

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

---

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME XXI.

---

SESSION DE 1948.

PARIS

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

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

---

1948



---

**LISTE DES MEMBRES**  
DU  
**COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

AU 31 OCTOBRE 1948.

*Président :*

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

*Secrétaire :*

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

*Membres :*

3. M. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94, rue Perronet, *Neuilly-sur-Seine* (Seine).
4. M. G. CASSINIS, Recteur et Professeur à l'École Polytechnique de Milan, Commissione Geodetica Italiana, Piazza Leonardo da Vinci, 32, *Milan*.
5. M. M. CHATELAIN, Professeur à l'Institut Polytechnique, *Lénigrád*, 21.
6. M. E. C. CRITTENDEN, Associate Director au National Bureau of Standards, *Washington*, 25.
7. M. W. J. de HAAS, Directeur honoraire du Kamerlingh-Onnes Laboratorium der Rijks-Universiteit, Rijnsburgerweg, 20, *Leyde*.
8. M. T. ISNARDI, Professeur de Physique, Faculté des Sciences, Perú 222, *Buenos-Aires*.

9. M. E. S. JOHANSEN, Professeur à l'École Polytechnique, 1, Heilsmindevej, *Charlottenlund* (Copenhague).
10. M. C. KARGATCHIN, Chef de Section au Ministère du Commerce, Martičeva, 31, *Zagreb*.
11. M. W. KÖSTERS, Président de la Physikalisch-Technische Anstalt, Postschliessfach, 447, (20 b) *Braunschweig*.
12. M. Z. RAUSZER, Directeur du Bureau National des Mesures, Elektoralna, 2, *Varsovie*.
13. M. M. ROŠ, Président de la Direction du Laboratoire fédéral d'essai des Matériaux et Institut de Recherchès, 27, Leonhardstrasse, *Zürich*.
14. M. M. SIEGBAHN, Professeur à l'Université d'Upsala, Institut Nobel de Physique, *Stockholm*, 50.
15. M. C. STATESCU, Conseiller technique du Service des Poids et Mesures de Roumanie, Str. N. Ionescu, 10, *Bucarest*, II.
16. M. A. PÉRARD, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres* (S.-et-O.).

*Membres honoraires :*

1. M. A. TANAKADATE, Membre de l'Académie des Sciences de Tokio, 144, Zōsigayamati, Koisikawa-ku, *Tokio*.
  2. M. H. NAGAOKA, Institut de Recherches physiques et chimiques, 10, Nishikatamachi, Bunkyo-ku, *Tokio*.
-

---

# LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 31 OCTOBRE 1948.

---

	MM.
Directeur.....	A. PÉRARD.
Sous-Directeur.....	CH. VOLET.
Adjoints.....	{ A. BONHOURS. J. TERRIEN.
Archiviste-comptable.....	G. MINAULT.
Assistants.....	{ N. CABRERA. H. MOREAU.
Secrétaires-dactylographes.	{ M <sup>me</sup> C. BABOLAT. M <sup>me</sup> G. BROCHARD.
Calculateurs.....	{ G. LECLERC. J. HAMON. G. GIRARD.
Mécaniciens.....	{ R. HANOCQ. R. MICHARD.

*Membre honoraire :*

Adjoint honoraire..... L. MAUDET.

---

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

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

---

## SESSION DE 1948

---

### PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Mardi 5 octobre 1948.

---

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

Sont présents : MM. de BROGLIE, CASSINIS, CRITTENDEN, DEHALU, de HAAS, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, SEARS.

M. VOLET, sous-Directeur du Bureau international, assiste à la séance.

M. PÉRARD informe le Comité que M. Roš s'est excusé de ne pouvoir assister à la première séance, mais espère être présent aux suivantes. M. CHATELAIN, gravement indisposé, a fait connaître par télégramme son impossibilité de voyager et a exprimé à ses collègues ses regrets et ses meilleurs souvenirs ; M. PÉRARD propose au Comité, qui accepte, de lui envoyer un télégramme de remerciements et de souhaits de prompt rétablissement. M. STARESCU a annoncé également qu'il ne pourrait se rendre actuellement à Paris. D'autre part, il n'a pas été reçu de réponses de MM. KARGATCHIN et NAGAOKA.

M. CRITTENDEN a appris indirectement que M. NAGAOKA était dans l'impossibilité de venir du Japon et désirerait d'ailleurs se retirer du Comité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. DEHALU pour la lecture de son Rapport.

M. DEHALU propose d'abord à ses collègues de procéder à la nomination d'un président du Comité à titre définitif. Dans sa session de 1946, le Comité avait nommé M. SEARS pour exercer provisoirement ces fonctions. Le dévouement et la compétence avec lesquels il les a remplies le désignent avec évidence au choix du Comité; en conséquence, M. DEHALU demande aux membres de ratifier cette nomination.

Le vote au scrutin secret donne les résultats suivants : suffrages exprimés : 8 ; bulletin blanc, 1. M. SEARS est élu à l'unanimité des suffrages exprimés.

M. SEARS remercie ses collègues de leur confiance et fera de son mieux pour continuer à la mériter.

M. PÉRARD tient à rappeler l'appui constant qu'il a trouvé en M. SEARS dans l'intervalle des dernières sessions, alors que le Bureau traversait des circonstances difficiles, lourdes de graves responsabilités.

M. DEHALU donne lecture du Rapport suivant :



## RAPPORT DU SECRÉTAIRE DU COMITÉ SUR LA GESTION DU BUREAU

ENTRE LE 29 OCTOBRE 1946 ET LE 31 AOUT 1948.

Au cours de sa session du 22 au 29 octobre 1946, le Comité International des Poids et Mesures a d'abord approuvé et confirmé intégralement les résolutions et projets de décision votés dans la session officieuse de 1945, et a en outre prononcé quelques avancements parmi le personnel scientifique.

Signalons en particulier : la nomination de M. Charles VOLET, adjoint de 1<sup>re</sup> classe, en qualité de sous-directeur, et la promotion de M. Jean TERRIEN, assistant-chef de travaux, au titre d'adjoint de 3<sup>e</sup> classe; toutes deux prenant effet du 1<sup>er</sup> janvier 1947; la ratification de la nomination de M. Miroslav ROMANOWSKI, comme adjoint de 3<sup>e</sup> classe à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1946.

Au cours de la séance du 26 octobre 1946 M. J. E. SEARS a été élu à la présidence du Comité jusqu'à la session suivante.

Le Comité aura donc à procéder, au cours de cette session, à l'élection d'un président à titre définitif.

Signalons encore que la reconstitution de la Commission administrative permanente créée à titre provisoire en 1933, a été ajournée.

Un changement important va se produire dans le personnel du Bureau par le prochain départ de M. M. ROMANOWSKI qui, en mai dernier, a demandé à être déchargé de ses fonctions d'adjoint, pour occuper une situation analogue au National Research Council d'Ottawa. Le Bureau perd en M. M. Romanowski un collaborateur de valeur et d'une haute conscience professionnelle. Nous ne pouvons que regretter cette décision dictée par des raisons personnelles.

