préférable à *visibilité*.

M. CRITTENDEN est du même avis, mais ne voit pas d'inconvénient à mettre les deux mots.

Le paragraphe 2 b ne donnant lieu à aucune observation, l'ensemble du projet est adopté sous la forme suivante :

#### RÉSOLUTION I.

« 1. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1940, l'unité  
« d'intensité lumineuse sera telle que la brillance du  
« radiateur intégral à la température de solidification  
« du platine soit de 60 unités d'intensité par centi-  
« mètre carré.

« Cette unité sera appelée la « bougie nouvelle », avec  
« traduction appropriée dans les autres langues.

« 2 a. Les valeurs des grandeurs photométriques  
« des sources lumineuses ayant une couleur autre que  
« celle de l'étalon primaire seront déterminées par un  
« procédé tenant compte de la courbe des facteurs de  
« visibilité (*luminosité*) adoptée par le Comité inter-  
« national des Poids et Mesures.

« b. Pour assurer aux instituts métrologiques des  
« différents pays l'uniformité dans le procédé de  
« passage du nouvel étalon primaire aux étalons  
« secondaires à filament incandescent présentant un  
« rendement photométrique plus élevé, on adopte  
« présentement la méthode des filtres bleus qui,  
« intercalés entre le photomètre et l'une des sources  
« lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de  
« couleur identique sur les deux plages de l'écran  
« photométrique. »

Lecture est donnée du projet de résolution II.

M. SEARS demande une légère modification de rédaction de façon à préciser la date à laquelle les étalons seront réunis. A propos de la désignation du N. P. L. pour effectuer ces intercomparaisons, il informe le Comité que les délégués de ce laboratoire n'ont pas reçu d'instructions pour accepter ce rôle, mais qu'il a écrit pour mettre M. le Directeur du N. P. L. au courant du désir exprimé par le Comité. M. SEARS, en rappelant l'importance du travail à entreprendre, espère que le N. P. L. pourra néanmoins en assumer la charge.

M. JOUAUST rend hommage au National Physical Laboratory qui, en 1910, a déjà prêté son concours au National Bureau of Standards et au Laboratoire Central d'Électricité, pour l'établissement de la bougie « internationale ».

Le texte mis au point est adopté sous la forme suivante :

#### RÉSOLUTION II.

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

*Il est demandé que ces lampes soient envoyées avant le 1<sup>er</sup> avril 1938 au National Physical Laboratory en vue des comparaisons à exécuter entre elles.*

On donne ensuite lecture du projet de résolution III.

M. JOUAUST indique qu'en rédigeant ce texte, les représentants des Laboratoires ont un peu anticipé sur le travail qui leur était demandé.

M. le PRÉSIDENT remarque que le texte proposé ne fixe aucune date pour l'envoi au N. P. L. des lampes au tungstène dans le vide. Doit-on comprendre que la date est la même que pour les deux autres séries de lampes (1<sup>er</sup> avril 1938), ou est-elle indéterminée ?

M. DZIOBEK répond que le délai n'a pas été indiqué, parce que le travail de préparation de ces trois lampes est moindre que celui nécessité par les deux groupes de six lampes.

M. PÉRARD fait observer que des décisions à ce sujet ont déjà été prises en 1933 par le Comité international (voir *Procès-Verbaux*, p. 66 et p. 165), et que le Comité, dans la rédaction actuelle, ne doit pas les passer sous silence. Il propose une modification du projet dans ce sens.

M. ZWIKKER demande si la décision de 1933 a été suivie d'un commencement d'exécution.

M. DZIOBEK signale que la P. T. R. et le L. C. E. ont en effet échangé des lampes.

M. PÉRARD espère qu'en désignant un laboratoire chargé de grouper les résultats, on obtiendra l'exécution des échanges plus régulièrement.

M. DZIOBEK propose de demander l'envoi des lampes pour le 1<sup>er</sup> avril 1938. Il ajoute que cet échange est particulièrement important au point de vue pratique pour la diffusion des nouvelles unités d'intensité et de flux lumineux.

M. le PRÉSIDENT met aux voix le texte définitif, qui est adopté comme suit :

### RÉSOLUTION III.

*Par une légère modification au troisième vœu voté par le Comité international dans sa session de 1933*

(*Procès-Verbaux*, p. 66 et p. 165), le Comité consultatif demande aux Laboratoires nationaux de déterminer, pour trois lampes au tungstène dans le vide, le rapport entre l'intensité lumineuse dans une direction spécifiée et l'intensité moyenne sphérique, et il les prie d'envoyer ces lampes au National Physical Laboratory avant le 1<sup>er</sup> avril 1938.

M. le PRÉSIDENT demande maintenant au Comité de donner son avis sur la date de la prochaine session.

M. PÉRARD propose que l'on adopte la même époque que celle du Comité d'Électricité.

M. le PRÉSIDENT rappelle que l'avis du Comité consultatif n'est demandé qu'à titre de renseignement; c'est en effet le Comité international des Poids et Mesures qui décide en dernier ressort.

Avec cette réserve, le Comité exprime sa préférence pour fin mai 1939.

*Documents à publier dans les « Procès-Verbaux ».*

— M. PÉRARD désire savoir quels sont les documents que le Comité tient à faire paraître dans les *Procès-Verbaux*, soit *in extenso*, soit en résumé. Il rappelle qu'en principe, le Comité international désire n'insérer *in extenso* dans ses *Procès-Verbaux* que des documents inédits. On donne alors la liste des documents à insérer aux *Procès-Verbaux*.

M. le PRÉSIDENT rappelle qu'il reste à examiner la lettre du Ministre des Affaires Économiques de Belgique (voir Annexe P 6, p. 280), qui insiste sur l'importance d'une décision rapide, et conclut en demandant que le Bureau international commence prochainement à faire des comparaisons photométriques.

M. PÉRARD en commentant cette lettre, signale que le Bureau fédéral des Poids et Mesures de Berne a rédigé une demande dans le même sens (*voir* Annexe P 6, p. 284), et qu'il a été informé officieusement d'autre part que la Hongrie allait formuler un désir analogue (*voir* Annexe P 6, p. 282). Tout en soulignant que la compétence administrative de notre Comité ne l'autorise pas à prendre une décision, M. Pérard pense que la grande autorité de ses membres lui permet d'émettre au moins un vœu.

M. BORDONI estime qu'il serait utile que le Bureau international puisse procéder à de telles recherches, et que son action serait très efficace, comme elle a été pour les comparaisons électriques.

MM. CRITTENDEN et YONEDA ne font pas d'objections.

M. DZIOBEK exprime l'avis que le rôle de coordination rempli par le Bureau international implique nécessairement qu'il doive posséder un laboratoire approprié aux mesures photométriques.

M. JOUAUST signale que certains pays lui ont déjà demandé des étalons français, et que dans l'état actuel, ces étalons peuvent différer légèrement d'étalons allemands ou anglais. Il y aurait donc avantage à ce que des déterminations puissent être faites par le Bureau international.

M. WALSH est d'accord avec ce point de vue.

M. ZWIKKER en appuyant dans le même sens, déclare que les petites nations qui n'ont pas la possibilité d'avoir des laboratoires spécialisés verraient avec satisfaction la création d'un laboratoire de photométrie au Bureau international.

M. le PRÉSIDENT déclare qu'il est lui-même d'avis qu'un tel laboratoire serait très utile. Mais il se demande si

toutes ces activités nouvelles qu'on exige du Bureau international ne risquent pas, en dispersant ses efforts, de diminuer l'autorité que celui-ci s'est acquise dans le domaine de ses attributions primitives.

M. le PRÉSIDENT remarque que les membres du Comité sont unanimes à trouver désirable la création d'un laboratoire de photométrie au Bureau international. Il n'estime pas nécessaire de rédiger sur ce point un projet de résolution. MM. les membres partagent cet avis.

M. DZIOBEK suggère qu'en raison de leur intérêt exceptionnel, les décisions prises par le Comité de Photométrie soient portées à la connaissance de tous les pays intéressés dès que le Comité international les aura examinées, et avant la publication définitive des *Procès-Verbaux*.

M. PÉRARD se propose de faire établir un résumé condensé comprenant les résolutions adoptées par les Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie, et de communiquer ce résumé aux intéressés le plus tôt possible.

L'ordre du jour de la session étant épuisé, le Comité décide de ne pas se réunir à nouveau, et délègue ses pouvoirs à son Président pour l'approbation du procès-verbal de la présente séance.

M. FABRY croit exprimer les sentiments unanimes de ses collègues en remerciant M. Sears, qui a présidé cette session de façon remarquable, et a permis au Comité d'arriver à un résultat important. Le Comité s'associe tout entier aux paroles de M. Fabry.

M. le PRÉSIDENT remercie le Comité, et déclare la session close.

La séance est levée à 17<sup>h</sup>.

---

---

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

Par M. U. BORDONI, Rapporteur.

---

Le Comité consultatif de Photométrie s'est réuni pour la première fois, à Paris, les 15 et 16 juin 1937. En plus du Président du Comité, M. J. E. Sears, étaient présents : MM. Bordoni, Crittenden, Dziobek, Fabry, Jouaust, Pérard, Walsh, Yoneda, Zwikker.

Étaient invités : MM. Guillaume, Volet, Roux.

Étaient absents : MM. Pirani, Tikhodejev.

M. Sears, ouvrant la première session du Comité, prononça une allocution, dans laquelle il déplora avec émotion le décès du Président du Comité, M. P. Janet, et rappela les grands mérites de cet éminent savant, dont le nom est lié si étroitement aux travaux du Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie, et auquel il a succédé sur invitation de M. le Sénateur Volterra, Président du Comité international des Poids et Mesures. Il déplora aussi le décès du très distingué physicien Jaeger, nommé dès le début Membre d'honneur du Comité, souhaita la bienvenue à M. Guillaume, qui prouve, par sa présence, tout l'intérêt qu'il porte aux questions photométriques, et

proposa M. Volet comme Secrétaire (pour la rédaction des Procès-Verbaux), et M. Bordoni comme Rapporteur, à l'assentiment unanime des délégués.

Avant d'aborder la discussion des questions figurant à l'ordre du jour, M. le Président donna un court aperçu historique sur les événements qui ont conduit à l'institution du Comité consultatif de Photométrie — dont il rappela la composition — et signala l'importance et l'urgence des délibérations à prendre. Il donna ensuite la parole à M. Pérard pour la lecture de la liste des documents reçus par le Comité, dont des copies ont été remises aux Membres.

On aborda ensuite la discussion de la première question à l'ordre du jour :

I. — EXAMEN DE LA PROPOSITION TENDANT A L'ADOPTION  
D'UNE NOUVELLE UNITÉ D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

Sur cette question, le N. B. S., le N. P. L. et le L. C. E. avaient rédigé, d'un commun accord, les propositions suivantes (décembre 1936) :

« 1. Le Comité international des Poids et Mesures a  
« établi deux principes qu'il convient de suivre dans  
« l'établissement d'une échelle de valeurs de grandeurs  
« photométriques à partir d'un étalon primaire.

« Ces principes sont les suivants :

« *a.* L'étalon primaire d'intensité de lumière est dérivé  
« de la brillance d'un radiateur intégral (corps noir) à la  
« température de solidification du platine.

« *b.* Les valeurs des grandeurs photométriques des  
« sources lumineuses ayant une couleur autre que celle  
« de l'étalon primaire seront déterminées par un procédé

« tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité  
« adoptée par le Comité.

« La fixation de la brillance du corps noir dans les  
« conditions spécifiées plus haut suffit donc maintenant  
« pour l'établissement d'une échelle de valeurs de gran-  
« deurs photométriques.

« 2. *A priori*, il semblerait naturel d'attribuer à la  
« brillance du radiateur intégral, dans les conditions  
« spécifiées, une valeur numérique choisie de manière  
« à conserver l'unité d'intensité lumineuse établie en 1909  
« par la France, la Grande-Bretagne et les États-Unis  
« (unité maintenue depuis cette date au moyen de lampes  
« à filament de carbone) et qui avait été dénommée « bou-  
« gie internationale ».

« En fonction de cette unité, les déterminations déjà  
« effectuées de la brillance du radiateur intégral à la  
« température de solidification du platine conduisent à  
« la valeur de 58,9 bougies internationales par centimètre  
« carré.

« 3. Il semble qu'à l'heure actuelle tous les pays  
« seraient disposés à se rallier à un étalon commun  
« d'intensité lumineuse, déterminé d'après les principes  
« indiqués plus haut, si l'on renonçait à l'emploi de la  
« bougie internationale pour lui substituer une unité  
« nouvelle telle que la brillance du radiateur intégral,  
« dans les conditions indiquées, fût de 60 unités nouvelles  
« d'intensité par centimètre carré.

« Il est évident que cette décision imposerait aux labo-  
« ratoires de nombreuses comparaisons entre l'étalon  
« primaire et leurs étalons actuels pour leur permettre  
« de fixer la valeur de ces étalons en fonction de la nou-

« velle unité. Mais nous savons que plusieurs laboratoires  
« nationaux se sont mis en état d'effectuer ce travail.

« 4. C'est au Comité consultatif de Photométrie, institué  
« près le Comité international des Poids et Mesures, qu'il  
« incombe de formuler des recommandations relativement  
« aux étalons photométriques et aux procédés à mettre en  
« œuvre pour la réalisation d'une échelle de valeurs de  
« grandeurs photométriques.

« En attendant la prochaine réunion de ce Comité, qui  
« doit avoir lieu en 1937, les laboratoires nationaux  
« chargés de l'établissement et de la conservation des  
« unités présentent les propositions suivantes en deman-  
« dant qu'elles soient soumises par correspondance à tous  
« les membres du Comité consultatif pour qu'ils puissent  
« se préparer à donner leur avis à cette réunion.

#### *Propositions :*

« a. L'unité d'intensité lumineuse est telle que la  
« brillance du radiateur intégral à la température de  
« solidification du platine soit de 60 unités d'intensité  
« par centimètre carré.

« Cette unité est appelée la « bougie ».

« b. Les valeurs des grandeurs photométriques des  
« sources de lumière de couleur différente de celle de  
« l'étalon primaire sont déduites de celle de cet étalon  
« par l'utilisation de filtres qui, intercalés entre le photo-  
« mètre et l'une des sources lumineuses à comparer, réta-  
« blissent la sensation de couleurs identiques sur les deux  
« plages de l'écran photométrique.

« Le facteur de transmission de ces filtres doit être  
« déterminé en calculant le facteur de transmission  
« totale en fonction de la courbe de transmission spec-

« trale, en utilisant dans ce calcul la courbe des facteurs  
« de visibilité adoptée par le Comité international des  
« Poids et Mesures.

« Les observateurs devront être choisis de telle sorte  
« et les conditions d'observation devront être telles que la  
« moyenne des résultats représente ce qu'obtiendrait un  
« observateur dont l'œil serait identique à celui que  
« définit la courbe de facteurs de visibilité mentionnée  
« ci-dessus. »

Ces propositions donnèrent lieu à des observations, en date des 28 février 1937 et 2 juin 1937, adressées par l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. au Président du Comité consultatif de Photométrie. Avec la seconde de ces deux communications, l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. se ralliait, en principe, aux propositions rédigées par le N. B. S., le N. P. L. et le L. C. E., et suggérait de plus que le Comité consultatif de Photométrie saisît cette occasion pour reconstruire tout le système des grandeurs photométriques, en le basant non pas sur l'unité d'intensité lumineuse (la bougie), mais sur l'unité de flux lumineux (le lumen), pour laquelle il proposait la définition suivante : « l'unité de flux lumineux (le lumen) est le flux lumineux émis par un radiateur intégral, à la température de solidification du platine, d'une aire de  $0,005305$  centimètre carré (on a  $0,005305 = 1/\pi \cdot 60$ ) ». Le même Institut précisait aussi que les conclusions communiquées étaient préliminaires et que son délégué au Comité consultatif aurait plein pouvoir de communiquer les conclusions définitives, après avoir pris connaissance de tous les détails de la question aux séances du Comité.

Dans le mois de mai 1937, le Président du Comité consultatif de Photométrie avait reçu aussi du Laboratoire

Électrotechnique de Tokio (Ministère des Communications, Japon), des propositions dans lesquelles celui-ci exprimait le désir de voir retardées soit l'adoption de la nouvelle unité d'intensité lumineuse, soit la fixation définitive de la méthode de photométrie hétérochrome, attendu que les travaux sur ces questions n'étaient pas encore achevés dans quelques laboratoires.

Il faut remarquer que, en avril, le N. P. L. avait envoyé au Comité consultatif des mémoires scientifiques importants sur quelques points de la question de l'unité primaire d'intensité lumineuse, et que des notes scientifiques étaient annexées aussi à la lettre du 28 février 1937 de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. et aux communications du L. E. T. de Tokio.

En ouvrant la discussion, M. le Président rappela les propositions de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. (lettre du 2 juin 1937), et suggéra, avec l'assentiment unanime, que, en l'absence des délégués de ce pays, on pouvait admettre que ces propositions étaient définitives.

M. Dziobek précisa la position de l'Allemagne à l'égard de la question; ce pays acceptera la nouvelle unité d'intensité lumineuse si l'ensemble des autres pays l'adopte.

M. Yoneda, après avoir exprimé dans la première séance le désir de voir retarder les décisions jusqu'à 1940, et avoir ensuite télégraphié au Japon pour faire valoir, auprès de son Gouvernement, que plusieurs pays insistaient pour une solution rapide, déclara dans la deuxième séance que son pays accepterait la nouvelle unité d'intensité lumineuse sous certaines réserves; que toutefois il préférerait s'abstenir de voter, attendu que les réserves étaient formulées d'une façon par trop brève dans le télégramme de réponse et qu'il n'était pas sûr d'interpréter fidèlement les intentions de son Gouvernement. M. Yoneda

précisa aussi que son abstention n'avait aucun caractère défavorable, bien au contraire.

Après avoir demandé leur avis aux autres délégués, M. le Président constata que, à part l'abstention de M. Yoneda, tout le monde était favorable à l'adoption de la nouvelle unité d'intensité lumineuse.

On discuta ensuite la dénomination de cette nouvelle unité, attendu que la nécessité d'éviter toute confusion empêche de conserver la dénomination ancienne de « bougie internationale » (et ses traductions dans chaque langue). Après avoir examiné plusieurs possibilités (MM. Fabry, Walsh, Pérard, Bordoni, Zwikker, Crittenden, Dziobek), on reconnut qu'il était préférable de conserver le mot « bougie » (et ses traductions), mais avec un adjectif caractéristique qui pourra être omis lorsque la crainte de toute confusion sera écartée; et l'on adopta, à l'unanimité, l'adjectif « nouvelle ».