En 1947, un congé d'un an avait été accordé à M. Nicolas CABRERA pour lui permettre de s'initier à certaines techniques au laboratoire du Professeur Mott, à Bristol. Peu avant la date prévue pour sa rentrée, il a sollicité un nouveau congé d'un an pour poursuivre ses travaux à Bristol; mais il a accepté de revenir se mettre à la disposition du Bureau pendant un mois et demi à l'occasion des réunions internationales. Cette prolongation de congé, venant après la démission de M. M. Romanowski, est évidemment préjudiciable, à la bonne marche des travaux du Bureau, dont le personnel se trouve ainsi fort réduit.

Le recrutement d'un ou de deux assistants qui avait déjà été envisagé à la session de 1946, en vue de compléter les cadres, revêt actuellement un caractère d'urgence; encore faut-il trouver des candidats qualifiés, ce qui ne semble pas aisé en ce moment. Aussi faisons-nous un pressant appel aux membres du Comité pour qu'ils engagent les jeunes physiciens qui dans leur entourage manifestent des dispositions spéciales pour la carrière de métrologiste, à poser leur candidature.

Afin de permettre une appréciation sur la situation financière, nous, donnons, dans le Tableau ci-après, l'actif du Bureau au 1<sup>er</sup> janvier 1946 et au 1<sup>er</sup> janvier 1948.

*Actif du Bureau (francs-or).*

	1 <sup>er</sup> janv. 1946.	1 <sup>er</sup> janv. 1948.	Variations.
Fonds disponibles...	207 128,65	221 206,33	+ 14 077,68
Fonds de réserve....	36 441,72	36 040,27	- 401,45
Caisse de retraites...	56 140,79	63 150,25	+ 7 009,46
	<hr/>	<hr/>	
	299 711,16	320 396,85	+ 20 685,69

Selon l'usage, j'indique dans le Tableau ci-après, les versements de contributions effectués par les États pendant la période allant de 1943 au 31 août dernier.

A la fin du mois de janvier 1948, le Gouvernement français décréta la dévaluation du franc français et l'établissement d'un marché libre de l'or et du dollar.

La dévaluation officielle a consisté à fixer la nouvelle parité du dollar à 214 francs français (l'ancienne parité était de

VERSEMENTS DES ÉTATS (afférents aux exercices 1943-1947).

ÉTATS.	CONTRIBUTIONS (en francs-or).		DATES DES VERSEMENTS.				
	1943-1946.	1947.	1943.	1944.	1945.	1946.	1947.
	1. Allemagne.....	14 311	16 799				
2. Autriche.....	1 539	1 612	XII—43	—	—	V 47	V 47
3. États-Unis d'Amérique..	22 500	25 448	VIII 46	VIII 46	XI 45	XI 45	VIII 47
4. République Argentine..	2 619	3 370	XII 43	III 46	XII 46	VII 48	VII 48
5. Belgique.....	1 856	2 015	VIII 43	VI 44	VIII 45	VII 46	X 47
6. Bulgarie.....	1 256	2 095	III 44	XI 45	XII 47	VIII 46	XII 47
7. Canada.....	2 379	2 863	XII 45	XII 45	XII 45	IV 47	IV 47
8. Chili.....	983	1 278	VIII 47	VIII 47	X 46	VIII 47	VIII 47
9. Danemark.....	750	848	III 43	IV 44	VII 46	VII 46	III 47
10. Espagne.....	4 956	6 420	X 43	III 46	—	V 46	—
11. Finlande.....	750	848	XII 43	III 44	IX 45	IV 46	—
12. France et Algérie.....	11 076	11 923	IX 43	IX 44	XII 45	IV 46	IV 47
13. Grande-Bretagne.....	10 361	11 677	XII 44	XII 44	III 45	III 46	III 47
14. Hongrie.....	1 991	3 597	IV 43	I 44	XI 47	XI 47	XI 47
15. Irlande.....	750	848	VII 43	VII 44	X 45	VI 46	IX 47
16. Italie.....	9 454	10 792	—	—	—	—	—
17. Japon.....	20 441	(répartie)	—	—	—	—	(répartie)
18. Mexique.....	3 762	5 126	VI 45	VI 45	VI 45	V 48	X 47*
19. Norvège.....	750	848	IX 43	XII 44	III 45	III 46	III 47
20. Pays-Bas.....	1 820	2 212	V 43	IV 45	IV 45	X 46	III 47
21. Pérou.....	1 409	1 793	VIII 48	VIII 48	VIII 48	VIII 48	VIII 48
22. Pologne.....	7 321	5 816	—	—	XII 46	XII 46	X 47
23. Portugal.....	1 300	1 927	IX 43	VI 44	X 45	III 46	II 47
24. Roumanie.....	4 133	4 058	XII 43	VI 45	III 46	V 46	—
25. Siam.....	2 638	(répartie)	—	—	—	—	(répartie)
26. Suède.....	1 409	1 581	IV 43	V 44	VI 46	VI 46	II 47
27. Suisse.....	932	1 053	II 43	II 44	VII 45	I 46	II 47
28. Tchécoslovaquie.....	3 377	3 028	—	—	III 47	III 47	III 47
29. Turquie.....	3 132	4 270	X 43	IX 44	XII 45	VII 46	IX 47
30. U. R. S. S.....	22 500	25 448	XII 45	XII 45	XII 45	IX 47	IX 47
31. Uruguay.....	750	848	—	—	—	—	—
32. Yougoslavie.....	3 195	3 859	—	—	VII 46	VII 46	IX 47
33. Australie.....	—	1 607	—	—	—	—	—

\* L'astérisque indique un versement partiel.

120 francs français). Le coefficient officiel de conversion du franc-or en francs français est passé ainsi de 38,911 à 70 environ. Mais sur le marché *libre* de Paris, le dollar-billet s'est établi à environ 306 francs français, soit un taux de conversion du franc-or en francs français égal à 100 environ.

En même temps, l'indice des prix, rapporté au franc de 1914, c'est-à-dire au franc-or, a atteint, puis dépassé 100.

Pour que le budget du Bureau reste équilibré, il est nécessaire, puisque les dépenses exprimées en francs français sont plus de 100 fois plus élevées qu'en 1914 (franc-or), que les recettes, et principalement le montant des contributions fixées en francs-or, soient également évalués en francs français au coefficient 100.

Mais il est arrivé que pour quelques versements de parts contributives, l'administration chargée d'ordonnancer le paiement, ou la Banque d'État effectuant le transfert, ont pris comme base de calcul la parité *officielle* du dollar, soit 214 francs français et non le cours *libre* du dollar, 306 francs français.

Ce terme de cours officiel prête à confusion. Il semble *a priori* qu'un règlement effectué à un cours officiel, doive écarter toute réclamation. Mais on sait bien qu'en matière de change, pour connaître le niveau actuel d'une devise monétaire par rapport à une autre, il faut bien consulter le cours libre.

La Conférence de 1927, qui pour assurer l'équilibre du budget du Bureau, a décidé de stipuler les contributions et le budget en francs-or, n'avait pas prévu l'établissement du contrôle des changes en France survenu en 1939. Rien dans les textes n'indique comment le montant en francs français sera déterminé en partant des francs-or.

Jusqu'en 1939, il n'y a pas eu de difficulté, puisque les cours des devises étaient libres. C'est là une lacune que le Comité pourrait tenter de combler.

La dévaluation du franc français a automatiquement entraîné un rajustement général des salaires et des traitements en France.

En ce qui concerne les traitements du personnel du Bureau, il convient de rappeler que, pendant toute la période de 1940 à 1948, ils ont été calculés en se basant sur le cours officiel du franc français par rapport à l'or, tandis que l'indice des prix en France s'élevait rapidement. Cette situation a eu pour conséquence une réduction très sensible du niveau de vie que le

Comité avait voulu assurer au personnel aux divers échelons de la hiérarchie. Pour les traitements les plus modestes il a même été indispensable, à diverses reprises, d'accorder des majorations temporaires des traitements, qui sans cette mesure auraient été inférieurs au minimum vital.

A partir du mois de février 1948, et par suite du rétablissement du marché libre du dollar, on est simplement revenu à l'application des dispositions adoptées de 1937 à septembre 1939 et approuvées par le président Volterra : pour chaque mois, on prend la moyenne des cours du dollar les 5, 15 et 25 du mois considéré, et l'on détermine, à partir de cette moyenne, le taux de conversion à appliquer. Ce taux, du reste assez stable, est légèrement inférieur à 100, alors que l'indice des prix en France rapporté à 1914 (c'est-à-dire à 1 franc-or) atteint 108.

Bien qu'il subsiste un écart entre le taux de conversion et l'indice des prix, on peut considérer que pour le moment la rétribution du personnel du Bureau est redevenue satisfaisante.

Depuis l'année 1928, aucune modification n'est intervenue dans la dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures. Cependant, au cours de cette période, les attributions du Bureau n'ont fait que s'accroître, entraînant inévitablement une augmentation des dépenses en appareils et en rémunérations d'un personnel plus nombreux. Dans ces vingt dernières années en effet, l'effectif des fonctionnaires et employés du Bureau a exactement doublé (16 au lieu de 8).

Dans sa séance du 26 octobre 1946, le Comité a adopté la décision de proposer à la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures une augmentation de la dotation annuelle.

Les propositions suivantes, extrêmement modérées, ont été soumises au Comité :

1<sup>o</sup> Augmentation de 25 000 francs-or du montant de la dotation (partie fixe), qui passerait ainsi de 150 000 à 175 000 francs-or ;

2<sup>o</sup> Report de l'application de cette disposition jusqu'à la date où le Japon et l'Allemagne auront pu reprendre leurs paiements statutaires.

Ces propositions ayant été adoptées à l'unanimité des suffrages exprimés, notification de ce vote a été faite aux Hauts États contractants en les priant d'accorder les pleins pouvoirs à leurs délégués à la Conférence Générale, afin que celle-ci puisse délibérer valablement, conformément à l'Art. 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre.

Enfin pour terminer signalons que le Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie) s'est tenu à Paris, du 25 au 27 mai dernier, sous la présidence de M. DE HAAS. Les recommandations votées par ce Comité Consultatif seront soumises au Comité International.

M. le PRÉSIDENT remercie M. DEHALU de cet exposé et souligne les difficultés financières en face desquelles le Bureau international s'est trouvé placé et les efforts qui ont été dépensés pour y parer. Cette question reviendra d'ailleurs devant le Comité et la Conférence générale.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. PÉRARD pour la lecture de son Rapport.

M. PÉRARD désire d'abord faire remarquer que, dans la présente session, le Comité international, puis la Conférence générale se trouveront en face d'un énorme travail. Aussi, dans le temps limité dont on dispose, on ne pourra pas donner aux questions scientifiques et techniques toute la place désirable, étant donné le grand nombre de questions administratives à résoudre. Les membres du Comité et de la Conférence ne devront donc pas s'en étonner.

Puis M. PÉRARD présente le Rapport suivant (dont il résume les divers points) :

RAPPORT  
PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR  
SUR LA GESTION DU BUREAU

PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE  
ENTRE LE 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1946 ET LE 31 AOUT 1948.

---

I. — PERSONNEL.

Dans sa session de 1946, le Comité International avait prononcé les importantes nominations de M. Volet, comme Sous-Directeur, et de M. Terrien, comme Adjoint de 3<sup>e</sup> classe, nominations prenant effet au 1<sup>er</sup> janvier 1947.

J'ai moi-même décidé les trois avancements ci-après, dont les deux premiers avaient déjà été approuvés par le Comité en 1946 : M. Hamon, de la 3<sup>e</sup> à la 2<sup>e</sup> classe de calculateur en janvier 1947 ; M. Leclerc, de la 2<sup>e</sup> à la 1<sup>re</sup> classe au 1<sup>er</sup> mai 1947 ; et M. Girard, de la 2<sup>e</sup> à la 1<sup>re</sup> classe des calculateurs stagiaires en avril 1948.

A ce propos, je signale que c'est par une erreur typographique que M. Girard, dans les *Procès-Verbaux* de 1946 (p. 116), avait été porté comme élevé à la 1<sup>re</sup> classe à la date du 1<sup>er</sup> août 1946. C'est « à la 2<sup>e</sup> classe » qu'il faut lire.

Dans le courant de mai dernier, M. Romanowski, qui est Adjoint de 3<sup>e</sup> classe depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1946, nous a annoncé son intention de quitter le Bureau International pour aller travailler au National Research Council, à Ottawa. Les raisons qui l'ont amené à cette décision ont trait aux conditions générales d'existence à Sèvres, conditions qui l'affectent personnellement, ainsi que sa famille. Elles m'ont paru trop graves pour que j'aie tenté de le faire revenir sur son projet. Nous ne pouvons que le déplorer profondément.

M. Romanowski est entré au Bureau International en 1929, sur la recommandation de son compatriote Raoul Gautier. Il

avait participé à tous les travaux de métrologie courante du Bureau International et, en 1931, lorsque le Bureau a été autorisé à entreprendre des travaux sur les étalons et unités électriques, c'est M. Romanowski qui a été chargé de cette nouvelle branche d'activité, tout d'abord en collaboration avec moi-même, et depuis un certain nombre d'années il en avait seul la responsabilité. Je tiens à dire le plein succès qu'il a remporté dans cette mission et les grands services qu'il a rendus au Bureau. Il avait acquis une grande expérience, et c'est avec un vif regret que nous le voyons partir.