M. le Président demanda encore l'avis des délégués sur la suggestion de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. de reconstruire le système des grandeurs photométriques en prenant comme point de départ l'unité de flux lumineux, définie, naturellement, en accord avec la définition de la « bougie nouvelle ».

La discussion (MM. Fabry, Pérard, Bordoni, Walsh, Crittenden, Dziobek) fit ressortir que la manière de voir de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. était parfaitement raisonnable au point de vue de l'enchaînement rationnel des grandeurs photométriques, et qu'elle avait été déjà exposée aussi par d'autres savants; que toutefois, à présent, il s'agissait essentiellement de la définition expérimentale d'une unité photométrique étalon, et que, au point de vue expérimental, la question de la définition de l'unité du flux apparaissait moins simple et pas encore aussi sûre que la définition de l'unité d'intensité lumi-

neuse. En conclusion, on décida de se borner momentanément à la définition de la nouvelle unité d'intensité lumineuse; et, bien considérés tous les détails de la question, la proposition de son adoption officielle à la date du 1<sup>er</sup> janvier 1940 obtint l'assentiment unanime.

A l'invitation de M. le Président, le Comité consultatif de Photométrie, dans la séance du 16 juin, prit donc à l'unanimité, avec l'abstention déjà mentionnée et expliquée de M. Yoneda, la résolution suivante :

*1<sup>o</sup> A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1940, l'unité d'intensité lumineuse sera telle que la brillance du radiateur intégral, à la température de solidification du platine, soit de 60 unités d'intensité par centimètre carré.*

*Cette unité sera appelée la « bougie nouvelle » (avec traduction appropriée dans les autres langues).*

Dès la première séance, M. le Président avait aussi invité le Comité consultatif à aborder la question des recommandations relatives aux étalons photométriques, et aux procédés à mettre en œuvre pour réaliser dans les laboratoires des différents pays l'uniformité dans la transition du nouvel étalon primaire aux étalons secondaires émettant une lumière d'une couleur différente.

La discussion fit ressortir que la méthode des filtres, suggérée par le N. B. S., le N. P. L. et le L. C. E., et acceptée par l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. (dans la lettre du 2 juin 1937), recueillait aussi, en principe, l'assentiment des autres délégués; que toutefois (MM. Walsh, Bordoni, Crittenden, Fabry), cette méthode n'étant pas la seule méthode possible, si les recherches déjà accomplies avaient démontré que l'emploi des filtres est le meilleur moyen pratique actuellement connu dans le cas de la transition du nouvel étalon primaire aux étalons secondaires envisagés jusqu'ici (lampes électriques

à filament incandescent), il aurait été prématuré de généraliser cette conclusion en l'étendant sans réserve à tous les cas possibles; qu'il convenait, donc, de rédiger la résolution de manière à éviter les doutes.

A la suggestion de M. Walsh, M. le Président invita le Comité consultatif à prendre comme base de discussion la première partie du paragraphe 2 de la lettre du 2 juin de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.; car la seconde partie du paragraphe contenait des précisions que l'on pouvait (MM. Fabry, Dziobek) considérer comme non nécessaires.

Après avoir retouché le texte du paragraphe dans le sens mentionné, le Comité consultatif, à l'invitation de M. le Président, dans la séance du 16 juin, prit à l'unanimité la résolution suivante (qui complète la résolution déjà mentionnée) :

*2° a. Les valeurs des grandeurs photométriques des sources lumineuses ayant une couleur autre que celle de l'étalon primaire seront déterminées par un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité (luminosité) adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.*

*b. Pour assurer aux Instituts métrologiques des différents pays l'uniformité dans le procédé de passage du nouvel étalon primaire aux étalons secondaires à filament incandescent présentant un rendement photométrique plus élevé, on adopte présentement la méthode des filtres bleus qui, intercalés entre le photomètre et l'une des sources lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de couleur identique sur les deux plages de l'écran photométrique.*

L'ensemble des deux résolutions adoptées par le Comité

consultatif, et se rapportant au point 1 de l'ordre du jour, forme la Résolution I.

M. Zwikker exprima la satisfaction des petites nations, qui se sont trouvées jusqu'ici particulièrement gênées par l'absence d'une unité photométrique universellement acceptée.

Le point 2 de l'ordre du jour était ainsi libellé :

2. « Organisation d'échange, entre les divers Laboratoires, de lampes fonctionnant à  $2360^{\circ}$  K., étalonnées en fonction de l'étalon primaire en utilisant les filtres bleus remis aux Laboratoires (demande du N. P. L.).  
« Examen des résultats déjà acquis. »

A l'invitation de M. le Président, M. Walsh informa le Comité consultatif que le N. P. L. était en train de préparer des lampes destinées à servir d'étalons secondaires d'intensité à la température de  $2360^{\circ}$  K.; et qu'il proposait, d'accord avec M. Crittenden, que des lampes semblables fussent préparées et étalonnées, dans chaque Laboratoire, dans la nouvelle unité, puis envoyées toutes à un seul Laboratoire pour une comparaison entre elles.

M. Dziobek proposa l'étalonnage de chaque lampe à deux températures de couleur, celle du radiateur intégral étalon, et  $2360^{\circ}$  K., afin de faciliter l'interprétation des écarts éventuels entre les résultats.

Après l'observation (Walsh) qu'il était difficile d'avoir des lampes étalons fonctionnant à deux régimes, on adopta la suggestion de M. Crittenden de préparer deux séries de lampes pour l'étalonnage aux deux températures proposées par M. Dziobek; et l'on décida aussi de considérer momentanément comme prématurée l'extension du principe des échanges d'étalons aux lampes à atmo-

sphère gazeuse, extension dont l'utilité avait été signalée par M. Crittenden.

M. le Président ayant constaté l'accord entre tous les délégués sur le principe de rassembler dans un même Laboratoire les deux séries de lampes à comparer, proposa, à l'assentiment unanime, les premiers mois de 1938 comme une date convenable pour l'envoi des lampes. En présence de la tendance générale à inviter le N. P. L. à se charger des comparaisons, M. Sears informa le Comité consultatif que les délégués de ce laboratoire n'avaient pas reçu d'instructions pour accepter ce rôle, mais qu'il allait écrire au Directeur du N. P. L. et qu'il espérait une réponse affirmative.

A l'invitation de M. le Président, le Comité consultatif prit alors, à l'unanimité, dans la séance du 16 juin, la Résolution (II) suivante :

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

*Il est demandé que ces lampes soient envoyées avant le 1<sup>er</sup> avril 1938 au National Physical Laboratory en vue des comparaisons à exécuter entre elles.*

Le point 3 de l'ordre du jour était ainsi libellé :

3. « Organisation d'échange, entre les laboratoires, de  
« lampes pour lesquelles on aurait déterminé le rapport  
« entre le flux lumineux et l'intensité dans une direction  
« donnée. Examen des résultats déjà acquis. »

Après une courte discussion sur ce point, ouverte à son invitation, M. le Président put constater que les

délégués étaient d'accord soit sur le principe de rassembler toutes les lampes dans un même laboratoire, en vue des comparaisons à exécuter, soit dans la tendance à inviter le N. P. L. à se charger aussi de ces comparaisons; et qu'ils considéraient convenable de substituer à la considération du flux lumineux celle de l'intensité lumineuse moyenne sphérique, et suffisant que chaque laboratoire prépare trois lampes au tungstène dans le vide en vue de l'envoi avant le 1<sup>er</sup> avril 1938.

Le Comité consultatif prit alors, à l'unanimité, dans la séance du 16 juin, la Résolution (III) suivante :

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

Dans la séance du 16 juin, M. le Président rappela qu'il restait à examiner la lettre du Ministre des Affaires Économiques de Belgique, qui, après avoir insisté sur l'importance d'une décision rapide, demandait que le Bureau international commence prochainement à faire des comparaisons photométriques.

M. Pérard signala que le Bureau fédéral des Poids et Mesures de Berne avait rédigé une demande dans le même sens et que la Hongrie allait formuler un désir analogue. Tout en soulignant que la compétence administrative du Comité consultatif ne l'autorisait pas à prendre des décisions en cette matière, M. Pérard exprima l'opinion que le Comité pouvait émettre au moins un vœu.

A l'invitation de M. le Président, tous les délégués exprimèrent alors leur avis sur la question; et l'on put constater qu'ils étaient unanimes à trouver désirable la création d'un laboratoire de photométrie au Bureau international des Poids et Mesures. M. le Président, se ralliant aussi à cet avis, et soulignant l'unanimité des opinions, estima toutefois, à l'assentiment des membres du Comité, qu'il n'était pas nécessaire de rédiger sur ce point un projet de résolution.

M. Dziobek suggéra qu'en raison de leur intérêt, les décisions prises par le Comité consultatif de Photométrie soient portées à la connaissance de tous les pays intéressés dès que le Comité international les aurait examinées, et avant la publication définitive des *Procès-Verbaux*.

A l'invitation de M. le Président, M. Pérard déclara alors qu'il se proposait de faire établir un résumé comprenant les résolutions adoptées par les Comités consultatifs d'Électricité et de Photométrie, et de communiquer ce résumé aux intéressés le plus tôt possible; et le Comité manifesta son assentiment.

A la demande de M. Pérard, le Comité consultatif se prononça sur les documents à faire paraître dans les *Procès-Verbaux*, soit *in extenso*, soit en résumé.

M. le Président demanda ensuite au Comité de donner son avis sur la date de la prochaine session, rappelant toutefois que la décision définitive est du ressort du Comité international des Poids et Mesures.

Le Comité consultatif exprima sa préférence pour l'époque à laquelle se réunira le Comité consultatif d'Électricité, et souhaite que ce fût fin mai 1939.

L'ordre du jour de la session ayant été épuisé dans la

séance du 16 juin, le Comité décida de ne pas se réunir à nouveau.

M. Fabry, se faisant l'interprète des membres du Comité consultatif, exprima leurs remerciements à M. Sears, qui avait présidé la session d'une façon si remarquable et permis au Comité d'arriver à des résultats très importants.

M. le Président remercia le Comité et déclara la session close.

---

ANNEXE P1.

National Bureau of Standards, National Physical Laboratory  
et Laboratoire Central d'Électricité.

---

## BASE PROPOSÉE

POUR

### L'ÉTABLISSEMENT D'UNE ÉCHELLE DE VALEURS DE GRANDEURS PHOTOMÉTRIQUES.

PROPOSITION FAITE AU NOM DES TROIS LABORATOIRES  
(transmise par lettre du 14 décembre 1936).

---

1. Le Comité international des Poids et Mesures a établi deux principes qu'il convient de suivre dans l'établissement d'une échelle de valeurs de grandeurs photométriques à partir d'un étalon primaire.

Ces principes sont les suivants :

*a.* L'étalon primaire d'intensité de lumière est dérivé de la brillance d'un radiateur intégral (corps noir) à la température de solidification du platine.

*b.* Les valeurs des grandeurs photométriques des sources lumineuses ayant une couleur autre que celle de l'étalon primaire seront déterminées par un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité.

La fixation de la brillance du corps noir dans les conditions spécifiées plus haut suffit donc maintenant pour l'établissement d'une échelle de valeurs de grandeurs photométriques.

2. *A priori* il semblerait naturel d'attribuer à la brillance du radiateur intégral dans les conditions spécifiées une valeur

numérique choisie de manière à conserver l'unité d'intensité lumineuse établie en 1909 par la France, la Grande-Bretagne et les États-Unis (unité maintenue depuis cette date au moyen de lampes à filament de carbone) et qui avait été dénommée « bougie internationale ».

En fonction de cette unité, les déterminations déjà effectuées de la brillance du radiateur intégral à la température de solidification du platine conduisent à la valeur de 58,9 bougies internationales par centimètre carré.

3. Il semble qu'à l'heure actuelle tous les pays seraient disposés à se rallier à un étalon commun d'intensité lumineuse déterminé d'après les principes indiqués plus haut, si l'on renonçait à l'emploi de la bougie internationale, pour lui substituer une unité nouvelle, telle que la brillance du radiateur intégral, dans les conditions indiquées, fût de 60 unités nouvelles d'intensité par centimètre carré.

Il est évident que cette décision imposerait aux laboratoires de nombreuses comparaisons entre l'étalon primaire et leurs étalons actuels, pour leur permettre de fixer la valeur de ces étalons en fonction de la nouvelle unité. Mais nous savons que plusieurs des laboratoires nationaux se sont mis en état d'effectuer ce travail.

4. C'est au Comité consultatif de Photométrie, institué auprès du Comité international des Poids et Mesures, qu'il incombe de formuler des recommandations relativement aux étalons photométriques et aux procédés à mettre en œuvre pour la réalisation d'une échelle de valeurs de grandeurs photométriques.

En attendant la prochaine réunion de ce Comité, qui doit avoir lieu en 1937, les laboratoires nationaux chargés de l'établissement et de la conservation des unités présentent les propositions suivantes, en demandant qu'elles soient soumises par correspondance à tous les membres du Comité consultatif, pour qu'ils puissent se préparer à donner leur avis à cette réunion.

#### PROPOSITIONS.

α. L'unité d'intensité lumineuse est telle que la brillance du radiateur intégral à la température de solidification du platine soit de 60 unités d'intensité par centimètre carré.

Cette unité est appelée la « bougie ».

b. Les valeurs des grandeurs photométriques des sources de lumière de couleur différente de celle de l'étalon primaire sont déduites de celle de cet étalon par l'utilisation de filtres qui, intercalés entre le photomètre et l'une des sources lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de couleurs identiques sur les deux plages de l'écran photométrique.

Le facteur de transmission de ces filtres doit être déterminé en calculant le facteur de transmission totale en fonction de la courbe de transmission spectrale, en utilisant dans ce calcul la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.

Les observateurs devront être choisis de telle sorte et les conditions d'observation devront être telles que la moyenne des résultats représente ce qu'obtiendrait un observateur dont l'œil serait identique à celui que définit la courbe de facteurs de visibilité mentionnée ci-dessus.



ANNEXE P 2.

National Physical Laboratory.

---

SUGGESTIONS

CONCERNANT

L'ÉCHANGE D'ÉTALONS SECONDAIRES

D'INTENSITÉ LUMINEUSE

A LA TEMPÉRATURE DE COULEUR DE 2360°K.

---

1. Actuellement on prépare, au National Physical Laboratory, un nouveau groupe de lampes destinées à servir comme étalons secondaires d'intensité lumineuse à la température de couleur de 2360° K. Ces lampes seront mesurées par comparaisons : *a.* avec les anciennes lampes à filament de carbone, qui sont actuellement étalons secondaires, à la température de couleur de 2020° K (environ); *b.* avec des lampes à filament de tungstène, sous-voltées, qui ont été comparées avec l'étalon primaire. Pour ces deux comparaisons, on utilisera le verre bleu international.

2. Aussitôt que ces nouveaux étalons secondaires auront été mesurés, comme il est indiqué ci-dessus, on obtiendra les valeurs : *a.* de trois lampes à filament de tungstène reçues du Bureau of Standards en 1935; *b.* d'autres lampes que le Bureau of Standards a proposé d'envoyer dans le courant de la présente année.

3. On suggère que chaque laboratoire national prépare au moins six lampes, mesurées en fonction de ces étalons secondaires, à une température de couleur de 2360° K, et que toutes ces lampes soient comparées à *un seul laboratoire désigné*. Les résultats de ces comparaisons devraient être communiqués au Comité consultatif de Photométrie.

---

ANNEXE P3.

National Physical Laboratory.

---

I.

RÉSUMÉ DES RECHERCHES  
FAITES  
SUR L'ÉTALON PRIMAIRE DE LUMIÈRE

Par MM. H. BUCKLEY et W. BARNETT.

---

Un court résumé du travail effectué jusqu'en décembre 1932 au National Physical Laboratory sur le projet d'étalon primaire de lumière au platine a été publié dans les comptes rendus de la réunion de 1933 du Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie <sup>(1)</sup> du Comité international des Poids et Mesures. Depuis décembre 1932 des mesures ultérieures ont été effectuées sur trois lingots de platine. Le présent rapport donne un résumé de l'ensemble des travaux depuis leur commencement en 1931.

Le travail expérimental comporte la détermination de la brillance d'un corps noir maintenu au point de solidification du platine. Le corps noir, conformément aux spécifications proposées par le Bureau of Standards, était constitué par un creuset de thorine contenant un lingot cylindrique de platine, le long de l'axe duquel se trouvait un tube de visée cylindrique en thorine, dont le diamètre intérieur était d'environ 2<sup>mm</sup>,5. Ce tube constituait le corps noir proprement dit dont on déterminait la brillance. On effectuait cette détermination en comparant l'éclairement de l'image de l'ouverture du corps noir, image

---

<sup>(1)</sup> *Procès-Verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, 2<sup>e</sup> série, t. 16, 1933, p. 256.

projetée sur un écran photométrique au moyen d'une lentille et d'un prisme à réflexion totale, à l'éclairage que produisaient sur le même écran des lampes étalons d'intensité connue.

Trois types différents de corps noir ont été utilisés. Ceux-ci sont représentés sur la figure 1. Les creusets du type appelé BS

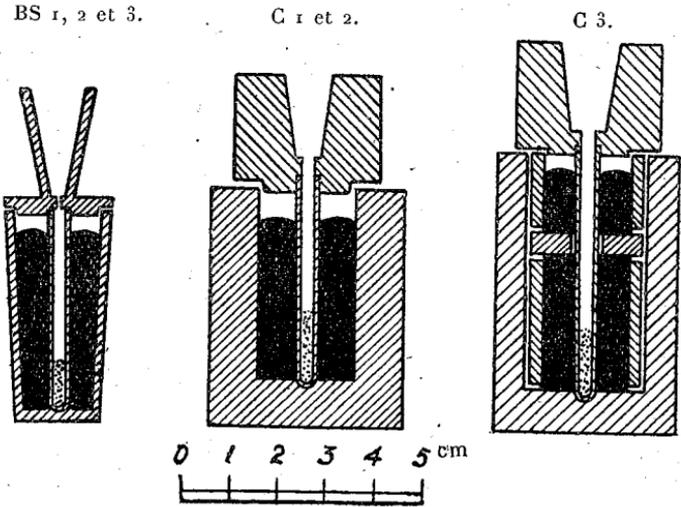


Fig. 1.

ont été aimablement offerts par le National Bureau of Standards. Les creusets de type différent appelés C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> ont été faits au Laboratoire.

Le travail a été effectué en collaboration étroite avec le D<sup>r</sup> Schofield, de la section de physique; celui-ci s'occupait en même temps de la détermination du point de solidification du platine.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus. La brillance du corps noir au point de fusion du platine définit l'étalon primaire de lumière proposé. Les mesures ont été faites par quatre observateurs. La différence de couleur impliquée dans la mesure photométrique était celle qui existe entre un corps noir à la température de couleur 2046° K., légèrement modifiée par la lentille et le prisme d'une part, et des lampes étalons d'une température de couleur d'environ 2110° K., d'autre part. Deux lentilles et trois prismes ont été utilisés au cours du travail.