Je rappelle, à cette occasion, que, en 1946, M. Terrien avait été nommé Adjoint en surnombre. Avec le départ de M. Romanowski, l'état du personnel revient à l'effectif réglementaire de ses Adjoints.

Depuis quelque temps déjà, M. Nicolas Cabrera avait le désir d'aller travailler une année au Laboratoire de Bristol, où sont effectuées, sous la direction du Professeur Mott, des recherches sur les propriétés mécaniques et électriques des métaux, qui intéressaient spécialement M. Cabrera. Dans l'idée que la présence de cet excellent Assistant serait particulièrement utile au moment de la Conférence, j'avais préféré le laisser partir l'année précédente. Mais voici que M. Cabrera a estimé qu'une année de plus en Angleterre lui était indispensable; il n'est revenu parmi nous, sur ma demande pressante, que pour deux mois; et il doit s'absenter à nouveau près d'une année.

Cette absence, au moment où M. Romanowski va quitter notre travail, est fort malencontreuse.

## II. — BATIMENTS.

Le programme de remise en état de nos bâtiments, qui a été précédemment soumis à l'approbation du Comité (*Procès-Verbaux*, t. XX, pp. 28 et 29) et doit s'échelonner sur trois ou quatre exercices, a été partiellement mis à exécution. Les principaux travaux exécutés à ce jour sont indiqués ci-après :

*Petit Pavillon.* — Dans la partie de ce bâtiment, de construction ancienne, qui est affectée comme logement au Sous-Directeur, il a été nécessaire de procéder à des réparations assez importantes de maçonnerie, de charpente et de toiture, et



d'établir un revêtement en ciment, pour protéger une partie des fondations contre l'humidité.

Deux pièces du logement du Sous-Directeur ont été quelque peu transformées suivant son désir et refaites; le logement du gardien a été repeint ou tapissé.

La façade Ouest du Petit Pavillon a ensuite été ravalée.

*Grand Pavillon.* — Les couloirs des bureaux au rez-de-chaussée, qui présentaient quelques dégradations dues aux bombardements de 1942 et 1943, ont été remis en état, par des retouches partielles. Les bureaux du 2<sup>e</sup> étage et quelques pièces du logement du Directeur ont été repeints.

L'éclairage de la Grande Salle a été amélioré par l'adjonction de 10 tubes fluorescents placés sur les bibliothèques. Cette modification a amené au préalable le remplacement de notre compteur d'éclairage par un compteur plus puissant, devenu d'ailleurs nécessaire pour l'ensemble des travaux.

Le ravalement de la façade Sud de ce Pavillon a été exécuté.

*Observatoire.* — Les deux entrées du bâtiment, le couloir de l'ancien Observatoire, les salles 1, 2 et 13 ont été complètement remis en état. Deux bureaux situés au premier étage du nouvel Observatoire, qui avaient souffert des effets des bombardements et n'avaient eu jusqu'à cette année que les réparations indispensables de maçonnerie, ont également été l'objet d'une réfection complète.

*Divers.* — L'acquisition d'une machine à bois et l'installation d'un tour à la menuiserie ont conduit à envisager le transfert de cet atelier dans une autre partie du même bâtiment, plus commode et pouvant être mieux éclairée. Cette modification a entraîné divers travaux de couverture (lanterneau), de menuiserie et plomberie.

Par ailleurs, le mauvais état de la conduite d'évacuation des eaux de l'Observatoire causait depuis quelque temps, des inondations fréquentes dans la salle de photographie. Cette conduite a été remplacée sur une longueur d'environ 15 mètres. L'évacuation des eaux est redevenue normale.

La grille qui forme la clôture du Pavillon de Breteuil vers Saint-Cloud a été entièrement repeinte.

Enfin, la palissade qui limitait le domaine de Breteuil au Sud,

près des serres de la Ville de Paris, était en très mauvais état et pratiquement irréparable. Elle a été remplacée par une clôture en fort grillage de 4<sup>mm</sup>, fixée sur des poteaux en ciment espacés de deux en deux mètres et longue d'environ 160 mètres.

Une tranche importante de notre programme de travaux a ainsi été menée à bonne fin.

### III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

*Prototypes  
métriques.*

Le Gouvernement de la République Argentine s'est montré désireux d'acquérir un Mètre prototype en platine iridié. Le Gouvernement Belge, qui possède deux prototypes de l'alliage Matthey, les Nos 12 et 23, est prêt à céder le second. Les conditions de cession sont à peu près réglées.

A cette occasion, le Bureau International croit devoir faire appel aux pays qui ont en leur possession plus d'un Mètre, afin qu'ils veuillent bien suivre éventuellement l'exemple de la Belgique et consentent à se démunir de prototypes excédentaires en faveur des pays qui n'en ont aucun et qui désireraient en acquérir.

*Base  
géodésique.*

Les pièces nécessaires à la transformation de notre base géodésique avaient été commandées à la Société Genevoise d'Instruments de Physique au début de l'année 1947. Elles sont parvenues ces jours derniers et vont être installées au Bureau.

Je rappellerai brièvement que la modification qui va être apportée à notre installation actuelle consiste essentiellement à monter sur la même base les microscopes et les repères à traits qui, jusqu'ici, formaient respectivement deux bases séparées. Les microscopes et les repères pourront être mis en station ou éclipsés rapidement dans des niches prévues à cet effet sur le mur qui supporte la base.

Le dernier projet qui a été réalisé par la Société Genevoise comporte des socles séparés pour les microscopes et les repères correspondants. J'estime que cette disposition est préférable à celle qui nous avait été d'abord proposée et dans laquelle chaque microscope et son repère étaient portés par un même socle. La possibilité d'une action réciproque du blocage des microscopes et des repères sur leurs positions respectives ne me paraît plus à craindre maintenant.

M. Cabrera, en collaboration avec MM. Terrien et Hamon, a apporté diverses améliorations à l'installation qui a été signalée au Rapport précédent sur la métallisation des surfaces par évaporation dans le vide; en particulier, une nouvelle pompe à palettes Monopal AL5, de la Compagnie Générale de Radiologie, a remplacé la pompe Cenco; l'appareil Terrien pour la mesure des facteurs optiques des miroirs a été mis au point, et un nouveau galvanomètre A. O. I. P. lui a été adjoint. L'ensemble de l'installation est décrit dans une Note publiée en Annexe des Procès-Verbaux de 1946. Le manomètre de Knudsen, construit par MM. Terrien et Cabrera, et utilisé depuis cinq années, a fait l'objet d'un article paru dans *Mesures*. Les possibilités de ce type de manomètre, du point de vue de la mesure des variations rapides de la pression, ont été précisées dans une Note publiée à *La Revue Scientifique*.

*Métallisation  
des surfaces.*

Le Kilogramme prototype N° 27, appartenant au Danemark, qui portait sur sa surface cylindrique des rayures profondes, consécutives à un accident ancien, ne présentait plus les garanties qu'on doit exiger d'un étalon de premier ordre. En accord avec les autorités danoises, nous avons chargé le Comptoir Lyon-Alemand de refondre ce Kilogramme; mais cette refonte ne va pas sans graves difficultés.