Série.	Creuset.	Lentille.	Prisme.	Nombre d'observa- tions.	Brillance.		
					Fusion.	Solidifi- cation.	Différence %
1.....	BS 1	B	1	43	59,04	59,22	0,3
2.....	BS 1	B	2	56	59,13	59,55	0,7
3.....	BS 1	C	3	32	58,93	59,71	1,3
4.....	BS 2	C	3	10	58,89	58,93	0,1
5.....	BS 3	C	3	37	58,94	59,07	0,2
6.....	C 1	B	1	25	58,95	59,06	0,2
7.....	C 2	C	3	25	58,58	58,86	0,5
8.....	C 3	C	3	20	58,69	58,79	0,2

#### DISCUSSION DES RÉSULTATS.

Le lingot de platine du creuset BS 1 a été utilisé environ 100 fois pour un travail préliminaire relatif à des mesures de température et à des mesures de brillance, avant qu'aucun des résultats donnés ci-dessus n'ait été obtenu. Avant l'obtention des résultats de la série 3, le platine avait été fondu plus de 250 fois. On remarquera que la différence entre les valeurs de la brillance pour les fusions et les solidifications tend à croître avec le nombre de fusions du lingot. La brillance observée pendant la fusion paraît rester bien constante, tandis que la brillance observée pendant la solidification tend à s'élever. Cet effet est confirmé en partie par les déterminations de la température de solidification de Schofield<sup>(1)</sup>. Celui-ci a trouvé une valeur de 1772°,7C., valeur déduite de trois solidifications lorsque le lingot avait été fondu environ 75 fois, et 1774°,3C., valeur déduite de 22 solidifications après qu'il eut été fondu plus de 200 fois. Schofield a pu partager ces derniers résultats en deux groupes, selon que le platine en se solidifiant subissait ou non une surfusion considérable. Les résultats moyens de 13 solidifications avec de très faibles surfusions ont été 1775°,0C., tandis qu'on a obtenu 1773°,5C., comme résultat moyen de 12 solidifications accompagnées d'une grande surfusion.

Dans le travail résumé ici, on n'a observé aucune surfusion importante pendant l'usage ultérieur du lingot, de telle sorte

---

(1) SCHOFIELD, *Proc. Roy. Soc.*, t. 146, 1934, p. 792.

que la valeur élevée de 59,73 bougies par centimètre carré s'accorde avec les observations de Schofield. La différence de 1<sup>o</sup>,5 observée par Schofield correspond à une différence de brillance juste supérieure à 1 pour 100.

Le travail de Schofield cependant ne confirme pas la constance de la valeur obtenue d'après les fusions. Les circonstances dans lesquelles on a déterminé la brillance et la température sont telles qu'on utilise une partie beaucoup plus grande des parois du corps noir proprement dit dans les déterminations de brillance que dans les déterminations de température, où l'on observe le fond du corps noir. Schofield a trouvé qu'avec ce lingot dans son état évolué la température de fusion était basse et différait de la température de solidification de 3<sup>o</sup>,9, ce qui correspond à une différence de brillance d'environ 2,2 pour 100, tandis qu'on a observé, lors des mesures de brillance, une différence de 1,3 pour 100.

Les différences dans la brillance à la fusion et à la solidification étaient de beaucoup inférieures à 1,3 pour 100 pour tous les autres lingots utilisés. Il paraît raisonnable de conclure que le lingot de ce premier creuset (BS 1) était affecté de quelque gradient de température dont l'influence était différente sur les fusions et sur les solidifications.

Le creuset BS 2 a donné une série très satisfaisante de 10 fusions et solidifications, dans lesquelles les fusions et les solidifications étaient vraiment en très bon accord. Il a été utilisé ensuite pour des mesures de température; et lorsqu'on l'a utilisé à nouveau pour des mesures de brillance, il est devenu hors d'usage, à cause de la contraction du tube de visée qui s'écartait de la position axiale.

Le creuset BS 3 a donné aussi des résultats satisfaisants. Après qu'on eût observé environ 40 fusions et solidifications, la qualité des courbes de solidification est devenue moins bonne et il n'a plus été possible d'obtenir de bonnes courbes, sans qu'il se produise une surfusion importante.

Le creuset C 1 a donné aussi des résultats très satisfaisants. Cependant, lors de la deuxième série de 12 fusions et solidifications, l'ouverture du tube de visée du corps noir commença à s'émietter légèrement, et quelques morceaux tombèrent à l'intérieur. Il est possible que, dans cette série, les parois du tube de visée aient été visibles sur une longueur plus grande qu'il n'aurait fallu.

Le creuset C 2 a donné lieu à des difficultés du fait que le tube de visée se contractait et s'écartait légèrement de la position axiale; un nouveau bout a été adapté; mais il fallait aligner très soigneusement l'assemblage et plusieurs résultats, évidemment trop bas, ont dû être rejetés. Le tube de visée avait le diamètre intérieur minimum. On avait pensé, d'après les résultats obtenus avec ce creuset, que le diamètre intérieur minimum, à savoir  $2^{\text{mm}},3$ , recommandé dans les spécifications, était plutôt petit. Le diamètre intérieur maximum donné dans les spécifications est  $2^{\text{mm}},7$ .

Le creuset C 3 comportait un double lingot, dans le but de réduire les pertes de chaleur du lingot inférieur. Les résultats obtenus avec ce lingot étaient très légèrement bas.

Afin de s'affranchir de la nécessité d'utiliser un prisme à réflexion totale, on a utilisé aussi des creusets horizontaux, mais sans succès.

#### FACTEUR DE TRANSMISSION DE LA LENTILLE ET DU PRISME.

Le facteur de transmission de la combinaison de la lentille et du prisme entre directement dans le calcul de la brillance du corps noir. On a utilisé plusieurs méthodes pour déterminer le facteur de transmission, à savoir :

1<sup>o</sup> *Méthode de la brillance.* — Cette méthode comportait la détermination du rapport de la brillance d'une petite aire de la surface intérieure, uniformément éclairée, d'une sphère blanchie, lorsqu'on l'observait à travers la lentille et le prisme, et lorsqu'on l'observait directement.

2<sup>o</sup> *Méthode de l'éclairement.* — Cette méthode comportait la détermination du rapport de l'éclairement produit par une aire déterminée d'une source de lumière à une distance fixe d'un photomètre, à l'éclairement produit lorsqu'une image de la même surface était projetée sur l'écran au moyen de la lentille et du prisme.

3<sup>o</sup> *Méthode pyrométrique.* — Cette méthode consiste à comparer la brillance d'un point d'une lampe à ruban de

tungstène incandescent à la brillance de l'image du même point formée au moyen de la lentille et du prisme. On utilisait le pyromètre optique sans le verre rouge ordinaire.

4<sup>e</sup> *Méthode du produit.* — On peut montrer que pendant l'utilisation effective de la lentille et du prisme avec le corps noir; seule la lumière qui passe toujours dans le même sens à travers ceux-ci produit un éclaircissement de l'écran photométrique. C'est-à-dire seule la lumière directement transmise est efficace; et la lumière qui a subi deux, quatre réflexions successives, ou davantage, sur la surface de la lentille et du prisme est sans effet. Donc la transmission de la combinaison est le produit des transmissions de chaque élément, lorsque chaque élément lui-même est mesuré par une méthode où n'entre en jeu que la lumière directement transmise. Autrement dit, si les facteurs de transmission observés de chaque élément tiennent compte de cette lumière plusieurs fois réfléchi, il faut leur faire subir une correction de ce fait.

On a déterminé séparément le pouvoir de transmission de la lentille et du prisme en comparant la brillance d'une source étendue observée à travers chacun d'eux à la brillance observée directement. Lorsqu'on utilise soit la lentille, soit le prisme, la brillance observée est celle qui est due à la lumière directement transmise, et aussi à la lumière qui a subi deux réflexions successives sur les surfaces de la lentille ou du prisme. (L'effet d'un empilement de lames a été calculé par Stokes; le cas d'une seule lentille ou d'un seul prisme, à travers lequel on observe une surface éclairée étendue, n'en est qu'un cas particulier.)

On a obtenu les résultats suivants dans la mesure des facteurs de transmission :

	Facteur de transmission.	
	Lentille B et prisme 1.	Lentille B et prisme 2.
	%	%
Méthode de la brillance.....	78,82	78,54
Méthode de l'éclaircissement.....	78,84	78,50
Méthode pyrométrique.....	79,19	78,20
Méthode du produit.....	78,85	78,25
Moyenne.....	78,92	78,37

	Lentille C.	Prisme 3.
	%	%
Méthode du produit (non corrigé).....	(a) 87,38 (b) 87,08 (c) 86,68 (d) 87,14	(a) 86,87 (b) 86,69
Moyenne.....	<u>87,07</u>	<u>86,78</u>
(Corrigé des réflexions multiples).....	86,91	86,58
Transmission de l'ensemble = 75,24 pour 100.		

**PURETÉ DU PLATINE.**

Il est spécifié que le platine doit être d'une pureté telle que le rapport entre sa résistance électrique à 100°C. et sa résistance à 0° ne doit pas être inférieur à 1,390.

Les résultats obtenus pour ce rapport sont les suivants :

Lingot.	Rapport.	
	Avant usage.	Après usage.
BS 1.....	1,3910	1,3904
BS 2.....	-	1,3913
BS 3.....	-	1,3916
C 1.....	1,3919	1,3911
C 2.....	lingot encore intact.	
C 3.....	1,3895	1,3887

Donc la pureté prescrite a été maintenue, sauf pour le lingot C 3. L'effet d'une légère impureté sur le point de fusion et sur le point de solidification n'est pas connu avec certitude.

**CONCLUSIONS.**

Les résultats d'où l'on doit déduire la valeur de la brillance du corps noir au point de solidification du platine sont les suivants :

Série.	Creuset.	Nombre d'observations.	Brillance.
1.....	BS 1	43	59,22 bougies/cm <sup>2</sup>
2.....	BS 1	56	59,55 »
3.....	BS 1	32	59,71 »
4.....	BS 2	10	58,93 »
5.....	BS 3	37	59,07 »
6.....	C 1	25	59,06 »
7.....	C 2	25	58,86 »
8.....	C 3	20	58,79 »

La moyenne de toutes les séries de-mesures, affectées du poids correspondant au nombre des observations, est 59,24 bougies par centimètre carré. Il paraît raisonnable de négliger complètement les résultats obtenus avec le lingot BS 1, qui a donné des résultats anormaux, aussi bien dans les mesures de brillance que dans les mesures de température.

La moyenne pondérée de toutes les autres séries comprenant 117 solidifications est 58,96 bougies par centimètre carré. On n'obtient pas de résultats très différents par tout autre choix raisonnable des résultats à faire entrer dans la moyenne. Si l'on fait abstraction des résultats obtenus avec le creuset C 3, puisque ce creuset n'était pas tout à fait de la forme détaillée dans les spécifications, et que le platine était légèrement contaminé, la moyenne est 59,00 bougies par centimètre carré.

Nous pensons que les résultats ne doivent pas être entachés d'une erreur supérieure à 0,25 pour 100 du fait des erreurs dans la détermination des facteurs de transmission, ni d'une erreur supérieure à 0,25 pour 100 du fait des erreurs dans la photométrie et des mesures de longueur, et que le résultat de 58,96 bougies par centimètre carré est exact avec une approximation d'environ un tiers d'unité pour 100. La valeur de la brillance du corps noir au point de solidification du platine est par conséquent  $59,0 \pm 0,20$  bougies par centimètre carré. Ces résultats sont à comparer à la valeur de 58,86 bougies par centimètre carré obtenue par Wensel, Roeser, Barrow et Caldwell (1) au National Bureau of Standards, et de 58,78 bou-

---

(1) WENSEL, ROESER, BARROW et CALDWELL, *B. Stand., Journ. Res.*, t. 6, 1931, p. 1103.

*Procès-Verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, 2<sup>e</sup> série, t. 14, 1931, p. 249.

gies par centimètre carré obtenue par Ribaud <sup>(1)</sup> à l'Université de Strasbourg.

Les auteurs désirent remercier leurs collègues MM. Brookes et Hale, pour leur précieuse coopération et leur aide tout au long de ces recherches.

## II.

# PRÉPARATION D'ÉTALONS SECONDAIRES

DE

## FLUX LUMINEUX.

---

On a construit au National Physical Laboratory un nouvel appareil rotatif, qui permet de faire des mesures sur des lampes à vide spécialement construites en vue de déterminer leur intensité lumineuse dans toutes les directions de l'espace, et, de là, leur émission lumineuse totale en lumens. Les lampes ont des filaments en spirale, de telle sorte qu'elles donnent approximativement la même distribution de lumière que les lampes ordinaires à atmosphère gazeuse du commerce. A une température de couleur de 2360° K, elles consomment environ 0,65 ampère sous 65 volts et donnent environ 300 lumens.

L'appareil rotatif a été conçu de façon à remplir les conditions suivantes :

1° Il doit être possible de déterminer l'intensité lumineuse de la lampe pendant la rotation à un angle quelconque, depuis l'axe géométrique (côté de la pointe) jusqu'à la position à laquelle l'intensité lumineuse devient très petite à cause de l'interception de la lumière par le culot de la lampe elle-même.

---

(1) RIBAUD, *Rev. d'Opt.*, t. 12, 1933, p. 289.

*Procès-Verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, 2<sup>e</sup> série, t. 16, 1933, p. 261.

2° Il doit être possible d'ajuster la position et l'orientation de la lampe de telle sorte (*a*) que l'axe géométrique de la lampe coïncide avec l'axe de rotation, et (*b*) que le centre lumineux de la lampe se trouve sur l'axe vertical autour duquel tourne l'appareil : cet axe coupe l'axe horizontal du banc photométrique utilisé pour les mesures d'intensité.

3° Il doit être possible de mesurer le voltage aux bornes de la lampe au moyen de deux conducteurs distincts de ceux qu'on utilise pour fournir le courant à la lampe. Le dispositif employé pour amener le courant ne doit pas être affecté par la vitesse de rotation de la lampe.

On fait tourner la lampe en maintenant son axe horizontal, et les mesures d'intensité lumineuse sont faites dans un grand nombre de directions différentes dans le plan horizontal qui contient cet axe. Il est alors possible de tracer le diagramme de Rousseau pour chaque lampe, et de déduire ainsi le flux lumineux qu'elle émet.

### III.

#### UTILISATION

## DE FILTRES BLEUS

POUR

LA DÉTERMINATION

D'ÉTALONS DÉRIVÉS D'INTENSITÉ LUMINEUSE

Par M. H. BUCKLEY.

---

Plusieurs laboratoires nationaux s'occupent actuellement de la détermination d'étalons d'intensité lumineuse de température de couleur 2360° K, à partir d'étalons de température de couleur 2045° K, au moyen de certains verres bleus. La courbe de transmission spectrale de ces verres jointe aux facteurs de visibilité de la C. I. E. servent à déterminer le rapport de transmission totale des verres pour la lumière de température de couleur 2045° K.

On suppose que l'introduction des facteurs de visibilité de la C. I. E. dans le calcul du rapport de transmission totale des verres donnera la certitude que les étalons de température de couleur plus élevée ainsi déduits seront en accord avec l'échelle photométrique définie par les facteurs de visibilité.

L'utilisation de verres bleus élimine la différence de couleur que l'on rencontrerait autrement dans la déduction d'étalons de température de couleur plus élevée. L'identité de couleur obtenue dans les conditions expérimentales n'est pas accompagnée par une identité d'énergie; car la courbe de transmission spectrale des verres est fort éloignée de la courbe idéale. Il est par conséquent possible que les conditions de dimension du champ utilisé affectent les valeurs assignées aux étalons dérivés.

L'article résumé ici discute l'effet possible des conditions de dimension du champ, lorsque celui-ci est compris entre  $2^\circ$  et  $10^\circ$ . La base expérimentale est le fait suivant : dans la photométrie des lampes à mercure à haute pression par la méthode des filtres de couleur, même pour des éclairagements de l'ordre de 15 foot-candle (161 lux), le résultat est plus élevé d'environ 7 pour 100 avec un champ petit, de  $2^\circ$ , qu'avec un champ grand, de  $10^\circ$ . On montre que ce fait est en accord avec l'hypothèse que la courbe de visibilité pour un grand champ a la même forme que dans le cas d'un champ petit, mais se trouve déplacée de 100 angströms dans la direction des courtes longueurs d'onde. On montre que l'effet de ce déplacement, lorsqu'on utilise des verres bleus pour déterminer des étalons dérivés de température de couleur  $2360^\circ\text{K}$  à partir d'étalons de température de couleur  $2045^\circ\text{K}$ , est d'environ 0,5 pour 100. Comme les facteurs de visibilité de la C. I. E. ont été déterminés pour un champ visuel petit ( $3^\circ$ ), il semblerait très important que, à défaut de preuve du contraire, on emploie un champ visuel petit pour la détermination de ces étalons.

D'autres méthodes, pour établir l'unité d'intensité lumineuse pour des lumières de différentes températures de couleur en accord avec les facteurs de visibilité de la C. I. E. et sans utilisation de verres bleus, sont envisagées.

Cet article est publié en entier dans le *Philosophical Magazine* (Vol. 24, p. 1059, Déc. 1937).

ANNEXE P 4.

Ministère des Communications de Tokio,  
Laboratoire Électrotechnique.

---

## PROPOSITIONS

DU

GOUVERNEMENT JAPONAIS.

---

Le Laboratoire Électrotechnique remet à la réunion du Comité consultatif de Photométrie les propositions suivantes concernant les Propositions nos 1 et 2 de la Grande-Bretagne, des États-Unis et de la France, communiquées le 14 décembre 1936 par le Président du Comité consultatif de Photométrie.

### PROPOSITIONS.

1. A l'heure actuelle, on reconnaît bien que pour l'étalon primaire d'intensité lumineuse devra être employé un radiateur intégral (corps noir) à la température de solidification du platine. Cependant, le Laboratoire Électrotechnique pense que l'adoption d'une nouvelle unité d'intensité lumineuse 60 par centimètre carré pour la brillance de ce radiateur intégral devra être déterminée en considérant les résultats des mesures des trois laboratoires de la Grande-Bretagne, des États-Unis et de la France, ainsi que ceux de quelques autres laboratoires qui auront terminé bientôt leurs travaux et en considérant aussi la reproductibilité des résultats de mesures des divers laboratoires. Par conséquent, il exprime le désir que le Comité consultatif de 1937 remette à plus tard l'adoption de la nouvelle unité.