*Masses.*

Le Gouvernement Autrichien a voulu obtenir, par notre entremise, un Kilogramme en platine iridié, pour remplacer son prototype national disparu pendant la guerre, et un Kilogramme en acier inoxydable (nicral). Les pourparlers en vue de l'achat du Kilogramme en platine n'ont pas encore abouti; mais par contre, la pièce en acier inoxydable nous a été livrée récemment par la Société Prolabo, pour que nous déterminions sa densité avant l'ajustage définitif.

La mesure directe de l'accélération d'un corps qui tombe, que M. Volet se propose de faire, nécessite une installation que nous avons disposée dans la salle I de notre observatoire, après avoir supprimé l'un des microscopes ayant servi autrefois à la mesure du coefficient de dilatation des règles géodésiques. Cette installation comporte un certain nombre d'éléments, dont une partie a été construite sur les plans et par les soins de M. Volet. Il en est ainsi de certains montages d'optique, de l'appareil de chute, du tambour enregistreur, etc.

*Accélération  
de la  
pesanteur.*

Nous avons, d'autre part, fait établir par la Société Genevoise une règle de 1<sup>m</sup>,25 en invar, comportant deux lignes de foi sur des plans perpendiculaires qui doivent permettre de s'assurer de la verticalité de la chute. Cette règle a été mise à l'étude et a déjà montré l'excellente régularité de sa graduation. Les étincelles extrêmement brèves (1 microseconde) qui serviront à la photographie de la règle seront données par un appareil « Stroborama » que nous a fourni la Société « Recherches Mécaniques et Physiques » à Levallois. Enfin, l'échelle chronométrique a été réalisée par les Établissements Édouard Belin, à Paris. Elle comporte un cristal de quartz qui vibre à la fréquence d'environ 34 566 périodes par seconde, et qui module un faisceau de lumière, selon le principe indiqué par M. Tawil et appliqué par lui dans son chronographe.

*Électricité.*

La modification principale dans le domaine des instruments électriques a consisté en la réfection du potentiomètre spécial servant à la comparaison des éléments Weston. Plusieurs raisons ont engagé M. Romanowski à effectuer cette transformation, qui, malgré sa longueur (due aux difficultés rencontrées auprès des constructeurs), a pu avoir lieu à une époque où les travaux d'étalement pour l'extérieur n'étaient pas à prévoir. Les différentes parties de l'appareil sont disposées d'une façon plus rationnelle que sur l'appareil précédent; l'échelle et l'éclairage sont fixés au mur, ce qui leur assure une meilleure stabilité. Mais le point le plus important est le changement de l'interpolateur, le nouvel interpolateur étant basé sur le principe du pont de Wheatstone. Rappelons que cette partie du potentiomètre est destinée à créer dans le circuit de mesure (comprenant donc les deux éléments Weston en opposition) une différence de potentiel variable, susceptible de prendre toutes les valeurs comprises entre 0 et 10  $\mu$ V et qui fait l'appoint de la différence de potentiel produite par le potentiomètre lui-même, multiple entier de 10  $\mu$ V (différence de potentiel entre deux plots de la dernière décade). Le nouveau montage utilise une résistance de 1 ohm, placée, d'une part, en série avec les éléments mesurés, et, d'autre part, dans la diagonale galvanométrique d'un pont de Wheatstone, dont l'équilibre est réalisable au moyen d'un rhéostat à manivelle. Au moment de l'équilibre, cet ohm est parcouru par un courant nul; donc la différence de potentiel à ses bornes est égale à zéro. En déséquilibrant le pont, dans un sens ou dans l'autre, on obtient dans

l'ohm un courant réglable jusqu'au maximum de  $10^{-5}$  ampère. La faible intensité du courant permet d'utiliser pour sa mesure un appareil du type galvanométrique, c'est-à-dire pouvant dévier dans les deux sens. La différence de potentiel produite aux bornes d'un ohm peut donc être ajoutée ou soustraite, selon le besoin, à la force électromotrice mesurée. L'appareil précédent ne présentait pas cette commodité. Les résistances élevées (plusieurs milliers d'ohms), rendent la différence de potentiel pratiquement proportionnelle au déplacement du curseur sur le rhéostat formant les bras du pont.

L'appareil est vérifié de temps en temps en comparant la différence de potentiel de  $10 \mu\Omega$  produite aux bornes de l'ohm à la différence de potentiel entre deux plots consécutifs du potentiomètre.

En vue d'une extension possible des mesures électriques en courant alternatif, M. Romanowski s'est documenté sur les appareils d'utilité générale que le Bureau International peut avoir intérêt à posséder dans ses laboratoires. On a fait l'acquisition d'un oscillographe cathodique de la maison Ribet et Desjardins, à Montrouge, et d'un générateur basse fréquence des « Constructions Radiophoniques du Centre » (C. R. C.), de Saint-Étienne. Le premier de ces appareils a servi à M. Terrien pour l'équilibrage du disque de Talbot et pour des essais sur la détection d'éclairs lumineux très brefs (quelques microsecondes) dans l'étude préliminaire d'une méthode de mesure de  $g$ . Le second, qui a été utilisé au Laboratoire Central des Industries Électriques, attend son heure.

Il faut encore signaler que le Laboratoire Central des Industries Électriques a mis à la disposition du Bureau, à titre de prêt, un certain nombre des appareils qui ont servi à la production du courant sinusoïdal lors de la détermination de l'ohm par la méthode Jouaust, Picard, Hérou (1938). Ces appareils comportent un amplificateur de puissance et un filtre. Ils se trouvent actuellement à Bagnaux, au Laboratoire National de Radioélectricité, qui, de son côté, est disposé à prêter au Bureau un générateur à diapason de 100 Hz, adapté aux appareils provenant du L. C. I. E. De cette façon, lorsque le Bureau International éprouvera le besoin d'obtenir un courant sinusoïdal de fréquence 100 Hz très stable, il pourra, grâce à l'obligeance des deux Laboratoires, disposer en un temps court de tout l'appareillage nécessaire.

*Photométrie.* *Asséchement.* — L'installation destinée à l'alimentation de la salle de photométrie en air sec a permis d'éviter le démontage des instruments sensibles à l'humidité et leur évacuation pendant la saison d'été. Sauf pendant les périodes d'interruption nécessaires pour son entretien et ses réparations, elle est restée en fonctionnement permanent, assurant dans la salle un degré hygrométrique compris entre 0,5 et 0,7. Cette installation a subi quelques améliorations : remplacement du petit moteur du ventilateur par un moteur plus robuste, et refroidissement supplémentaire du fluide frigorifique par une légère circulation d'eau.