2. En ce qui concerne la deuxième proposition, qui a trait à la photométrie hétérochrome, et d'après laquelle les filtres doivent être employés et la courbe des facteurs de visibilité déjà adoptée doit être utilisée dans le calcul des facteurs de transmission de ces filtres, le Laboratoire Électrotechnique n'oserait exprimer aucune objection à l'adoption provisoire de cette courbe s'il s'agit de déduire une nouvelle unité matérialisée par un étalon secondaire incandescent. Cependant, pour ce qui concerne la détermination définitive de la méthode de photométrie hétérochrome, il considère nécessaire que les divers laboratoires l'examinent d'une façon plus minutieuse.

#### Annexe I. — MÉMORANDUM SUR LA PHOTOMÉTRIE HÉTÉROCHROME.

En ce qui concerne une des propositions des États-Unis, de la Grande-Bretagne et de la France, relative à la photométrie hétérochrome, et d'après laquelle les filtres doivent être employés et la courbe des facteurs de visibilité déjà adoptée doit être utilisée dans le calcul des facteurs de transmission de ces filtres, le Laboratoire Électrotechnique n'oserait exprimer aucune objection à l'adoption provisoire de cette courbe, s'il s'agit de déduire une nouvelle unité pour l'étalon secondaire incandescent. Cependant, il considère que la détermination définitive de la méthode de photométrie hétérochrome doit être examinée d'une façon plus minutieuse par les divers laboratoires.

Et en ce qui concerne l'échelle actuelle des unités lumineuses dont la couleur est différente de celle de l'étalon primaire de lumière, échelle réalisée dans chaque laboratoire, et dont on ne peut dire qu'il n'y a pas de question pendante, il ne devra pas être recommandé de déterminer une nouvelle échelle qui ne soit pas voisine de cette échelle; car elle est appliquée depuis longtemps dans divers laboratoires.

En considérant par exemple qu'il y a une plus ou moins grande différence entre la nouvelle échelle et l'échelle actuelle pour une lumière de haute température, comme l'a déjà dit le National Bureau of Standards, les divers laboratoires devront faire de plus en plus les études sur la nouvelle échelle.

On peut dire, au sujet du principe de détermination de la nouvelle échelle de la lumière de couleur différente de celle de l'étalon primaire dans la deuxième proposition, qu'il est un peu

moins rigoureux que la définition rigoureuse de l'étalon primaire dans la première proposition.

La valeur numérique de la courbe des facteurs de visibilité adoptée d'une façon internationale est donnée par intervalles de  $10^{\text{m}\mu}$  et sa précision n'est pas uniforme. Par conséquent, selon les diverses sortes de facteurs de transmission spectrale, la précision de l'échelle peut ne pas être quelquefois si bonne que celle de la photométrie; et de plus une valeur déterminée ne pourra être obtenue ni pour une même source ni pour un même filtre, si l'on ne définit pas la méthode de calcul des facteurs de transmission du filtre.

Dans ces conditions, le Laboratoire Électrotechnique n'oserait exprimer aucune objection à l'adoption provisoire de la deuxième proposition s'il s'agit de déduire une nouvelle unité pour l'étalon secondaire incandescent; et il propose comme nécessaire que les divers laboratoires examinent, d'une façon plus minutieuse, la détermination définitive de la méthode de photométrie hétérochrome.

## Annexe II. — SUR LE CALCUL DU FACTEUR DE TRANSMISSION DU FILTRE.

Par M. Z. YAMAUTI.

Dans le calcul des facteurs de transmission du filtre, il va sans dire que l'on devra prendre en considération les questions suivantes: 1<sup>o</sup> Détermination de la distribution spectrale du rayonnement de la lumière originale; 2<sup>o</sup> Détermination des facteurs de transmission spectrale du filtre; 3<sup>o</sup> Détermination de la courbe des facteurs de visibilité; 4<sup>o</sup> Calcul du facteur de transmission totale du filtre.

1. *Détermination de la distribution spectrale du rayonnement de la lumière originale.* — Il est très difficile de procéder aux mesures de la distribution spectrale du rayonnement comme il faudrait le faire, c'est-à-dire en employant comme source incandescente la source pour laquelle est employé un filtre, et l'on emploie en général le rayonnement théorique du corps noir représenté par une température de couleur. Dans l'emploi de ce rayonnement, le plus raisonnable est d'adopter, pour valeur de la constante  $C_2$ , celle de 14320 micron-degrés fixée d'une façon inter-

nationale pour les mesures des hautes températures. Les valeurs numériques de la distribution spectrale du rayonnement du corps noir en fonction d'une formule de Planck peuvent être facilement obtenues au moyen des valeurs insérées dans deux tableaux (1) déjà parus.

2. *Détermination des facteurs de transmission spectrale du filtre.* — Pour mesurer les facteurs de transmission spectrale du filtre, il faut déterminer les intervalles de longueur d'onde, en considérant la distribution spectrale du rayonnement lumineux et la courbe des facteurs de visibilité spectrale. En ce qui concerne le filtre, destiné à élever la température de couleur de la source secondaire incandescente, il peut être mesuré à des intervalles d'environ  $10^m\mu$ . Mais, s'il s'agit d'un filtre dont la transmission varie d'une façon très irrégulière dans un domaine où la luminosité spectrale est grande, pour établir sa courbe des facteurs de transmission spectrale, il faudra déterminer des intervalles de longueur d'onde plus étroits dans ce domaine.

3. *Détermination de la courbe des facteurs de visibilité.* — Pour la courbe des facteurs de visibilité adoptée d'une façon internationale, les valeurs numériques sont données de 10 en  $10^m\mu$ . Nous sommes entièrement d'accord avec les opinions de M. D. B. Judd (2) concernant la détermination universelle de la méthode d'interpolation et elle devra être étudiée davantage. En employant les valeurs des logarithmes de la courbe des facteurs de visibilité adoptée d'une façon internationale comme nous les avons déjà publiées (3), nous avons utilisé la méthode d'interpolation osculatrice, pour laquelle ont été adoptées des différences de troisième ordre, ce qui a donné des résultats tout à fait excellents.

4. *Calcul du facteur de transmission totale du filtre.* — Dans le calcul du facteur de transmission totale du filtre, il faudra examiner la méthode de calcul.

---

(1) Z. YAMAUTI et M. OKAMATU, *Tables of Planck's Formula of Radiation* (I), *Researches of Electrotechnical Laboratory*, n° 395, 1936; *Tables of Planck's Formula of Radiation* (II); *Tables for Specified Wave-length*, *Res. Electrotech. Lab.*, n° 402, 1936.

(2) D. B. JUDD, *J. O. S. A.*, vol. 21, n° 5, 1931, p. 267.

(3) Z. YAMAUTI et M. OKAMATU, *Res. Electrotech. Lab.*, n° 388, 1935.

Par exemple, sur le facteur de transmission totale du filtre R 3-28 dans le rapport de M. K. S. Gibson (1), pour le rayonnement du corps noir à 2080° K, ont été obtenus les résultats suivants :

D'abord, pour plus de commodité dans les comparaisons, si l'on calcule ce facteur en déterminant les valeurs de  $m\mu$  en  $m\mu$ , sa valeur calculée est 0,5237, et aussi 0,5237 la valeur calculée par la méthode de sommation ou trapézoïdale dans les limites des longueurs d'onde de  $400^{m\mu}$  à  $760^{m\mu}$  en utilisant les valeurs données de 10 en  $10^{m\mu}$ . Toutefois, la valeur calculée par la méthode de Simpson est 0,5232.

Les valeurs de la luminosité à  $400^{m\mu}$  et  $770^{m\mu}$  pouvant être négligées, les limites du calcul intégral une fois changées ne devraient exercer aucune influence sur les valeurs calculées. En tenant compte de ce fait, nous avons obtenu la valeur de 0,5243, en utilisant des intervalles de  $10^{m\mu}$ , au moyen de la méthode de Simpson dans les limites de  $410^{m\mu}$  à  $770^{m\mu}$ , et la valeur de 0,5237 au moyen de la méthode de sommation ou trapézoïdale. Il en résulte qu'il n'est pas juste de dire que la méthode de Simpson donne de meilleurs résultats que la méthode de sommation ou trapézoïdale, dans un tel calcul, comme on le dit ordinairement. A en juger par les expériences subies dans l'intégrale similaire, nous nous sommes rendu compte de ce que la méthode de sommation ou trapézoïdale est de beaucoup supérieure à celle de Simpson, dans ce calcul utilisant la courbe des facteurs de visibilité.

---

(1) K. S. GIBSON, *Procès-Verbaux du Comité international*, 1933, p. 320.

ANNEXE P 5

Institut de Métrologie de l'U.R.S.S.

---

LETTRES DE M. ZALUTZKY

Directeur-Adjoint  
de l'Institut de Métrologie

AU PRÉSIDENT DU COMITÉ CONSULTATIF  
DE PHOTOMÉTRIE

---

I.

Léningrad, le 28 février 1937.

Monsieur le Président,

J'ai étudié votre lettre du 14 décembre 1936, concernant les propositions présentées au Comité consultatif de Photométrie au nom du Bureau of Standards, du National Physical Laboratory et du Laboratoire Central d'Électricité, ainsi que la Note jointe à cette lettre, dans laquelle ces propositions sont détaillées.

Nous avons examiné minutieusement les propositions avec nos métrologistes travaillant dans le domaine de la photométrie, et à présent j'ai l'honneur de vous faire connaître les conclusions auxquelles nous sommes arrivés.

1. En étudiant la première proposition, qui doit signifier la réduction de la valeur actuelle de l'unité d'intensité lumineuse de 1,87 pour 100, nous avons tout d'abord remarqué que cette proposition n'est point accompagnée d'un exposé de fondements scientifiques ou pratiques. Cet exposé serait pourtant pour nous d'une grande importance; car ce n'est qu'ayant des raisons sérieuses que nous pourrions recommander à notre gouvernement de faire des changements quelconques au système de grandeurs

photométriques décrété dans l'U. R. S. S. Dans le cas présent, nous ne voyons pas de pareilles raisons.

On attribue en U. R. S. S. une grande importance à l'immuabilité des grandeurs photométriques. Lorsqu'en 1925 on délibérait en U. R. S. S. sur la question de passer au système international de grandeurs photométriques, les arguments décisifs en faveur de ce système furent précisément les travaux métrologiques des Instituts des États-Unis, de la France et de l'Angleterre, qui ont démontré que l'unité d'intensité lumineuse est reproduite à l'aide de lampes photométriques à incandescence avec une précision plus grande qu'à l'aide des lampes de Hefner. Pourtant la décision définitive de la question délibérée fut prise sous la forte influence du fait que les Institutions ci-dessus citées, en établissant en 1909 la valeur de la bougie internationale, avaient convenu de conserver cette valeur immuable. En outre, on tint aussi compte de ce que cette unité d'intensité lumineuse fut dans la suite, à savoir en 1921, confirmée par la Commission internationale de l'Éclairage.

En nous basant sur l'expérience du laboratoire photométrique de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., nous pouvons signaler que la valeur actuelle de la bougie internationale ne trouve de notre part aucune objection. Également nous ne connaissons pas de faits qui auraient pu prouver des inconvénients quelconques de la valeur choisie de la bougie internationale pour la pratique photométrique dans l'U. R. S. S., non plus que dans un autre pays quelconque. C'est pourquoi la proposition de changer la valeur de la bougie internationale fut pour nous tout à fait inattendue.

En outre, cette proposition n'est pas conforme aux résolutions internationales antérieures. Au contraire, dans la session du Comité consultatif d'Électricité du 24 juin 1930, on avait adopté, comme on le sait, la résolution suivante :

« Le Comité consultatif estime qu'il n'est pas pratique de changer l'unité employée communément dans plusieurs pays depuis 1909 et adoptée par la Commission internationale de l'Éclairage ».

En considérant tout ce qui vient d'être dit et ayant en vue :  
que la valeur de la bougie internationale s'est conservée avec un grand degré de précision au cours des 10 années d'existence

du laboratoire photométrique de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.;

que l'introduction dans la pratique des grandeurs photométriques internationales a demandé, depuis 1925, beaucoup de travail et de grandes dépenses (une quantité considérable de lampes photométriques-étalons et de luxmètres, en usage dans le pays, vérifiés conformément aux valeurs décrétées des grandeurs photométriques);

que chaque changement de l'unité d'intensité lumineuse serait inévitablement accompagné de la nécessité de surmonter de grandes difficultés pratiques, non compensées par des avantages quelconques de caractère technique ou économique;

et qu'enfin, un pareil changement soulèverait sans doute des observations de la part des photométristes de l'U. R. S. S.;

Je dois annoncer, au nom de l'Institut de Métrologie, que, selon notre opinion, il n'y a pour le moment aucune raison de se départir de la valeur actuelle de la bougie internationale adoptée dans la plupart des pays.

En annonçant cela, je voudrais en même temps faire une réserve : bien que nous considérons nécessaire de ne pas renoncer à la valeur actuelle de la bougie internationale, cette valeur étant conservée avec une précision suffisante pour la pratique, à l'aide des lampes photométriques à incandescence, néanmoins nous partageons l'opinion générale, que l'étalon primaire photométrique doit être perfectionné. A cet égard nous considérons comme complètement juste la voie qu'a suivie jusqu'à présent le Comité international des Poids et Mesures, en recommandant aux Instituts métrologiques d'établir un nouvel étalon photométrique fondamental constitué par un corps noir. Le laboratoire photométrique de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. travaille aussi dans cette direction.

2. Nous considérons comme tout à fait juste et opportune la proposition du Bureau of Standards et du National Physical Laboratory, ainsi que du Laboratoire Central d'Électricité, d'adopter la nouvelle définition de l'unité d'intensité lumineuse, tant qu'il ne s'agit que de chercher à remplacer l'étalon photométrique fondamental actuel, constitué par trois groupes de lampes électriques à incandescence, par un nouvel étalon primaire constitué par un radiateur intégral (corps noir), qui

reproduit, comme on a coutume d'admettre, la brillance de la surface rayonnante du corps noir à la température de solidification du platine. Cependant nous ne pouvons pas être d'accord sur la définition proposée de l'unité d'intensité lumineuse. Nous estimons que le Comité consultatif de Photométrie devrait, en établissant le nouvel étalon de lumière, saisir cette occasion pour reconstruire tout le système de grandeurs photométriques, en le basant non pas sur l'unité d'intensité lumineuse (la bougie internationale), mais sur l'unité de flux lumineux (le lumen). Du point de vue de la métrologie, ce serait plus juste; car l'intensité lumineuse n'est qu'une caractéristique du flux lumineux. Ces conditions étant données, la définition de l'unité d'intensité lumineuse se présenterait sous une forme nouvelle.

En vertu de ces considérations, nous présentons au Comité consultatif de Photométrie nos propositions sur la définition des grandeurs photométriques, données en annexe à cette lettre.

3. Quant aux mesures photométriques hétérochromes, nous estimons plus juste de nous borner à un exposé général de leurs principes ayant trait à l'emploi de la visibilité relative internationale, comme cela a été fait dans le paragraphe 1 b de la Note jointe à votre lettre, à savoir :

« Les valeurs des grandeurs photométriques des sources lumineuses ayant une couleur autre que celle de l'étalon primaire, seront déterminées par un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité. »

En effet, cette thèse fondamentale est la base de toute la photométrie hétérochromè. Elle est tout à fait juste et ne donne lieu à aucune objection. Par contre, les suggestions complémentaires ayant trait à la photométrie des champs de différentes couleurs ne sont que des indications techniques auxiliaires, qui devraient être données non pas dans la décision même, mais comme recommandation facultative. En outre, la différence des couleurs devant être évaluée d'après la sensation (ainsi que le recommandent les propositions examinées), cette méthode introduit dans les mesures une certaine approximation et, par cela même, n'est pas parfaite.

Dans l'exposé qui précède, j'ai trouvé nécessaire de ne citer que les conclusions principales auxquelles nous sommes arrivés à l'Institut de Métrologie, après avoir étudié votre lettre. C'est

pourquoi je considère qu'il est utile de joindre à ma lettre un memorandum spécial du Professeur P. M. Tikhodéjev, qui, à ma prière, a pris la peine de motiver nos conclusions plus en détail.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments de haute considération et de sincère dévouement.

L. ZALUTZKY.

**ANNEXE I. — PROPOSITIONS DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE  
DE L'U. R. S. S. AYANT TRAIT À LA DÉFINITION DES GRAN-  
DEURS PHOTOMÉTRIQUES.**

a. L'unité du flux lumineux, le lumen, est le flux lumineux émis par un radiateur intégral, à la température de solidification du platine, d'une aire de  $0\text{cm}^2,005404$  <sup>(1)</sup>.

*Note.* — La construction du corps noir et les conditions des mesures sont définies par la spécification adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.

b. L'unité d'énergie lumineuse, le lumen-seconde, est l'énergie lumineuse dépensée au cours d'une seconde, le flux lumineux étant d'un lumen.

c. L'unité de radiance, le radphot, est la radiance d'une surface plane rayonnant uniformément en tous ses points, qui émet d'un côté un flux lumineux d'un lumen par aire d'un centimètre carré.

d. L'unité d'éclairement, le phot, est l'éclairement d'une surface, qui reçoit par centimètre carré de surface un flux lumineux d'un lumen, uniformément réparti.

*Note.* — Pour la mesure de l'éclairement on admet aussi l'emploi de l'unité « lux », égale à un dix-millième du phot ( $0,0001$  ph).

e. L'unité de quantité d'éclairement, le phot-seconde, est la quantité d'éclairement reçue par une surface, au cours d'une seconde, lors de son éclairement d'un phot.

---

(1)  $0,005404 = \frac{1}{\pi 58,9}$ ; la valeur définitive sera établie par le Comité international des Poids et Mesures.

f. L'unité d'intensité lumineuse, la bougie internationale, est l'intensité lumineuse d'une source lumineuse ponctuelle dans les directions dans lesquelles elle émet un flux lumineux d'un lumen réparti uniformément dans un angle solide d'un stéradian.

g. L'unité de brillance, le stilb, est la brillance d'une surface rayonnant uniformément en tous ses points, dans une direction qui lui est perpendiculaire, cette surface ayant dans la même direction une intensité lumineuse d'une bougie internationale par centimètre carré.

L. ZALUTZKY.

**Annexe II. — SUR LA PROPOSITION DES TROIS LABORATOIRES  
CONCERNANT LE CHANGEMENT DE LA VALEUR DE L'UNITÉ  
D'INTENSITÉ LUMINEUSE ;**

Par le Professeur P. M. TIKHODÉJEV.