*Banc photométrique et accessoires.* — Le nivellement du banc photométrique a été contrôlé à nouveau à l'appareil d'alignement de M. Terrien, par l'observation des positions prises par un chariot que l'on déplaçait de 5 en 5<sup>cm</sup>. Les résultats ont confirmé l'excellente stabilité de ce banc, le mouvement du chariot étant une translation rectiligne avec des écarts inférieurs à 0<sup>mm</sup>,1, en direction horizontale comme en direction verticale.

*Photomètre à photopile.* — Le photomètre à photopile construit par M. Terrien pour les comparaisons homochromes donne toute satisfaction; il continue d'être employé sans changement. Seuls les circuits électriques attenants ont été modifiés; désormais, l'opérateur chargé du déplacement du chariot portephotomètre garde sous la main tous les organes électriques de commande, et peut observer lui-même, sur une grande échelle divisée suspendue au plafond, la position du spot du galvanomètre.

*Sphère d'Ulbricht.* — Depuis moins d'un an seulement ont commencé à nous parvenir des lampes étalons de flux lumineux provenant des grands Laboratoires nationaux, et les premières comparaisons importantes à la sphère d'Ulbricht ont été entreprises cet été. Le montage de la sphère et sa rigidité ont été contrôlés à nouveau; les manœuvres d'ouverture et de fermeture ont été facilitées par la mise en place d'un bras de commande, qui diminue les risques de déplacement de la fenêtre de mesure.

La mesure du facteur de réflexion diffuse de la peinture de la sphère a donné la valeur 0,84.

*Secteur photométrique tournant.* — Le disque Talbot, à ouverture variable et repérable en marche, dont la construction

à l'atelier du Bureau selon les plans de M. Terrien avait été fort avancée en 1946, après une interruption due à l'urgence d'autres travaux, a été remis en chantier. L'équilibrage de la partie tournante, rendu délicat parce qu'elle doit nécessairement changer de forme lorsque l'on fait varier l'ouverture des secteurs, a été entrepris sous le contrôle d'un pick-up et d'un oscillographe cathodique. Lorsque cet instrument pourra atteindre, comme nous l'espérons bien, la même fidélité et la même commodité d'emploi que le banc photométrique, le Bureau pourra comparer les résultats de ces deux méthodes de photométrie visuelle; et cette comparaison ne saurait manquer d'être très instructive pour le dépiage des erreurs systématiques.

*Photomètre visuel à cube de Lummer.* — Au disque de Talbot dont il vient d'être parlé, sera attaché un photomètre visuel; ce photomètre vient d'être construit à l'atelier du Bureau par M. Terrien. Analogue au photomètre de Lummer classique, il en diffère par quelques points: la pupille de sortie est un cercle de 10<sup>mm</sup> de diamètre, plus grand que la pupille de l'œil; elle est conjuguée de l'écran blanc récepteur de lumière, ce qui limite au minimum la région utilisée sur cet écran, dont l'éclairage n'est pas toujours parfaitement uniforme avec certains types de lampes étalons; enfin, le champ angulaire est de 15 degrés. Ces modifications n'ont pu être réalisées que par l'adjonction d'une lentille de champ voisine du cube; l'expérience montrera si sa présence constitue un inconvénient plus important que les améliorations qu'elle permet.

*Monochromateur double.* — Un monochromateur double, du type de ceux que M. Terrien a fait construire à l'Institut d'Optique, avait été commandé à cet Institut. Les éléments en ont été livrés et ils ont été montés à l'atelier du Bureau. On s'est aperçu, en terminant les réglages, que le plan du spectre était légèrement oblique par rapport au plan de la fente sélectrice. Ce défaut n'était pas gênant dans les monochromateurs précédemment construits; car le changement de longueur d'onde était obtenu par rotation des prismes, et la radiation isolée venait toujours donner une image au point sur cette fente, qui était fixe. Mais dans le monochromateur destiné au Bureau, on a voulu pouvoir placer dans le plan du spectre un écran découpé arrêtant une fraction déterminée de chaque radiation, et recom-

biner à la sortie la lumière dont la composition est ainsi modifiée. C'est pourquoi la fente sélectrice est cette fois mobile dans un plan; et il importe que le spectre coïncide avec ce plan. Le défaut observé sera corrigé facilement, grâce à un décentrement des lentilles de champ.

Ce monochromateur, spécialement étudié pour la spectrophotométrie et pour l'analyse énergétique des rayonnements dans le visible et les régions spectrales voisines, doit permettre d'effectuer des études de ce genre avec une grande précision. Il est installé dans la Salle 13 S.

*Pile thermoélectrique et galvanomètre.* — En vue d'études ultérieures sur l'analyse énergétique des rayonnements lumineux, le Bureau a acheté à la Société Kipp et Zonen, de Delft, une pile thermoélectrique de Moll et un galvanomètre Zernicke Z b. Le Bureau ne disposait pas encore de galvanomètre sensible amorti sur faible résistance. Celui qui vient d'être acquis est amorti sur 1 à 200 ohms, selon le réglage du shunt magnétique, et comble cette lacune.

*Photomultiplicateur électronique.* — Bien que l'amplificateur à courant continu construit par M. Terrien donne avec une cellule à vide du type Gillod-Boutry des résultats plus intéressants pour la photométrie, grâce à la stabilité et à la linéarité de sa réponse, sa constante de temps peut être un obstacle sérieux à son emploi dans certains cas. C'est pourquoi le Bureau a acheté un photomultiplicateur électronique 931 A, de la Radio Corporation of America; cet instrument sera alimenté en tension par des piles sèches de faible capacité.

*Thermométrie.*

Le Centre National de la Recherche Scientifique a mis à notre disposition deux thermomètres à résistance de platine, à enveloppe de quartz, d'une vingtaine d'ohms à 0°, construits d'après les plans de M. G. Boutry.

De son côté, l'Office allemand des Poids et Mesures a établi à notre intention deux thermomètres à résistance de platine d'une dizaine d'ohms chacun, dont le tube protecteur en quartz a un diamètre de 6<sup>mm</sup> seulement.

M. Bonhoure a fait établir, par l'atelier du Bureau (M. Hanocq), un appareil pour déterminer le zéro des thermomètres par le point de fusion de la glace et dans lequel on peut faire circuler



l'eau de fusion. Un appareil de ce genre est utilisé au Laboratoire de Recherches de la Société Nouvelle du Comptoir Lyon-Alemand, à Paris, où il donne satisfaction. Ce dispositif sera essayé comparativement au point de glace classique.

La lunette d'observation du point zéro des thermomètres a été munie d'un diaphragme iris placé dans le plan focal de l'objectif, suivant la suggestion de M. Roux (cf. Rapport 1939, p. D 30). L'avantage de ce montage sera particulièrement important pour l'observation des thermomètres d'essai en verre Vycor.

Un petit alambic pour production d'eau distillée, d'un débit de 2 l/h, a été acheté au début de 1948. Cet appareil est à alimentation d'eau continue et à chauffage électrique; il a été monté à la Salle 13 (ancienne chimie). Le Bureau sera ainsi en mesure de fabriquer en quantité suffisante l'eau distillée dont il a besoin, sans faire appel à des maisons commerciales.

Notre excellente fraiseuse Gambin a été munie d'une nouvelle broche pour les grandes vitesses, permettant de résoudre les problèmes qui se présentent constamment dans notre atelier: rectification de pièces dures, fraisage et perçage de trous de petits diamètres, usinage des métaux tendres (laiton, aluminium, duralumin), et de matériaux autres que les métaux (isolants).

Notre vieux tour Strub a été remplacé par un tour neuf Weisser. Ce tour parallèle moderne à banc rompu et glissières prismatiques, a une hauteur de pointes de 160<sup>mm</sup> et une longueur de 1 mètre entre pointes. Il est équipé d'une boîte de filetage du type Norton. Il permet maintenant l'usinage et le décolletage de pièces en acier de toutes sortes.

Son acquisition a été complétée par l'achat d'un touret équipé de meules spéciales pour l'affûtage des outils à plaquette de tungstène.

Le tour d'opticien hors d'usage a été remplacé par un tour d'occasion Karger, acquis dans des conditions très avantageuses et d'une grande utilité pour les petits travaux courants. C'est un tour à banc parallèle de 150<sup>mm</sup> de hauteur de pointes et de 500<sup>mm</sup> d'entre-pointes.

Nous avons acquis une cisaille moderne à grande capacité et mouvement de puissance perfectionné, permettant le cisailage de profilés divers.

La partie profonde de notre ancien garage, dont l'éclairage a

*Outillage  
d'atelier.*

été amélioré comme il est dit au chapitre « Bâtiments », a été transformée, principalement par notre mécanicien M. Michard, en un atelier de menuiserie moderne comportant une machine combinée scieuse-toupilleuse-mortaiseuse mue par un moteur triphasé. Elle a été munie d'un assortiment complet d'outils extensibles nous permettant l'exécution rapide d'un ensemble de travaux variés.

La remise en état du vieux tour Strub récupéré à l'atelier de mécanique nous permet son utilisation comme tour à bois.

#### IV. — TRAVAUX.

*Calculs  
théoriques.*

Dans le domaine théorique, M. Volet a étudié l'influence de la position des points de support sur la longueur d'un étalon dont les traits sont gravés à une certaine distance des extrémités de la barre. M. Volet a ainsi confirmé et étendu, par une voie plus simple, les résultats obtenus précédemment par F. Salvi dans un travail que j'ai mentionné à mon Rapport présenté en 1939 (p. D 36).

*Mètres  
prototypes.*

Les Mètres nationaux N° 29 (Suède) et N° 276 (Indes néerlandaises) ont été apportés au Bureau International en vue de leur vérification. L'un et l'autre ont été comparés à nos étalons N° 26 et T<sub>2</sub>, et ont donné des résultats en très bon accord avec ceux des précédentes comparaisons. Deux observateurs, MM. Volet et Moreau, ont comparé le Mètre N° 29 à nos étalons et ont obtenu les résultats suivants :

MM. Volet.....	N° 29 = 1 m — 2 <sup>μ</sup> ,60 à 0°
Moreau.....	= 1 m — 2 <sup>μ</sup> ,52
Moyenne.....	N° 29 = 1 m — 2 <sup>μ</sup> ,56   en 1948

La valeur qui résultait des comparaisons initiales de 1888-1889 était :

$$\text{N}^{\circ} 29 = 1 \text{ m} - 2^{\mu},52 \quad \text{en 1889}$$

tandis qu'on avait trouvé, lors de la première vérification périodique des Mètres :

$$\text{A } 0^{\circ} \quad \text{N}^{\circ} 29 = 1 \text{ m} - 2^{\mu},49 \quad \text{en 1920.}$$

MM. Pérard et Volet ont, d'autre part, déterminé le Mètre N° 27<sub>C</sub> en effectuant chacun huit séries de mesures avec nos deux étalons. Il en est résulté les valeurs suivantes :

MM. Pérard.....	N° 27 <sub>C</sub> = 1 m + 9 <sup>μ</sup> ,29 à 0°
Volet.....	= 1 m + 9 <sup>μ</sup> ,38
Moyenne.....	N° 27 <sub>C</sub> = 1 m + 9 <sup>μ</sup> ,34 en 1948

Ce Mètre, qui avait été remis directement, en 1879, à la Hollande par la Section française, n'était venu au Bureau International qu'en 1921. On avait trouvé, à cette date, la valeur suivante :

$$\text{A } 0^{\circ} \quad \text{N}^{\circ} 27_{\text{C}} = 1 \text{ m} + 9^{\mu},45 \text{ en } 1921$$

Au cours de ces mesures, on a trouvé indirectement que la différence entre nos étalons N° 26 et T<sub>2</sub> s'écartait d'environ trois dixièmes de micron de celle qui était résultée des comparaisons très soignées et très concordantes de 1939. Nous avons confirmé ce fait par une comparaison directe des deux Mètres. Cette mesure, à laquelle trois observateurs ont participé, a donné les résultats suivants, réduits à la température de 0° :

MM. Pérard.....	N° 26 — T <sub>2</sub> = —5 <sup>μ</sup> ,19
Volet.....	= —5 <sup>μ</sup> ,24
Moreau.....	= —5 <sup>μ</sup> ,15
Moyenne.....	N° 26 — T <sub>2</sub> = —5 <sup>μ</sup> ,19

En 1939, on avait obtenu la valeur :

$$\text{N}^{\circ} 26 - T_2 = -5^{\mu},49$$

comme moyenne d'un grand nombre de mesures effectuées par quatre observateurs. La grandeur de cet écart (0<sup>μ</sup>,30) nous a surpris d'autant plus qu'il s'agit là de Mètres d'excellente qualité, et que nous avons, comme on sait, sensiblement amélioré notre Comparateur. Afin de déterminer si cette variation apparente était le fait de l'un ou de l'autre de ces Mètres, nous les avons comparés à un troisième, T<sub>3</sub>. Trois observateurs, MM. Volet, Terrien et Moreau, ont participé à cette vérification rapide. Elle a encore confirmé la différence :

$$\text{N}^{\circ} 26 - T_2 = -5^{\mu},19.$$

et montré que, d'après  $T_3$ , le Mètre N° 26 aurait augmenté de  $+ 0^{\mu},19$ , et le Mètre  $T_2$  diminué de  $0^{\mu},11$ . Nous pensons que ces écarts fixent la limite de définition des étalons eux-mêmes; car maintenant, la symétrie apportée dans les comparaisons semble éliminer toute erreur systématique provenant du Comparateur.

La recherche de la cause de ces variations, qui ne sont certainement qu'apparentes, nous a conduits à faire une étude systématique trait par trait, de leurs réactions sous un éclairage variable, afin de déceler les Mètres qui y sont le plus sensibles.