L'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. a reçu à la fin du mois de décembre 1936, de la part du Président du Comité consultatif de Photométrie, M. le Professeur Paul Janet, les propositions pour le changement de la valeur actuelle de l'unité d'intensité lumineuse (voir Annexe P 1), la bougie internationale, à l'occasion de l'adoption d'un nouvel étalon photométrique, le corps noir. En même temps, on proposait d'établir une méthode définie de mesures photométriques des sources de lumière de différentes couleurs. Une proposition analogue avait été reçue, au mois de novembre 1936, de la part de la Commission internationale de l'Éclairage. Le texte des propositions est le suivant :

a. L'unité d'intensité lumineuse est telle que la brillance du radiateur intégral, à la température de solidification du platine, soit de 60 unités d'intensité par centimètre carré.

« Cette unité est appelée la « bougie ».

b. Les valeurs des grandeurs photométriques des sources de lumière de couleur différente de celle de l'étalon primaire sont déduites de celle de cet étalon par l'utilisation de filtres qui, intercalés entre le photomètre et l'une des sources lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de couleurs identiques sur les deux plages de l'écran photométrique.

Le facteur de transmission de ces filtres doit être déterminé

en calculant le facteur de transmission totale en fonction de la courbe de transmission spectrale, en utilisant dans ce calcul la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.

Les observateurs devront être choisis de telle sorte et les conditions d'observation devront être telles que la moyenne des résultats représente ce qu'obtiendrait un observateur dont l'œil serait identique à celui que définit la courbe de facteurs de visibilité mentionnée ci-dessus.

On ne saurait être d'accord sur la première proposition pour les raisons suivantes :

1. *Inconvénients du changement de la valeur des unités photométriques.* — Comme on le sait, la brillance du corps noir à la température de solidification du platine est déterminée à 58,9 stilbs, ce qui représente la moyenne des mesures du NBS, du NPL et du LCE. On propose pourtant d'attribuer à la brillance la valeur de 60 stilbs et de changer conformément les valeurs actuelles des grandeurs photométriques internationales, par conséquent, de les réduire de 1,87 pour 100. Pourtant la proposition de changer ces valeurs, en particulier celle de la bougie internationale, qui est à l'ordinaire considérée (par la Commission internationale de l'Éclairage) comme unité photométrique fondamentale, n'est pas accompagnée d'un exposé des raisons qui ont donné lieu à la proposition même de changer l'unité d'intensité lumineuse et de choisir pour ce changement la valeur arbitraire de 1,87 pour 100. La considération de la question en est rendue difficile. Pourtant, tout ce qui se trouve publié dans la littérature internationale dont l'auteur a pu disposer, lui permet d'affirmer que ce changement n'a pas de base scientifique.

Il est nécessaire de noter qu'on avait déjà exprimé un certain manque de certitude de la constance de la bougie internationale au cours de sa conservation (depuis 1906). On trouve des réflexions à ce sujet dans la communication de la P. T. R. (à Berlin) présentée en 1933 au Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie (Comité international des Poids et Mesures, *Procès-Verbaux des séances*, t. XVI, 1933, p. 246-242 et 293-295). Il s'agit du rapport de la bougie internationale à la bougie Hefner, qui fut initialement (1906-1909) déterminé sur la base des mesures comme étant 1,111; tandis que les mesures de 1931 et de 1932 ont

donné le rapport 1,129. Cependant il ne faut pas oublier que la précision de la reproduction de la bougie Hefner est de  $\pm 1$  pour 100 environ. En outre, la comparaison de la bougie Hefner à la bougie internationale se fait dans le photomètre avec des plages de comparaison de couleur différente. La différence des couleurs est très considérable. Jusqu'à ces derniers temps, on donnait peu d'attention au choix des observateurs qui effectuaient les mesures photométriques. C'est pourquoi les mesures de 1906 peuvent difficilement être considérées comme tout aussi précises et aussi parfaitement sûres que celles de 1932. En rapprochant cette circonstance des résultats de l'intercomparaison des lampes étalons des États-Unis, de Grande-Bretagne et de France, qui ont montré une coïncidence complètement satisfaisante, des valeurs relatives des unités d'intensité lumineuse conservées dans chacun de ces pays, nous avons déjà au moins quelque raison solide pour affirmer que la bougie internationale ne doit pas avoir changé d'une manière sensible au cours de sa conservation. Mais admettons que la bougie internationale ait subi quelque changement pendant cette période. Tout de même à chaque remplacement de l'étalon photométrique fondamental par un autre étalon, on devrait établir ce nouvel étalon de manière qu'il puisse reproduire précisément la valeur de l'unité photométrique conservée au moment de la substitution. C'est ainsi qu'on doit agir lors de la substitution du corps noir aux lampes à incandescence étalons. L'importance des travaux scientifiques et pratiques fondés sur les mesures photométriques croît rapidement d'année en année. C'est pourquoi il y aurait plus de raison de conserver pour l'avenir la valeur actuelle des unités photométriques, plutôt que celle dont on s'était servi antérieurement.

Du point de vue de la métrologie, il faut séparer la question de la grandeur des étalons photométriques des conditions de leur reproduction. Le système des grandeurs photométriques doit être construit conformément à ses propres besoins et non pas aux conditions de la reproduction de ces grandeurs.

A mesure des progrès ultérieurs dans le développement de la science et de la technique, l'étalon de lumière pourra être remplacé de temps en temps par un étalon plus parfait. L'étalon de lumière sous forme de corps noir, nouvellement proposé par le Bureau of Standards, et dont la brillance est mesurée à la température de solidification du platine, n'est pas assez parfait pour qu'il ne soit pas nécessaire de chercher dès maintenant un étalon qui convienne

mieux (1). Et l'on ne peut qu'exprimer le vœu que cet autre étalon plus parfait soit trouvé.

Mais il ne s'ensuit pas du tout qu'à chaque remplacement de l'étalon de lumière on doive ou puisse changer la grandeur des unités photométriques qu'il reproduit. Il ne peut y avoir aucune nécessité scientifique de changer cette grandeur : il s'agit donc d'une valeur conventionnelle (arbitraire) ou d'un nombre conventionnel.

D'autre part, chaque changement des unités de mesure en usage dans un pays est accompagné de grandes difficultés et de pertes de ressources et de temps. Il ne suffit pas de changer la valeur des appareils de mesure utilisés dans un pays. Il est nécessaire d'être en état de tenir compte du changement des unités à chaque comparaison des grandeurs mesurées, en unités nouvelles avec leurs valeurs en unités anciennes. Lorsqu'en 1925 l'U. R. S. S.

---

(1) Voir P. M. ТИХОДÉЖЕВ, *L'état actuel de l'établissement d'un nouvel étalon de lumière* (en cours de publication dans les *Travaux du Comité photométrique de l'Académie des Sciences*).

Dans cet article, l'auteur analyse les imperfections du nouvel étalon photométrique; il signale entre autres :

1° Le changement peu accentué de la brillance lors du passage du platine de l'état liquide à l'état solide, ce qui limite la précision de la détermination de la température à laquelle il convient de mesurer la brillance. A cause de cela, le nouvel étalon a une précision de reproduction limitée.

2° Un éclairage faible sur l'écran du photomètre (10-11 lux), qui n'est pas le plus favorable aux mesures photométriques.

3° La présence du système optique (de la lentille et du prisme), qui fait baisser deux fois environ la précision des mesures, à cause de la nécessité d'une détermination spéciale de son facteur de transmission.

4° La distribution relative défavorable de l'énergie dans le spectre; le côté du spectre des grandes longueurs d'onde surpasse cent fois environ d'après sa puissance le côté des courtes longueurs d'onde. La couleur de l'étalon diffère beaucoup de celle qu'on a dans les sources lumineuses employées dans la pratique, à cause de quoi la précision des mesures photométriques, ordinairement exigée par la science et la pratique, se trouve diminuée.

5° Le mode d'emploi du corps noir, et, en particulier, la présence du système optique rend difficile l'emploi des mesures, énergétiques objectives. Ces mesures sont aussi rendues plus compliquées à cause de la difficulté de conserver longtemps l'étalon à une température stable, correspondant à la solidification du platine.

décréta la bougie internationale au lieu de la bougie Hefner, employée auparavant dans la pratique, on avait tenu compte de ce que la bougie internationale n'avait pas encore d'étalon sûrement établi. Mais on avait manifesté une confiance dans les ententes scientifiques internationales. Le document ayant trait à l'établissement de la bougie internationale en 1909, d'après une entente entre le Bureau of Standards des États-Unis, le National Physical Laboratory d'Angleterre et le Laboratoire Central d'Électricité (à Paris), contient l'indication que ces Instituts métrologiques conserveront immuable leur unité photométrique commune. (Commission internationale de l'Éclairage : *Recueil des Travaux*, session 1921, p. 42-44). La Commission internationale de l'Éclairage a adopté cette unité en 1921 en qualité d'unité internationale (*loc. cit.*, p. 40-41). C'est précisément en se basant sur ces décisions que l'U. R. S. S. a décrété sans hésiter le système international des grandeurs photométriques.

Il serait extrêmement regrettable de déroger aux ententes internationales, sans avoir des motifs scientifiques et pratiques tout à fait incontestables.

Dans tout le pays de l'U. R. S. S., se trouve en usage une grande quantité de lampes photométriques étalons, ainsi que de luxmètres, étalonnés d'après la valeur légale des grandeurs photométriques. On peut se représenter combien il peut y avoir de malentendus fondés sur le changement des grandeurs photométriques.

Il est important de noter que les lampes étalons ont comme grandeur photométrique une valeur qui n'est pas exprimée par un nombre rond.

L'arrondissement de la valeur de brillance de 58,9 à 60 stilbs ne donne par lui-même aucun avantage pratique; car il n'y a que les Instituts de Métrologie qui se servent de ces nombres, et cela même dans des cas bien rares.

2. *La dénomination de l'unité d'intensité lumineuse.* — Les propositions destinées à être présentées au Comité consultatif de Photométrie contiennent aussi la nouvelle dénomination de l'unité d'intensité lumineuse : « bougie » au lieu de « bougie internationale ».

Dans l'U. R. S. S. l'unité actuelle est ordinairement nommée « bougie ». Aux États-Unis, en Angleterre et en France la définition « internationale » est aussi souvent omise. C'est pourquoi la

conservation de l'ancienne dénomination pour la valeur modifiée de l'unité d'intensité lumineuse peut introduire une confusion. Il faut se rappeler à cette occasion que dans le système des grandeurs photométriques il n'y a que l'unité d'intensité lumineuse, « la bougie », qui soit ainsi nommée pour des raisons historiques, et, d'ailleurs, assez mal à propos à cause de l'emploi très répandu de ce mot dans la vie commune dans son sens original (un certain genre de source de lumière). Il est donc naturel d'établir à présent une dénomination convenable, la même pour tous les pays. A. Blondel a proposé en 1928 à la Commission internationale de l'Éclairage d'adopter la dénomination « pyr » (*Proceed. Internat. Congress of Illumination*, 1928, p. 776) (1). Pour la langue russe ce mot ne convient pas complètement à cause de l'existence du même mot dans un tout autre sens. Mais jusqu'à présent il n'y a pas d'autres propositions, quoiqu'il eût été bien utile d'en faire.

3. *Définitions du lumen, du stilb et de l'unité d'intensité lumineuse.* — Dans les propositions examinées, la définition de l'unité d'intensité lumineuse se distingue par sa construction des définitions des unités dérivées généralement adoptées. Est-il nécessaire de se départir ainsi des autres définitions ?

Il est le plus conforme au but d'agir comme cela a été fait dans les normes de l'U. R. S. S. ayant trait aux grandeurs photométriques. A savoir, on considère comme unité fondamentale, dans le système des grandeurs photométriques, l'unité de flux lumineux, le lumen, pour la raison que c'est le flux lumineux qui est la grandeur photométrique fondamentale. Toutes les autres unités sont dérivées du flux lumineux par corrélations physiques et mathématiques. Quant au lumen lui-même, il est défini d'après l'étalon de lumière fondamental. Notamment, il faut adopter la définition :

« Le lumen est le flux lumineux émis par une aire de  $0,005404$  (2) du corps noir, à la température de solidification du platine ».

*Note.* — La construction du corps noir et les conditions des

---

(1) Il avait déjà fait une proposition analogue en 1896.

(2)  $0,005404 = \frac{1}{\pi 58,9}$ . Le nombre définitif est à établir par le Comité consultatif de Photométrie.

mesures sont définies par la spécification adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.

Le projet de spécification en instance <sup>(1)</sup> propose à première vue de mesurer la brillance. En réalité, la brillance n'est pas mesurée; mais elle est calculée d'après l'éclairement mesuré. C'est pourquoi on dira plus strictement que l'étalon de lumière reproduit l'unité d'éclairement. Mais, comme l'éclairement est toujours observé sur une surface définie, on a pleinement raison de parler de la reproduction simultanée du flux lumineux. En général, les unités photométriques n'étant jamais reproduites séparément, on ne peut reproduire une grandeur photométrique sans produire le flux lumineux. Certes, tout dépend de ce que l'on considère en premier lieu. C'est pourquoi on est justifié de parler directement de la reproduction du lumen dans sa définition théorique, qui est tout à fait précise et qui ne provoque aucune contradiction; car cette définition théorique est à un certain degré conventionnelle, vu qu'elle n'est pas destinée à remplacer la spécification de l'étalon.

La définition de l'unité d'intensité lumineuse devient alors la suivante : c'est l'intensité lumineuse d'une source ponctuelle, dans les directions où elle émet un flux lumineux d'un lumen uniformément réparti dans l'angle solide unité (stéradian). Dans la définition de l'unité de brillance, le stilb, on ne doit plus s'en rapporter à l'étalon, mais il faut définir le stilb à l'aide de l'unité d'intensité lumineuse : c'est la brillance d'une surface plane présentant un rayonnement uniforme en tous ses points, dans une direction perpendiculaire à cette surface et ayant dans cette direction une intensité égale à une bougie internationale par centimètre carré.

4. *Sur les mesures photométriques des sources de lumière de différentes couleurs.* — Dans les propositions examinées, on trouve ailleurs : « Les valeurs des grandeurs photométriques des sources lumineuses ayant une couleur autre que celle de l'étalon primaire seront déterminées par un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité ».

Cette thèse établit une base de départ tout à fait précise pour

---

(1) Comité international des Poids et Mesures. *Procès-Verbaux des séances*, t. XII, 1931, p. 249-257.

toutes les méthodes possibles de mesures photométriques des sources de lumière de différentes couleurs. Par soi-même elle suffit complètement. Pourtant la seconde proposition (*voir* au commencement de l'article, *b*) a déjà traité aux détails techniques. Elle établit, comme méthode normale pour les mesures des sources de lumière de différentes couleurs, la méthode des filtres colorés.

L'emploi d'un tel procédé exige, comme on le sait : 1° une détermination de la distribution spectrale relative de l'intensité lumineuse pour la source lumineuse, auprès de laquelle on se sert du filtre coloré et, 2° une détermination des facteurs de transmission spectrale du filtre. Ces deux déterminations doivent être faites expérimentalement (pour les travaux métrologiques dans lesquels on veut obtenir une précision maxima). Les mesures spectrophotométriques, particulièrement celles qui se rapportent à la distribution relative de la puissance de rayonnement, présentent toujours certaines difficultés. Leur précision n'est pas très grande. Le choix des observateurs pour les mesures photométriques comprend obligatoirement la détermination de la sensibilité relative de chacun d'eux aux couleurs spectrales. Les mesures photométriques des sources de lumière de différentes couleurs, effectuées conjointement par plusieurs observateurs choisis de telle sorte que leur sensibilité moyenne aux couleurs spectrales soit précisément égale à la visibilité relative internationale adoptée, garantissent un résultat correct lors du changement de la couleur des grandeurs photométriques à déterminer en général et lors de la comparaison directe des grandeurs de différentes couleurs (par exemple quand on emploie un photomètre à contraste) sans qu'on se serve d'un filtre coloré. Ce dernier représente un moyen technique auxiliaire, très commode dans certains cas de mesures. Il n'est pourtant pas certain qu'on doive s'en servir dans toutes les circonstances sans exception.

Admettons qu'il s'agisse d'établir un étalon secondaire constitué par des lampes au tungstène à incandescence à vide à la température de couleur de l'ordre de 2300° K. Pour le comparer à l'étalon primaire constitué par un corps noir à la température de solidification du platine, on se sert d'une lampe de comparaison. Admettons aussi que sa couleur (et à un certain degré sa distribution relative de la puissance de rayonnement) est la même que celle de l'étalon primaire. Alors, suivant la proposition, nous avons à nous servir, pendant les mesures de l'étalon secondaire,

d'un filtre bleu placé du côté de la lampe de comparaison. Par conséquent, il faut faire les mesures suivantes : 1<sup>o</sup> mesure de la distribution spectrale relative de la puissance de rayonnement de la lampe de comparaison; 2<sup>o</sup> mesure des facteurs de transmission spectrale du filtre coloré; 3<sup>o</sup> comparaison de la lampe de comparaison avec l'étalon primaire; 4<sup>o</sup> comparaison de l'étalon secondaire avec la lampe de comparaison. Outre cela, lors du choix des observateurs on fait les mesures (1) : 5<sup>o</sup> de la distribution relative de la puissance de rayonnement dans le spectre de la lumière émise par une certaine lampe (puissante), et 6<sup>o</sup> les mesures spectrophotométriques relatives des différentes régions du spectre de cette dernière lampe par plusieurs observateurs choisis pour les mesures d'après les paragraphes 3 et 4.

Il est difficile de dire à l'avance si cette méthode de mesure se trouvera être plus précise que la comparaison directe de l'étalon secondaire avec la lampe de comparaison sans filtre, dans le cas où un nombre suffisant d'observateurs expérimentés est choisi; car on se passe de la première et de la deuxième série de mesures, dont la précision, comme nous l'avons déjà signalé, est moins élevée.

Mais, si 1<sup>o</sup>, l'on compare spectrophotométriquement l'étalon secondaire avec la lampe de comparaison, et 2<sup>o</sup>, si l'on détermine pour l'une de ces lampes la distribution relative de la puissance de rayonnement dans le spectre, on pourra calculer d'après ces deux séries de mesures la valeur de la grandeur photométrique correspondante pour l'étalon secondaire. Dans cette méthode de mesure, il est facile d'exclure l'influence des propriétés des yeux de l'observateur individuel (2). En outre, toutes les mesures (à l'exception de la comparaison de la lampe de comparaison avec l'étalon primaire) peuvent être effectuées par des procédés objectifs (sans que l'aide de l'œil participe aux mesures photométriques). Cette méthode de mesure a, dans certains cas, des avantages sensibles sur la méthode des filtres, et l'on ne devrait pas y renoncer.

Comme nous n'avons pas encore jusqu'à présent de données

---

(1) Comme, par exemple, cela fut fait par Gibson et Tyndall au Bureau of Standards des États-Unis (en 1923), lors de la détermination de la visibilité relative adoptée internationalement.

(2) Si les mesures spectrophotométriques sont effectuées au moyen de l'œil.

qui permettraient de préférer sans hésiter l'une des méthodes de mesures photométriques des sources de lumière de différentes couleurs aux autres méthodes, il serait rationnel, au point de vue de la métrologie générale, d'effectuer ces mesures par différentes méthodes; ce qui ne ferait que rehausser la précision et la sûreté des résultats.

Voilà pourquoi il faut considérer comme fondamental dans les résolutions du Comité consultatif de Photométrie sur les mesures des sources de lumière de différentes couleurs, l'emploi de la visibilité relative adoptée déjà sur l'échelle internationale. Quant à la méthode des filtres colorés, elle peut être recommandée séparément comme une des méthodes commodes dans la pratique.

(Sur les filtres colorés et leurs mesures internationales voir les rapports : Comité international des Poids et Mesures, *Procès-Verbaux*, t. XVI, 1933, p. 296-325).

## II.

Léningrad, le 2 juin 1937.

Monsieur le Président,

Comme suite à notre lettre du 28 février, nous avons l'honneur de vous communiquer que nous avons reçu du Bureau of Standards des documents contenant quelques explications de caractère scientifique, relatives aux raisons qui ont provoqué la proposition de modifier la valeur de la bougie internationale. Jusqu'alors nous n'avions pas connu ces raisons.

Dans l'U. R. S. S., le système des unités photométriques est basé sur l'étalon fondamental sous forme d'un groupe de lampes électriques à incandescence, portées à une température de couleur de 2350° K environ. Pour cette raison, la proposition de modifier la valeur de l'unité d'intensité lumineuse reproduite par les lampes-étalons à incandescence à filament de carbone ne touche pas l'U. R. S. S., pour autant qu'on a en vue de conserver précisément les valeurs des unités photométriques reproduites par les lampes-étalons aux températures de 2360-2800° K.

Les champs de comparaison dans les photomètres, employés au laboratoire photométrique de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., ont une dimension angulaire de 4° environ, ce qui est comparativement proche des conditions de la définition de la visibilité relative adoptée internationalement (K. S. GIBSON

et E. P. T. TYNDALL, *Visibility of radiant energy*, Scient. Pap. Bur. of St., 1923, p. 133). En outre, l'Institut de Métrologie a pris en considération le fait de la coïncidence assez satisfaisante des résultats des mesures hétérochromes à l'aide d'un champ de comparaison à contraste de dimension considérable avec les calculs d'après la visibilité relative internationale, dans notre pratique, ainsi que dans celle des Instituts métrologiques des autres pays (Comité International des Poids et Mesures, *Procès-Verbaux des séances*, 1933, 2<sup>e</sup> série, t. XVI; p. 296-303; 304-322. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, vol. 13, 1934, N<sup>o</sup> 2, p. 161-168).

Comme résultat de l'étude de cette question, l'Institut de Métrologie est arrivé à la même conclusion que les autres organisations photométriques compétentes de l'U. R. S. S., à savoir :

1<sup>o</sup> L'unité du flux lumineux, le lumen, est le flux lumineux émis par un radiateur intégral à la température de solidification du platine d'une aire de  $0\text{cm}^2$ , 005305 (1).

*Note.* — La construction du corps noir et les conditions des mesures sont définies par la spécification adoptée par le Comité international des Poids et Mesures.

2<sup>o</sup> a. Les valeurs des grandeurs photométriques des sources lumineuses ayant une couleur autre que celle de l'étalon primaire seront déterminées par un procédé tenant compte de la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité.

b. Pour assurer aux Instituts métrologiques des différents pays l'uniformité dans le procédé de transition du nouvel étalon primaire aux étalons secondaires présentant un rendement photométrique plus élevé, on adopte la méthode des filtres bleus, qui, intercalés entre le photomètre et l'une des sources lumineuses à comparer, rétablissent la sensation de couleurs identiques sur les deux plages de l'écran photométrique.

Le facteur de transmission de ces filtres doit être déterminé en calculant le facteur de transmission totale en fonction de la courbe de transmission spectrale, en utilisant dans ce calcul la courbe des facteurs de visibilité adoptée par le Comité international des Poids et Mesures. Les observateurs devront être choisis de telle

---

(1)  $\frac{1}{\pi \cdot 60} = 0,005305$ .

sorte et les conditions d'observation devront être telles que la moyenne des résultats représente ce qu'obtiendrait un observateur dont l'œil serait identique à celui que définit la courbe de facteurs de visibilité mentionnée ci-dessus.

En vous faisant part de nos conclusions, nous vous prions, M. le Président, de les considérer comme préliminaires. Nous donnons pleins pouvoirs à notre délégué au Comité consultatif de Photométrie de vous communiquer, après avoir pris connaissance de tous les détails de la question aux séances de ce Comité, la conclusion définitive.

Veillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération et de mes sentiments dévoués.

L. ZALUTZKY.

ANNEXE P 6.

---

I.

LETTRE

DE M. LE MINISTRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES  
DE BELGIQUE

AU PRÉSIDENT DU COMITÉ INTERNATIONAL  
DES POIDS ET MESURES.

---

Bruxelles, le 24 mai 1937.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

A différentes reprises dans le cours de ces dernières années, mon Département a été saisi de demandes ayant pour objet de voir légaliser les unités photométriques, lesquelles constituent le fondement indispensable de toute réglementation dans les divers domaines où ces unités interviennent.

Sur avis conforme des organismes nationaux consultés, il a été répondu à ces demandes que le système d'unités et d'étalons photométriques à légaliser en Belgique ne pouvait pas être contraire aux décisions de la Conférence générale des Poids et Mesures ou des organismes dûment mandatés par elle et qu'étant donné, par ailleurs, que ces décisions semblaient devoir intervenir dans un délai assez rapproché, il convenait d'attendre que ces Hautes Institutions se soient définitivement prononcées.

Faisant suite à un examen de la question ainsi précisée, le Comité national belge de l'Éclairage vient de m'adresser, sous la date du 15 avril dernier, une communication dont je crois devoir porter ci-après les principaux passages à votre connaissance :

« Dans son assemblée générale du 10 courant, le Comité

national belge de l'Éclairage a émis le vœu que, lors de sa prochaine réunion, qui doit avoir lieu en juin prochain à Paris, le Comité international des Poids et Mesures prenne une décision définitive au sujet des unités et des étalons photométriques. Cette mesure permettrait aux nombreux pays qui n'ont pas encore pu le faire, et en particulier à la Belgique, de régler efficacement le marché des lampes électriques.

« En émettant ce vœu, et en se permettant d'insister à ce sujet d'une manière particulièrement pressante, le Comité national belge de l'Éclairage reste entièrement d'accord avec l'Association belge de Standardisation et le Comité Électrotechnique belge, c'est-à-dire avec les organismes conjointement avec lesquels le Comité national a eu déjà précédemment l'honneur d'attirer votre bienveillante attention sur l'importance de cette question et sur la nécessité de la résoudre sans retard.

« Il serait dès lors extrêmement souhaitable, à notre avis commun, qu'immédiatement après la réunion de Paris, votre Département veuille bien prendre toutes les dispositions utiles pour atteindre le but que nous venons de rappeler. »

La 8<sup>e</sup> Conférence générale, ayant par sa résolution n<sup>o</sup> 11, du 6 octobre 1933, délégué ses pouvoirs en ce domaine au Comité international, je me permets d'insister auprès de celui-ci, au nom du Gouvernement belge, pour que soient prises le plus tôt qu'il sera possible les dispositions permettant de donner satisfaction, par une solution internationale, aux vœux émis par les Associations techniques intéressées.

D'autre part, si par la suite, le Bureau international des Poids et Mesures pouvait être à même de déterminer ou vérifier certains étalons photométriques appartenant aux pays adhérents à la Convention du Mètre, cette extension de l'activité du Bureau international serait vue en Belgique d'un œil très favorable et ne pourrait, me semble-t-il, que contribuer à l'unification internationale de l'importante grandeur physique qu'est l'unité de lumière.

Veillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

*Le Ministre,*  
PH. VAN ISACKER.

II.

## LETTRE

DE M. LE MINISTRE DE HONGRIE EN FRANCE

AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL  
DES POIDS ET MESURES.

Paris, le 17 juin 1937.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

La VIII<sup>e</sup> Réunion Internationale des Poids et Mesures, du 3-10 octobre 1933, a pris une résolution concernant l'établissement d'un étalon de lumière et a donné au Comité international des Poids et Mesures les pouvoirs nécessaires pour fixer, au moment convenable et après avis du Comité consultatif, les spécifications ayant trait à l'étalon de lumière, et prendre toutes les mesures d'exécution convenables. La VIII<sup>e</sup> Réunion des Poids et Mesures a pris la résolution en question, c'est du moins dans ce sens que la Légation a été informée, dans le but de hâter l'établissement de la définition exacte de l'unité sur une nouvelle base et en a chargé le Comité international des Poids et Mesures, sans attendre la réunion prochaine, qui n'est prévue que dans six ans. On peut donc espérer que la nouvelle unité se fera dans les deux ans. Après quoi, il est vraisemblable que même les États qui jusqu'à présent n'utilisaient que les bougies Hefner accepteront la nouvelle unité.

Par ordre de mon Gouvernement, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance qu'il considère comme utile et verrait avec plaisir toutes les mesures qui pourraient être prises par le Comité des Poids et Mesures, en vue de l'établissement d'un service régulier au Bureau International des Poids et Mesures, qui serait chargé de la révision et du contrôle des étalons photométriques. Le Gouvernement hongrois désirerait également que la nouvelle unité, dont il est question plus haut, soit définie au plus tôt.

En vous transmettant ces desiderata, je vous prie, Monsieur le Directeur, de vouloir bien les soumettre au Comité International des Poids et Mesures. D'autre part, je vous serais très reconnaissant si vous vouliez bien m'informer, en son temps, de la suite qui aura été donnée à la demande du Gouvernement hongrois.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

KHUEN-HÉDERVÁRY,  
Ministre de Hongrie.

---

III.

**EXTRAIT D'UNE LETTRE**

• ADRESSÉE PAR M. LE DIRECTEUR

**DU BUREAU FÉDÉRAL DES POIDS ET MESURES  
DE BERNE**

**AU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL  
DES POIDS ET MESURES.**

---

Berne, le 12 juin 1937.

.....  
Quant à la création d'un Comité consultatif de Photométrie, ainsi que l'extension de l'activité du B. I. P. M. dans ce domaine, nous pouvons vous dire que nous soutenons vivement cette initiative.

Non seulement la détermination d'une nouvelle unité-lumière, mais aussi des directives internationales concernant les méthodes de mesures sont absolument nécessaires. En outre, il serait désirable qu'aux États qui ne sont pas à même d'exécuter eux-mêmes des mesures absolues, des étalons normaux secondaires fussent fournis par le B. I. P. M.

A cette occasion je me permets de vous demander si le B. I. P. M. est disposé à exécuter pour les États faisant partie de la Convention du Mètre des vérifications de résistances normales et d'éléments normaux, comme cela a été jusqu'à présent le cas pour les mesures de longueur et les poids. De plus, il nous intéresserait de savoir si, après la détermination des valeurs des unités absolues, la délivrance d'unités, par exemple ohm-étalon, aux États adhérents à la Convention du Mètre est envisagée. Pour autant que nous l'avons pu constater, un tel procédé serait bien accueilli par un certain nombre d'États et donnerait suite à leur attente quant à l'extension de l'activité du B. I. P. M.

*Le Directeur,*  
F. BUCHMULLER.

---

## NOTICES NÉCROLOGIQUES

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

## JOHN CUNNINGHAM MC LENNAN

Par M. M. DEHALU.

John Cunningham Mc Lennan fit ses études à l'Université de Toronto. Bénéficiaire d'une bourse créée au moyen des bénéfices réalisés par la grande Exposition de 1851, il quitta l'Ontario (Canada) pour se rendre au laboratoire Cavendish, à Cambridge, où, sous la direction de Sir J.-J. Thomson, se poursuivaient des recherches relatives à l'électron et à l'ionisation des gaz.

A son retour à Toronto, il fut attaché au laboratoire de physique de l'Université de cette ville en qualité de préparateur, et il publia, dans les *Transactions of the Royal Society*, un important mémoire sur l'ionisation des gaz par les électrons en mouvement. Il montra que cette ionisation était analogue à celle due aux rayons de Roëntgen ou aux radiations de l'Uranium. Il avait alors 32 ans.

En même temps que Rutherford et H.-L. Cooke, à l'Université Mc Gill, découvraient la radiation pénétrante qu'ils attribuaient en majeure partie à des substances radioactives du sol, Mc Lennan et E.-F. Burton arrivaient à des résultats similaires à Toronto. On ne prévoyait pas alors l'extension de la radiation cosmique à ce domaine.

Mc Lennan continua ses recherches sur « l'ionisation naturelle » dans des enceintes closes et attribua ces effets à des quantités infimes de substances radioactives, polonium dans les murs ou radon dans l'air en vase clos.

En exposant des électroscopes scellés sur la glace du lac Ontario, il prouva de façon définitive que le rayonnement pénétrant sur terre était plus grand qu'au-dessus de l'eau, ce qui montre que, pour une grande part, le rayonnement pénétrant provenait du radium qui, selon Lord Rayleigh, est distribué un peu partout en faibles quantités dans les roches et les sédiments primaires et secondaires.

Avec une inlassable persévérance, Mc Lennan s'attacha à recueillir des fonds pour construire, à l'Université de Toronto, ce grand laboratoire de physique qui porte actuellement son nom, et qu'il équipa principalement en vue de recherches spectroscopiques.

Un de ses premiers succès dans cette voie fut sa découverte du spectre élémentaire de raies du zinc, du cadmium et du magnésium, dont il déduisit les potentiels d'ionisation. Ce travail complétait celui de Frank et Hertz, qui avaient obtenu le spectre élémentaire du mercure. Des électrons de bas voltage projetés dans un tube à décharge exciteront d'abord une raie simple; mais, à un voltage critique plus élevé, les spectres à raies nombreuses apparaissent.

Pendant la grande guerre, Mc Lennan vint en Angleterre et mit sa science au service de l'Amirauté. Il prit une part active aux recherches entreprises pour la lutte contre les sous-marins. En même temps, il organisa l'extraction de l'hélium des gaz naturels de Calgary, et en recueillit de notables quantités, destinées aux ballons et aux dirigeables, mais qui, en réalité, furent utilisées après la guerre à des fins expérimentales.

La guerre passée, Mc Lennan retourna à Toronto et continua ses travaux spectroscopiques, qui lui valurent en 1927 la médaille de la « Royal Society ». L'année suivante, appelé à faire la « Bakerian lecture », il choisit comme sujet *L'aurore et son spectre*.

La brillance de l'aurore est, comme le montre le spectroscopie, due pour une part à l'azote, et Stormer a établi que la hauteur minima de la décharge dans l'atmosphère se trouvait à environ 80 milles au-dessus du niveau de la mer.

D'autre part, Lord Rayleigh, Végard et d'autres avaient montré que le spectre de l'atmosphère par une nuit claire présentait une raie verte notable ( $\lambda$  5377), sur l'origine de laquelle on était loin d'être d'accord.

Dans sa conférence bakérienne (*Proc. Roy. Soc.*, A, 120, 1928), Mc Lennan fit part des expériences qu'il avait poursuivies en laboratoire, en collaboration avec G.-M. Shrum, et qui prouvaient que la raie verte était due à l'oxygène, mêlé en proportions convenables à de l'argon, qui, lorsqu'il se trouve dans un état métastable, est à même de transmettre son énergie à un type différent de gaz, comme Frank l'a montré dans des cas similaires.

On doit encore à Mc Lennan la création, à Toronto, d'un

laboratoire cryogénique, où il entreprit, avec ses collaborateurs, l'étude des relations entre la supraconductibilité et le magnétisme dans les éléments et les alliages. Ces recherches sont actuellement continuées par E. F. Burton, qui succéda à Mc Lennan, à sa mise à la retraite, en 1932.

Mc Lennan a publié seul, ou en collaboration avec ses élèves, plus de cinquante Mémoires, qui ont paru dans les *Proceedings of the Royal Society*.

Après sa retraite, Mc Lennan s'établit en Angleterre, où il trouva une nouvelle occasion de déployer son admirable activité.

« C'est en grande partie à son influence, écrit Lord Rutherford, que l'Union Minière de Bruxelles nous prêta généreusement 5<sup>kg</sup> de radium pour expérimenter l'effet de radiations massives sur les tumeurs cancéreuses. »

Mc Lennan suivit d'ailleurs de près cette recherche, passant une grande partie de son temps au « Radium Institute », où se poursuivaient ces expériences.

Mc Lennan succomba à une lésion cardiaque, sur le parcours de Paris à Calais, le 9 octobre 1935; il était âgé de 68 ans.

De nombreuses distinctions scientifiques étaient venues consacrer la valeur de ses travaux. En 1924, il avait été élu Président de la « Royal Society of Canada », et deux ans plus tard, il recevait la médaille Flavelle de cette société. Membre de la « Royal Society » en 1915, il avait été élevé à la dignité de Chevalier en 1935.

Sa perte fut douloureusement ressentie par ses nombreux collaborateurs, élèves et amis, qui avaient su apprécier son infatigable ardeur au travail et son grand cœur.

Mc Lennan faisait partie depuis 1928 du Comité international des Poids et Mesures, où ses conseils étaient fort appréciés.

## LOUIS BODOLA DE ZÁGON

PAR M. Z. RAUSZER.

---

Louis Bodola de Zágon naquit en Italie près de Gènes. Son père, de nationalité hongroise, ayant pris part à l'insurrection nationale de 1848, fut obligé de se réfugier à l'étranger. Avec l'héroïque patriote Kossuth, il émigra en Italie. C'est là qu'il se maria.

Dans la patrie de sa mère, le jeune Louis Bodola commence ses études et devient bachelier en 1878. Il poursuit son instruction à la Faculté de Mathématiques et des Sciences de l'Ingénieur à l'Université de Catane. Cependant, les aspirations nationales des Hongrois ont reçu satisfaction, et la patrie rappelle ses meilleurs fils. Louis Bodola n'a pas le temps d'achever ses études en Italie. En 1879, son père regagne sa patrie avec toute sa famille, et Louis Bodola se fait inscrire à l'Université des Sciences techniques de Budapest, où il obtient en 1885 le diplôme d'ingénieur avec la mention : excellent.

L'Université ne veut pas se séparer de son brillant élève, et le garde en qualité d'assistant auprès de la chaire de construction des ponts. Consécutivement il devient répétiteur de mécanique et de statique graphique, répétiteur et adjoint de géodésie. En 1887, pendant une demi-année, il élargit ses connaissances en géodésie à l'Institut Géodésique de Potsdam auprès de l'illustre Helmert, et en 1894 l'Université lui confie la chaire de géodésie, dont il devient titulaire en 1896. Élu plusieurs fois doyen de la Section des Ponts et Chaussées, et recteur en 1910, n'ayant pu, pour raisons de santé, accepter cette charge, il a pris sa retraite en 1912.

Les travaux techniques et scientifiques de Louis Bodola se rapportaient aux spécialités auxquelles il se voua, à savoir : les ponts et la géodésie. Il est l'auteur d'une remarquable étude expérimentale concernant les mouvements du pont Elisabeth à Budapest, qui lui a permis d'imaginer une élégante solution pour l'emplace-

ment des tourelles du pont, sans encombrer les quais. Participant aux travaux gravimétriques de l'éminent savant, baron Eötvös, il exécuta les mesures de géodésie supérieure nécessaires à ce but.

Il publia maintes études en langue hongroise sur les instruments et méthodes de mesures géodésiques, sur les télémètres et les planimètres, ainsi qu'un traité de la Théorie des erreurs d'observation et de la Méthode des moindres carrés (1905).

Bodola exerça son activité dans le domaine propre de la métrologie en assumant, depuis 1899 jusqu'à 1900, la charge de directeur du Comité Central des Poids et Mesures. Cet office était le prédécesseur de l'office actuel : l'Institut Central Royal Hongrois des Poids et Mesures. Sous la direction de Bodola, et avec son concours personnel, fut élaboré le texte de la loi V de 1907 sur les mesures et les étalons de mesures. Cette loi fut la première qui stipula les définitions de toutes les unités de mesures sans se restreindre, comme il était d'usage jusqu'alors, à traiter seulement les unités géométriques et celles de masse. De ce fait, elle marque un progrès considérable dans l'évolution mondiale de la métrologie légale.

Élu en 1894 au Comité International des Poids et Mesures pour succéder à son compatriote M. Kruspér, il y déploya une activité zélée, en s'intéressant vivement au Bureau international. En 1923, il assuma la charge de secrétaire du Comité; malheureusement sa santé défaillante ne lui permit pas de garder ce poste au delà de 1927, époque où il dut l'abandonner, tout en restant toujours membre du Comité. Ses forces déclinant sans cesse, il résigna définitivement ces fonctions en 1929. En signe de reconnaissance le Comité lui conféra alors le titre de Membre honoraire.

Il succomba en juin 1936, à l'âge de 77 ans.

Louis Bodola de Zágon a vécu une belle vie. Tout jeune il a pu regagner la patrie restaurée, et il a eu l'avantage de la servir en qualité d'ingénieur et de savant pendant une longue période d'activité virile et de noble labeur. Comme ingénieur, il a participé à l'exécution d'œuvres d'art, qui survivront pendant longtemps à leurs auteurs, et rappelleront leurs noms aux générations futures. Comme géodésien et métrologiste distingué, il a collaboré aux grands travaux géophysiques de précision, dont les résultats conserveront toujours leur valeur, et a enrichi la littérature scientifique de son pays.

Ses mérites lui ont valu le grade de docteur *honoris causa* de deux Universités; il a été décoré de l'Ordre de la Couronne de fer de III<sup>e</sup> classe et de la Croix d'Officier de la Légion d'Honneur.

Son attitude était empreinte d'une dignité qui puisait sa source dans la valeur réelle de son âme élevée; elle était en même temps pleine de courtoisie pour ceux qui entraient en relation avec lui. Son charme personnel, le sourire qui révélait un cœur bienveillant attiraient vers cet homme distingué et aimable les sympathies de tous les cœurs.

M. le Comte P. Teleki, Recteur de l'Université Palatin Joseph Royale Hongroise des Sciences Techniques et Économiques, a eu la grande obligeance de me faire parvenir des données précises sur la vie et sur l'œuvre de Louis Bodola de Zagon. Qu'il me soit permis de le remercier ici chaleureusement.

---

## LEONARDO TORRES Y QUEVEDO

Par M. B. CABRERA.

---

Né à Santa Cruz de Santander, le 28 décembre 1852, et décédé à Madrid le 18 décembre 1936, M. Torres y Quevedo a eu un rôle éminent dans l'Espagne moderne. Ses études scientifiques ont été faites à l'*Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, de Madrid. En dépit de son activité comme technicien, il faut le classer parmi les hommes de science plutôt que parmi les ingénieurs. Pour favoriser le développement de son génie, l'État espagnol fonda à Madrid, dans les premières années du siècle actuel, un laboratoire spécial mis sous sa direction (et qui existe encore), destiné à faciliter l'œuvre de tous ceux qui ont des idées ingénieuses et utiles pour tout ce qui intéresse la mécanique. M. Torres y Quevedo a aussi fait partie du groupe de l'élite espagnole qui, sous la présidence de S. R. Cajal, dans la *Junta para Ampliacion de Estudios é Investigaciones científicas*, a consacré son activité au développement de la vie scientifique en Espagne, dont la renaissance actuelle est la conséquence et permet de juger de l'efficacité de son action.

Reçu membre de l'Académie des Sciences de Madrid au mois de mai 1901, il en a occupé la présidence de 1928 à 1934. Il a appartenu aussi à l'*Academia Espanola*, a été nommé Membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris en 1920, et y a pris place au titre d'Associé étranger en 1927. D'autres Académies et Sociétés savantes nationales et étrangères l'ont honoré aussi de leurs titres de Membre correspondant. Enfin, les Universités de Coïmbra (1921) et Paris (1923) lui ont attribué le titre de Docteur *Honoris causa*.

Élu membre du Comité international des Poids et Mesures en 1921, il a pris part à ses travaux jusqu'en 1929, époque à laquelle il démissionna pour raisons de santé, et fut nommé Membre honoraire. Collaborateur dévoué, il a assisté à toutes les séances ordinaires du Comité et aux Conférences générales des Poids et Mesures de 1921 et 1927.

L'œuvre scientifique de Torres y Quevedo met en lumière sa haute culture, sa remarquable ingéniosité et fréquemment un profond esprit philosophique. Sa production, limitée au domaine de la mécanique, laisse pourtant percevoir des directions nettement différentes. On peut grouper premièrement quelques inventions d'intérêt pratique, œuvres de l'ingénieur, comme les transbordeurs installés dans le *Monte Ulia* de San Sebastian et sur les cataractes du Niagara, dont les nacelles sont suspendues par un système de câbles à tension constante. Au même groupe appartient le dirigeable souple à charpente funiculaire, qui a joué un rôle important dans l'aéronautique militaire avant le développement des avions. Dans le même ordre d'idées, citons encore, mais surtout comme un acheminement vers les réalisations pratiques de l'avenir, le *télékine*, qui utilise les ondes hertziennes pour la commande à distance. Sa première réalisation a été assurée par le Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris. Mis au point dans son Laboratoire à Madrid, cet appareil a pu être employé pour diriger d'un poste fixe à terre un petit bateau naviguant en rade de Bilbao. La difficulté, insurmontée jusqu'à présent, d'éliminer des agents perturbateurs externes rend presque illusoire les avantages facilement attribués au système.

Mais l'œuvre vraiment fondamentale de Torres y Quevedo est constituée par ses études sur la réalisation de machines à calculer, suivant les principes de la nomographie. La perfection de la réalisation mécanique est telle qu'elle permet de traduire un système de relations analytiques simultanées. Torres en a donné un compte rendu à l'Académie de Paris en 1901, dans un Mémoire inséré dans le Recueil des Savants étrangers. Sur un rapport très élogieux d'Appell, l'Académie lui a attribué, en 1916, le prix de Parville.

La plus importante des machines à calculer réalisées par Torres y Quevedo permet, grâce à une combinaison judicieuse d'arithmophores et de fusées sans fin, l'obtention mécanique des racines réelles d'équations algébriques de degré quelconque, ainsi que les modules et les arguments des racines imaginaires. Par le même principe, l'inventeur est arrivé mécaniquement à obtenir les intégrales particulières d'une équation différentielle répondant à des conditions initiales données.

Pendant beaucoup d'années, peut-être plus de la moitié de sa vie, Torres y Quevedo a été préoccupé par la résolution de pro-

blèmes du chapitre de la science qu'il appelait *Automatique*, dont le but est d'utiliser les ressources de la mécanique et de l'électricité pour « construire un automate dont tous les actes dépendent de circonstances plus ou moins nombreuses, suivant des règles que l'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction ». La possibilité de la solution concrète de chaque problème est conditionnée par la connaissance de telles règles, et pour en donner une preuve empirique, Torres a construit un joueur d'échecs automatique (*ajedrecista*). « C'est un appareil, dit-il, qui joue aux échecs comme s'il était un être intelligent, répondant au partenaire impeccablement jusqu'à faire échec et mat au roi. En outre, si l'adversaire commet une infraction à la règle, l'automate l'en avertit en allumant une lampe électrique. A la troisième infraction l'automate refuse de continuer et le mécanisme s'arrête. Cet appareil n'a aucune finalité pratique; mais il vient soutenir ma théorie... » « Évidemment les règles devront suffire à déterminer à tout moment, sans aucune incertitude, la conduite de l'automate ».

Bien que l'automate ne dispose que du roi et d'une tour, de sorte que le jeu est d'une simplicité extrême, il se comporte en face de son partenaire intelligent de telle façon qu'on a l'impression de jouer avec une personne consciente. Certainement l'appareil a une complexité assez grande, puisque ses différentes pièces remplissent un cube de quelque 60<sup>cm</sup> d'arête; mais on ne peut pas se défendre d'admettre qu'avec une machine qui, peut-être, occuperait un volume de quelques centaines de mètres cubes, on arriverait à construire un automate dont le jeu soit plus parfait que celui du plus renommé des joueurs, ce qui donne une certaine mesure de la complexité de notre cerveau.

Si l'*ajedrecista* de Torres y Quevedo n'est qu'un appareil pour faire comprendre l'intérêt de l'automatique, son calculateur automatique peut être d'une grande utilité pour les calculs arithmétiques. Si l'on demande le produit de deux facteurs, ou le quotient de deux nombres, une fois ceux-ci écrits et mis le calculateur en mouvement, il réalise l'opération jusqu'à l'écriture du produit total, ou du quotient.

Comme tous ceux qui ont eu l'avantage de vivre en contact avec Torres y Quevedo, nous ne pouvons pas considérer sans une profonde douleur la disparition de l'illustre savant, dont les conseils étaient toujours marqués d'un esprit vraiment paternel.

---

## PAUL JANET

Par M. CH. FABRY.

---

Paul Janet, mort le 21 février 1937, n'appartenait au Comité international des Poids et Mesures que depuis 1931; c'est pendant moins de six ans qu'il a fait partie de ce Comité, mais il y a tenu une grande place et son activité s'y est exercée de la manière la plus utile. Le devoir m'incombe de rappeler brièvement ici sa carrière si bien remplie, en insistant sur son rôle en métrologie et particulièrement au Comité international.

Né en 1863, Paul Janet était le fils du philosophe bien connu qui fut professeur à la Sorbonne (Faculté des Lettres) et Membre de l'Académie des Sciences morales et politiques. Après de brillantes études secondaires où il se révélait également apte à tous les travaux intellectuels, il entra, en 1883, à l'École Normale supérieure (section des Sciences); il en sortit en 1886, agrégé de Physique, et fut presque aussitôt envoyé, comme chargé de cours, à la Faculté des Sciences de Grenoble, où, un peu plus tard (1893), il devint professeur titulaire dans la chaire de Physique. Janet était, dès ses débuts, un remarquable professeur, et son enseignement obtint tout de suite un vif succès; mais il ne négligea pas les recherches de laboratoire, et, bien qu'un peu isolé dans une ville de province, il mena à bien un travail important sur « l'aimantation transversale des conducteurs magnétiques », qui lui valut le grade de docteur ès sciences (1890).

Le séjour de Janet à Grenoble coïncidait avec l'époque où la grande industrie électrique commençait son mémorable développement; la région de Grenoble, riche en chutes d'eau, fut l'une de celles où, sous l'impulsion de chefs d'industrie d'une haute valeur, l'importance de ce mouvement commença à se manifester. Janet, chargé de l'enseignement de la Physique, attiré par ses recherches vers les questions d'électricité, ne pouvait manquer de s'intéresser à cette nouvelle industrie, dont il devinait l'importance pour un très proche avenir. De cette industrie, des principes

sur lesquels elle repose, le public ignorait tout; Janet pensa qu'il y aurait œuvre utile à faire en vulgarisant ces principes; il ouvrit, en 1892, un cours d'électricité industrielle, destiné au grand public; et ce cours obtint un grand succès. Cette circonstance entraîna Janet de plus en plus vers les questions d'électricité, et détermina ainsi l'orientation de toute sa carrière.

En 1894, la nécessité se fit sentir de développer en France l'enseignement, alors un peu limité, des Facultés des Sciences. Janet fut nommé à la Faculté des Sciences de Paris, chargé d'un nouvel enseignement destiné à des jeunes gens n'ayant qu'une instruction mathématique rudimentaire, futurs médecins pour la plupart. Les qualités pédagogiques de Janet devaient y trouver leur emploi; c'est seulement en 1920 qu'il put abandonner cet enseignement, qu'il faisait avec autant d'ardeur que de succès.

Cependant, l'industrie électrique ayant continué à se développer, ses dirigeants comprirent la nécessité, pour la technique française, de s'appuyer sur une base solide. La « Société internationale des Électriciens », fondée à Paris en 1883 et devenue plus tard « Société française des Électriciens », avait créé successivement un « Laboratoire d'Électricité » et une « École supérieure d'Électricité ». En 1895, les directions de ces deux établissements furent réunies dans les mêmes mains, et cette lourde charge fut confiée à Janet. C'est à cette double direction que Janet, pendant 40 ans, consacra la plus grande partie de son activité.

Toutes les questions de mesures électriques étaient du domaine du Laboratoire central d'Électricité, et elles sont dominées par celles relatives aux unités électriques, et par suite à la métrologie. Janet avait immédiatement compris l'importance que présentait l'établissement du système d'unités électriques sur des bases aussi précises que possible. Disposant de très peu de temps pour des travaux personnels au Laboratoire, Janet sut recruter des collaborateurs d'une haute valeur scientifique, qui tous devinrent ses amis; il sut les faire travailler utilement, les aidant de ses conseils de la manière la plus efficace. La plupart des travaux faits en France sur les unités électriques l'ont été sous sa direction; les recherches de Laporte, Jouaust, de La Gorce, Illyici et plusieurs autres, portant sur l'équivalent électrochimique de l'argent, sur les piles étalons, sur la détermination de l'unité de résistance, ont été faites dans son laboratoire, et pour ainsi dire sous ses yeux. Ces recherches ne sont pas

terminées; bien que Janet se soit, le plus souvent, effacé devant ses collaborateurs, son nom restera associé à un bel ensemble de travaux de métrologie électrique.

Les progrès de l'éclairage électrique avaient, d'autre part, conduit les électriciens à prendre en mains la question des unités photométriques. Le laboratoire que dirigeait Janet joua aussi, dans cette question, un rôle particulièrement utile. Ce laboratoire fut l'un des signataires de la Convention de 1909 entre les laboratoires américain, britannique et français, qui donna une valeur commune à l'unité d'intensité lumineuse.

Cette longue série de travaux avait mis Janet en contact avec le Bureau international des Poids et Mesures, et l'avait convaincu de la nécessité de faire intervenir dans ces questions la haute autorité du Bureau. En 1927, le Comité international des Poids et Mesures ayant organisé une réunion scientifique chargée d'étudier diverses propositions sur les unités électriques, Janet fit partie de cette réunion. C'est lui qui, le 29 septembre 1927, présentait au Comité international le projet de création d'un *Comité consultatif d'Électricité*, qui fut adopté à l'unanimité.

Dès la formation de ce Comité, en 1928, Janet en fit partie; n'étant pas encore membre du Comité international des Poids et Mesures, Janet ne pouvait devenir président du Comité consultatif; mais il en fut dès le début, le président effectif comme représentant de M. Volterra, président officiel, qui lui avait délégué ses pouvoirs.

En 1931, Janet entrait dans le Comité international des Poids et Mesures, comme successeur de Paul Appell. Aussitôt, il fut nommé officiellement président du Comité consultatif d'Électricité, qui devint bientôt le *Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie*. Il resta en fonctions jusqu'à sa mort.

En 1933, la VIII<sup>e</sup> Conférence générale décidait de créer un Comité consultatif séparé pour la Photométrie. Janet, vivement sollicité, mais surchargé de fonctions, en avait accepté la présidence, mais seulement à titre provisoire. Cependant, il s'occupa très activement des travaux de ce Comité:

Au Comité international des Poids et Mesures, Janet a eu une influence considérable; non seulement il s'intéressait très vivement aux questions scientifiques, mais il apportait aussi une grande attention à la partie administrative; en particulier, il a beaucoup contribué à la création, en 1933, de la *Commission Administrative Permanente*, dont il devint membre; sa grande

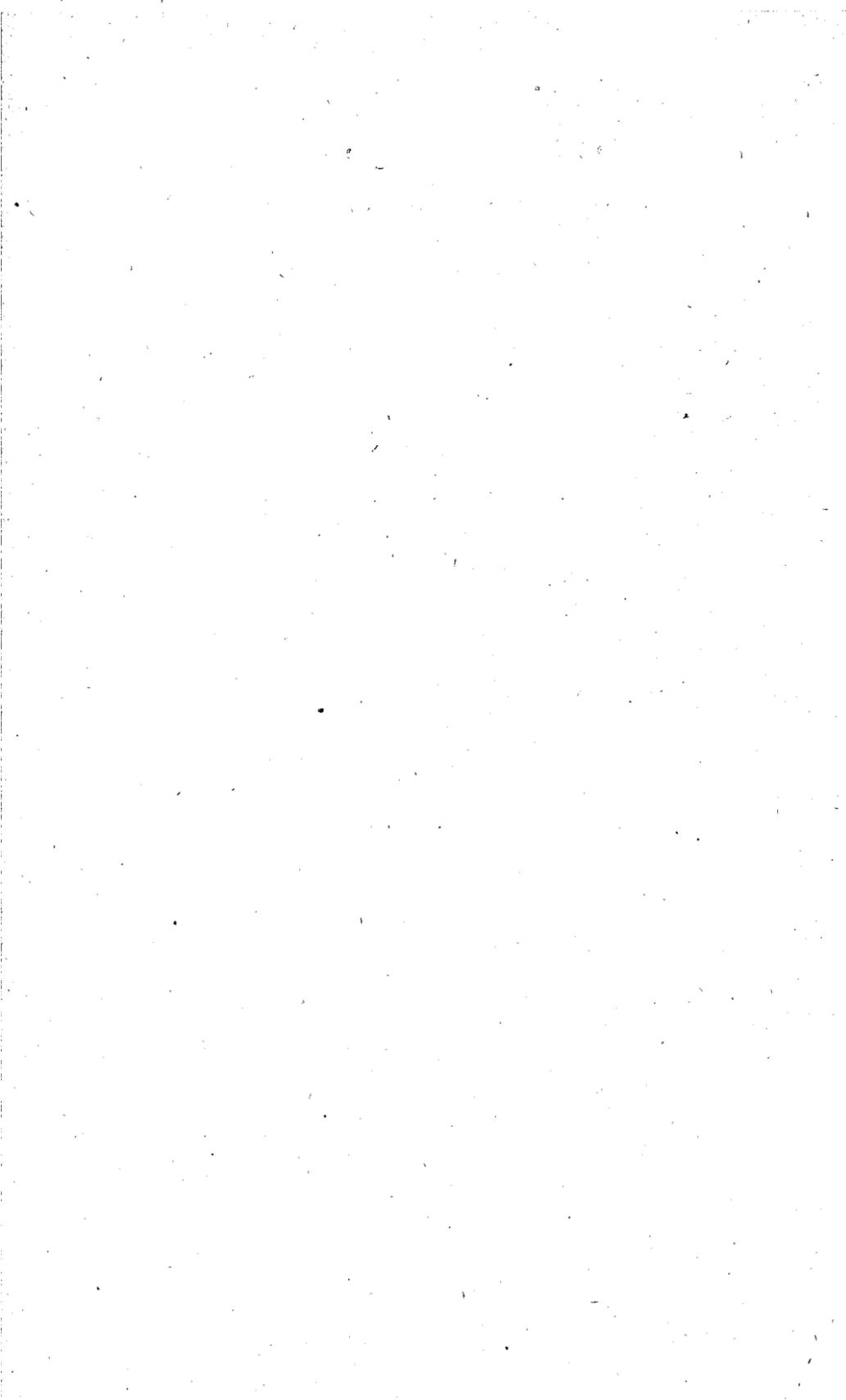
expérience, la sûreté de son jugement rendaient ses avis précieux.

Jusqu'aux dernières semaines de son existence, Janet conserva une remarquable activité; sollicité pour toutes les tâches délicates où il fallait un jugement droit et une haute autorité personnelle, il acceptait toutes les fois qu'il se sentait nécessaire, et, quand il avait accepté une fonction, il accomplissait sa tâche sérieusement et avec rectitude. Les honneurs lui étaient venus sans qu'il les eût recherchés; il était Membre de l'Académie des Sciences depuis 1919, et Commandeur de la Légion d'honneur depuis 1927.

Sentant cependant le besoin de repos, Janet avait manifesté la ferme intention d'abandonner la direction de l'École Supérieure et du Laboratoire Central d'Électricité quand il aurait atteint l'âge de 75 ans, c'est-à-dire en 1938; il avait déjà pris ses dispositions pour sa retraite, et s'était lui-même occupé de sa succession. Une courte maladie l'a emporté avant que l'on pût profiter de ses derniers conseils.

Il laisse auprès de tous ceux qui l'ont connu le souvenir d'une belle intelligence et d'un beau caractère.

---



---

## TABLE DES MATIÈRES.

---

	Pages.
Liste des Membres du Comité international.....	V
Liste du personnel du Bureau.....	VII

### PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1937.

<b>Procès-verbal de la première séance, mercredi 23 juin 1937.....</b>	1-54
Ouverture de la session, et souhaits de bienvenue. . . . .	1
Hommage à la mémoire de J. C. Mac Lennan et Paul Janet.....	1
Excuses de MM. Johansen, Kennelly et Roš.....	2
<b>RAPPORT DU SECRÉTAIRE DU COMITÉ ET DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE PERMANENTE SUR LA GESTION DU BU- REAU ENTRE LE 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1935 ET LE 31 MAI 1937.</b>	3-10
Rappel des mérites de J. C. Mac Lennan, L. de Bodola, Torres y Quevedo et Paul Janet.....	3-4
Élection de MM. Rauszer, Dehalu et Fabry.....	4
Nomination de M. Guillaume comme Directeur honoraire, et de M. Pérard comme Directeur du Bureau.....	4
Décisions prises par la Commission administrative per- manente (Nominations; limites d'âge du personnel du Bureau. — Achat mètre et kilogrammes. — Budget de 1937. — Examen des questions financières).....	4-8
Versement des contributions dans les cinq dernières années.....	9
Ratification de la nomination de M. Pérard comme Directeur du Bureau.....	10

RAPPORT PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR SUR LA GESTION DU BUREAU PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE LE 1 <sup>er</sup> OCTOBRE 1935 ET LE 1 <sup>er</sup> MAI 1937.....	11-50
I. — <i>Personnel</i> . — Décès du Dr Max Thiesen. — Retraite de MM. Guillaume, Maudet et Reverchon. — Nomination de M. Pérard comme Directeur, de M. Bonhôte comme Adjoint, et de M. Moreau comme Assistant. — M. Péronno est engagé comme calcula- teur. — M. N. Cabrera fait un stage au Bureau. — M. Trichard remplace provisoirement M. Michard....	11-13
II. — <i>Bâtiments</i> . — Réfection des toitures; améliora- tion du chauffage de l'observatoire; remise en état des appartements et de quelques bureaux. — Consolida- tion du bâtiment principal. — Travaux à entreprendre. — Règlement définitif de la créance Chameroy.....	13-15
III. — <i>Machines et instruments</i> .....	15-25
Mètres prototypes; nouveaux tracés et achat.....	16
Comparateur Brunner. Comparateur à dilatation. Com- parateur géodésique.....	19
Base géodésique.....	20
Interféromètres.....	20
Coulisse.....	22
Kilogrammes prototypes. Balances.....	22
Instruments des mesures électriques.....	23
Thermométrie.....	24
Outillage.....	24
IV. — <i>Travaux</i> .....	25-44
Études sur les prototypes métriques.....	25
Diverses déterminations de règles à traits.....	29
Mesures de dilatations.....	29
Étude des fils géodésiques.....	30
Interférences lumineuses.....	33
Masses. Densités.....	34
Études thermométriques.....	35
Mesure d'une bobine d'inductance.....	37
Mesures électriques.....	38
Divers.....	40
Liste des Certificats et Notes d'étude.....	42
V. — <i>Comptes</i> .....	45-50
1. — Fonds disponibles. — 2. — Fonds de réserve.	
3. — Caisse de retraites.....	45

	Pages.
Bilan (Actif. — Titres du Compte I).....	46
Tableaux résumant le compte « Fonds disponibles » pour les sept dernières années.....	47
Mouvements des valeurs. — Dévaluation.....	49
Approbation des Rapports précédents.....	50
Élections à la Commission administrative permanente. — Constitution des Commissions.....	51
Nomination du président éventuel du Comité consultatif de Métrologie pratique.....	51
Application du règlement du Comité consultatif d'Électricité au Comité consultatif de Photométrie.....	52
Lecture du 5 <sup>e</sup> Rapport du Comité consultatif d'Électricité, et approbation.....	53
Réélection de M. Lombardi au Comité consultatif d'Électricité.....	53
M. Kennelly est élu président du Comité consultatif d'Électricité.....	53
Présidents et rapporteurs des Commissions.....	54
 <b>Procès-verbal de la deuxième séance, samedi 26 juin 1937.....</b>	 55-70
Remerciements à M. Jouaust.....	55
Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux (Mesures de longueur. — Fils géodésiques. — Expériences interférentielles. — Déterminations du Mètre en longueurs d'onde. — Expériences concernant la perte de phase par réflexion sur surfaces métalliques. — Indice de réfraction de l'air. — Balances. — Comparaisons des kilogrammes. — Thermomètres en quartz fondu). Approbation.....	56-63
Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (Approbation des comptes). Approbation..	63-64
Lecture du Rapport du Comité consultatif de Photométrie, et approbation. — M. Fabry, président du Comité consultatif de Photométrie.....	64
Création d'un Comité consultatif de Thermométrie.	65
Proposition concernant la désignation de deux nouveaux membres du Comité consultatif d'Électricité.....	67
Discussion de la question des taxes.....	67

	Pages.
<b>Procès-verbal de la troisième séance, mardi 29 juin 1937.....</b>	71-86
<b>DEUXIÈME RAPPORT DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE.</b>	72-78
Décharge à M. Guillaume pour sa gestion.....	72
Régularisation des versements du personnel à la Caisse de retraites.....	72
Modifications à apporter au Règlement des retraites ...	72
Nomination de M. Terrien et de M. N. Cabrera. Engagement de MM. Péronno et Trichard .....	75
Augmentations.....	75
Équivalence du franc-or. — Mouvements de fonds .....	76
Achat du mètre n° 19, et autorisation d'achat de kilogramme .....	76
Suggestion tendant à obtenir l'histoire de chaque kilogramme.....	76
Projet de budget 1938 .....	77
Achats pour les travaux photométriques .....	78
Octroi de nouveaux pouvoirs .....	78
Approbation de ce Rapport.....	78
Règlement provisoire du Comité consultatif de Thermométrie .....	79
Discussion sur la question des taxes. — Limitation des études gratuites .....	80
Lettre de l'Académie des Sciences d'Amsterdam relative à la nomination d'un Comité des Poids et Mesures.....	83
Institutions nationales représentées au Comité consultatif de Thermométrie, et nomination éventuelle de M. Keesom comme président de ce Comité .....	83
Réunions des Comités et de la Conférence en 1939.	85
Procès-verbal de la visite du Dépôt des Prototypes.	85
Clôture de la session.....	86
<b>Annexes des Procès-Verbaux des Séances de 1937..</b>	87-101
N° 1. <i>Rapport sur la nécessité de retracer le mètre 13.</i> .....	87
Extrait de la lettre adressée par M. A. Pérard à M. J. E. Sears.....	89
N° 2. <i>Réfraction et dispersion de l'air; par MM. J. E. Sears et H. Barrell</i> .....	93

	Pages.
N° 3. <i>Au sujet de l'institution d'un Comité consultatif de Thermométrie</i> .....	96-101
Lettre du Président de l'Institut International du Froid.....	96
Note adressée à tous les Membres du Comité international des Poids et Mesures.....	97

**COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ.**

**PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES, RAPPORT ET ANNEXES.**

Liste des Membres du Comité consultatif d'Électricité.....	105
<b>Procès-verbal de la première séance, jeudi 10 juin 1937</b> .....	<b>107-122</b>
Présidence de ce Comité.....	107
Hommage à la mémoire de MM. Jaeger et Paul Janet.....	108
<b>RAPPORT DU SOUS-COMITÉ TECHNIQUE D'ÉLECTRICITÉ AU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ; par M. P. Vigoureux, Rapporteur</b> .....	<b>108-114</b>
Délégués des Laboratoires. — Bienvenue aux délégués. — M. Jouaust, président du Sous-Comité.....	109
Programme de travail.....	110
Valeurs des rapports des unités internationales aux unités absolues.....	111
Travaux du Sous-Comité technique :	
I. — Unités internationales (résultats des comparaisons effectuées sur les unités de résistance électrique et sur les unités de force électromotrice).....	111
II. — Unités absolues (résultats des mesures effectuées).....	112
III. — Rapports provisoires des unités internationales aux unités absolues.....	113
IV. — Discussion sur les méthodes de mesure.....	114
Discussion de ce Rapport, et approbation.....	114
Fixation d'une valeur en unités absolues des étalons envoyés par les Laboratoires.....	115
Examen des études faites en vue du perfectionnement des étalons représentatifs des unités.....	116
Propositions du Laboratoire Électrotechnique de Tokio, et commentaires.....	117
Propositions concernant les réunions de 1939.....	121
Fusion éventuelle du Comité consultatif et du Sous-Comité technique.....	122

	Pages.
<b>Procès-verbal de la deuxième séance, samedi 12 juin 1937.....</b>	123-126
Réunions en mai 1939, et échange de vues sur les propositions du Gouvernement japonais.....	123
Lecture du 5 <sup>e</sup> Rapport du Comité consultatif d'Électricité, et approbation. — Commentaires sur la définition des unités absolues.....	124
Étalons nécessaires pour conserver les unités électriques.....	125
 <b>Cinquième Rapport du Comité consultatif d'Électricité au Comité international des Poids et Mesures; par M. E. C. Crittenden.....</b>	 127-134
 <b>Annexes des Procès-Verbaux du Comité consultatif d'Électricité.....</b>	 135-208
E 1. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — <i>État des travaux pour la comparaison de l'ohm absolu avec l'ohm international (juin 1937).....</i>	135
E 2. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — <i>État des travaux concernant la détermination de l'ampère absolu (juin 1937)....</i>	137
E 3. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — I. <i>Résistances de précision en alliage d'or et de chrome.....</i>	139
II. <i>Recherches électriques et thermiques sur la manganine.....</i>	140
E 4. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Proposition au Sous-Comité d'Électricité concernant les valeurs provisoires des unités électriques à adopter en juin 1937.....</i>	143
E 5. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Rapport supplémentaire sur la détermination absolue de l'ampère; par MM. Harvey L. Curtis, Roger W. Curtis et Charles L. Critchfield.</i>	149
E 6. LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ. — <i>État des études sur la détermination de l'unité de résistance; par M. R. Jouaust.....</i>	157

	Pages.
E 7. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Déterminations absolues de l'ohm :</i>	
I. <i>Au moyen de la méthode de Lorenz;</i> par M. P. Vigoureux.....	160
II. <i>Au moyen de la méthode de Campbell;</i> par MM. L. Hartshorn et N. F. Astbury.	162
E 8. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Détermination absolue de l'ampère;</i> par M. P. Vigoureux.....	165
E 9. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — I. <i>Effet du défaut de parallélisme des axes des bobines de la balance de courant du National Physical Laboratory;</i> par M. P. Vigoureux.	167
II. <i>Effet du chauffage par le courant électrique dans les spires de l'appareil Lorenz et de la balance de courant du National Physical Laboratory;</i> par M. P. Vigoureux.	169
E 10. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Propositions et rapports du Gouvernement Japonais</i> (I. Propositions. — II. Mémoire sur le système d'unités M. K. S. — III. Rapport sur la détermination absolue de la résistance électrique. — IV. Rapport sur la détermination absolue de l'ampère. — V. Recherches sur les étalons électriques).....	173
E 11. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Détermination absolue de la résistance électrique;</i> par M. R. Yoneda .....	178
E 12. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Détermination absolue du courant;</i> par MM. R. Yoneda et Y. Ishibashi.....	185
E 13. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Recherches sur les étalons électriques;</i> par M. R. Yoneda .....	191
E 14. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — <i>Rapport sur les comparaisons des étalons nationaux de résistance électrique (nov.-déc. 1936);</i> par MM. A. Pérard et M. Romanowski .....	195
E 15. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — <i>Rapport sur les comparaisons des étalons</i>	

	Pages.
<i>nationaux de force électromotrice (janv.-fév. 1937); par MM. M. Romanowski et M. Roux</i> .....	200
<b>E 16. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. —</b> <i>Valeurs des étalons nationaux en fonction des unités absolues de l'ohm et du volt...</i>	208
<b>COMITÉ CONSULTATIF DE PHOTOMÉTRIE.</b>	
<b>PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES, RAPPORT ET ANNEXES.</b>	
Liste des Membres du Comité consultatif de Photométrie.....	211
<b>Procès-verbal de la première séance, mardi 15 juin 1937</b> .....	213-220
Présidence de ce Comité.....	213
Hommage à la mémoire de MM. Jaeger et Paul Janet.	214
Secrétaire et rapporteur.....	214
Examen de la proposition tendant à l'adoption d'une nouvelle définition de l'unité d'intensité lumineuse.....	214
Organisation d'échange de lampes entre les divers laboratoires.....	218
<b>Procès-verbal de la deuxième séance, mercredi 16 juin 1937</b> .....	221-228
Interprétation admise pour le Règlement du Comité consultatif de Photométrie.....	221
Examen des projets de Résolutions, et texte de ces Résolutions.....	222
Date approximative de la prochaine session.....	226
Liste des documents à insérer aux Procès-Verbaux.	226
Question de la création d'un laboratoire de photométrie au Bureau international.....	226
<b>Premier Rapport du Comité consultatif de Photométrie au Comité international des Poids et Mesures; par M. U. Bordoni</b> .....	229-242
<b>Annexes des Procès-Verbaux du Comité consultatif de Photométrie</b> .....	243-284
<b>P 1. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, NATIONAL PHYSICAL LABORATORY ET LABORATOIRE CEN-</b>	

	TRAL D'ÉLECTRICITÉ. — <i>Base proposée pour l'établissement d'une échelle de valeurs de grandeurs photométriques</i> .....	243
P 2.	NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Suggestions concernant l'échange d'étalons secondaires d'intensité lumineuse à la température de couleur de 2360° K</i> .....	246
P 3.	NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — I. <i>Résumé des recherches faites sur l'étalon primaire de lumière</i> ; par MM. H. Buckley et W. Barnett.....	247
	II. <i>Préparation d'étalons secondaires de flux lumineux</i> .....	255
	III. <i>Utilisation de filtres bleus pour la détermination d'étalons dérivés d'intensité lumineuse</i> ; par M. H. Buckley.....	256
P 4.	LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Propositions du Gouvernement Japonais : Propositions</i> .....	258
	Annexe I. — <i>Mémoire sur la photométrie hétérochrome</i> .....	259
	Annexe II. — <i>Sur le calcul du facteur de transmission du filtre</i> ; par M. Z. Yamauti.	260
P 5.	INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S. — <i>Lettres de M. Zalutzky, Directeur-Adjoint de l'Institut de Métrologie :</i>	
	I. <i>Lettre du 28 février 1937</i> .....	263
	Annexe I. — <i>Propositions ayant trait à la définition des grandeurs photométriques</i> .....	267
	Annexe II. — <i>Sur la proposition des trois Laboratoires concernant le changement de la valeur de l'unité d'intensité lumineuse</i> ; par M. le Prof. P. M. Tikhodéjev .....	268
	II. <i>Lettre du 2 juin 1937</i> .....	277
P 6.	I. <i>Lettre de M. le Ministre des Affaires Économiques de Belgique</i> .....	280
	II. <i>Lettre de M. le Ministre de Hongrie en France</i> .....	282

	Pages.
III. <i>Extrait d'une lettre adressée par M. le Directeur du Bureau Fédéral des Poids et Mesures de Berne</i> .....	284
<b>Notices nécrologiques</b> .....	287-299
John Cunningham Mc Lennan; <i>par M. M. Dehalu.</i>	287
Louis Bodola de Zagon; <i>par M. Z. Rauszer</i> .....	290
Leonardo Torres y Quevedo; <i>par M. B. Cabrera</i> ..	293
Paul Janet; <i>par M. Ch. Fabry</i> .....	296
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	301

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.