M. Volet a disposé, sur un microscope du Comparateur Brunner, un diaphragme qui permet d'obturer alternativement la moitié droite, puis la moitié gauche du faisceau éclairant le trait. Dans ces conditions, qui exagèrent la dissymétrie de l'éclairage à tel point que les traits deviennent peu nets et difficiles à pointer, on observe des déplacements apparents du trait qui atteignent jusqu'à  $24,5$  sur le Mètre N° 26. Cette étude a montré que le Mètre N° 26 possède deux traits dont les réactions sont fortes, mais pratiquement identiques. Le Mètre  $T_2$  réagit moins (environ  $0^{\mu},3$ ), mais inégalement sur ses deux traits, ce qui décele une différence de structure de ces deux derniers. Les traits de  $T_3$  réagissent en moyenne d'environ  $0^{\mu},5$  avec, comme  $T_2$ , une assez forte différence sur les deux traits. On observe aussi, qu'en moyenne, les traits de  $T_2$  se comportent à l'inverse de ceux du N° 26. Ce fait est en accord avec l'observation déjà faite lors des comparaisons de 1939 que l'équation relative de ces deux Mètres est parmi les plus sensibles au retournement des microscopes.

Cet examen individuel des traits, qu'il serait utile de compléter par des mesures faites dans d'autres conditions et sur d'autres Mètres, nous permettra de reconnaître a priori ceux d'entre eux qui constituent les références les mieux définies.

*Longueurs  
diverses.*

Un grand nombre de déterminations de longueurs à traits nous ont été demandées, parmi lesquelles je citerai l'étude (longueur et dilatation) de deux règles de 1 mètre, l'une en invar, l'autre en acier inoxydable « Véga 10 », appartenant à l'Institut Géographique National de France, avec étalonnage des décimètres par M. Moreau.

Comme étalons à bouts, MM. Cabrera et Leclerc ont étudié une série de broches à bouts sphériques de 150, 200, 300, 400, 500 et 600<sup>mm</sup>, appartenant à « La Précision Mécanique ». Elles ont été

mesurées par la méthode des abouts, par rapport à la règle T<sub>1</sub>. On a exécuté, sur chaque broche, deux déterminations indépendantes, qui ont toujours concordé entre elles à moins de 0<sup>m</sup>,3. Les résultats sont résumés ci-dessous à la température des expériences, et réduits ensuite à 20° C, au moyen du coefficient de dilatation  $\alpha_{20} = 11,15 \cdot 10^{-6}$  par degré, trouvé par M. Volet sur une broche de un mètre de la même série :

Broches.....	150. à 19°,36.	200. à 19°,50.	300. à 20°,22.	400. à 20°,61.	500. à 19°,99.	600. à 19°,26.
Résultats .....	$\mu$ -0,0	$\mu$ +2,4	$\mu$ +5,7	$\mu$ +13,9	$\mu$ +12,2	$\mu$ + 7,6
Résultats à 20° C.	+1,1	+3,5	+5,0	+11,2	+12,3	+12,6

A l'occasion de ces mesures, MM. Cabrera et Leclerc ont reconnu une fois de plus les écarts de température qui sont à craindre pour les mesures dans l'air entre la température interne de la règle et la température donnée par les thermomètres situés cependant à l'intérieur d'un comparateur, lorsque celui-ci se trouve tenu à une température inférieure à la température ambiante, du fait de la présence des piliers massifs qui émergent du sous-sol.

Si l'on commet dans la mesure de la température des règles l'erreur  $\Delta\theta$ , et si les coefficients de dilatation des règles diffèrent de  $\Delta\alpha$ , la comparaison des deux règles de longueur L est entachée de l'erreur  $L \cdot \Delta\theta \cdot \Delta\alpha$ . Dans les mesures ci-dessus ( $\Delta\alpha \simeq 3 \cdot 10^{-6}$  par degré), il faudrait des  $\Delta\theta \simeq 0,2$  degré pour que l'erreur fût juste appréciable; elle n'est donc pas très grave. Néanmoins, MM. Cabrera et Leclerc ont cherché à déterminer la valeur de  $\Delta\theta$ , lorsqu'on mesure la température en plaçant un thermomètre dans l'air à côté des règles. Pour cela, ils ont obtenu en même temps la température vraie des règles par le procédé suivant : les réservoirs des thermomètres ont été entourés par des blocs d'aluminium, lesquels sont à leur tour en contact intime avec les règles; il a été pris bien soin d'éviter toute contrainte possible sur le réservoir des thermomètres par les blocs d'aluminium. La température mesurée dans ces conditions est toujours inférieure à celle donnée par un thermomètre placé dans l'air, la différence étant de l'ordre de 0,15 degré, lorsque la différence [Salle II - Comparateur] est de 1,5 degré. Cette différence peut être diminuée jusqu'à environ 0,05 degré, en mettant des protections assez considérables autour des règles et des thermomètres dans l'air.

*Alliages.*

M. Volet a recherché s'il était possible d'accélérer la stabilisation de l'invar, qui se fait, comme on sait, au moyen d'un refroidissement très lent, en interrompant fréquemment la chauffe par un retour à la température ambiante. Ces essais, dans lesquels des éprouvettes étaient portées 25 fois par heure de la température ambiante à une température progressivement décroissante, ont conduit à un résultat négatif : la stabilisation est obtenue plus rapidement avec un refroidissement lent continu.

*Fils  
géodésiques.*

L'étude des douze fils étalons du Bureau International et celle de notre règle  $I_5$ , de 4<sup>m</sup>, qui conditionnent toutes nos déterminations de fils et rubans géodésiques, ont été effectuées en janvier-février 1947. Les travaux qui ont été entrepris depuis quelques mois dans la Salle I de l'observatoire, où est installé le comparateur géodésique, ont empêché d'exécuter cette année de nouvelles mesures sur  $I_5$ ; et par suite sur les douze fils étalons; mais la connaissance que nous avons, de l'allongement de ceux-ci, dont nous suivons la marche depuis très longtemps, nous permet d'extrapoler leur valeur sans risque d'erreur sensible pendant un certain temps.

Les demandes d'étude ont porté sur 61 instruments de différentes longueurs, émanant de la France, de la Belgique, de la Bulgarie, du Portugal, de la République Dominicaine, et de la Pologne.

Parmi ceux-ci, je signalerai trois fils de 24<sup>m</sup>, qui, revenus au Bureau sur leur tambour en 1946, sans avoir été déroulés depuis leur précédente mesure en 1938, n'ont montré que les variations suivantes :

Fil n° 1148 .....	<sup>mm</sup> + 0,02
» 1149 .....	— 0,01
» 1150 .....	0,00

Ces fils sont issus de la 14<sup>e</sup> livraison d'invar, dont l'étuvage s'est terminé au début de 1931. Leur remarquable stabilité nous a engagés à chercher quelles étaient les variations des autres fils tirés de cette même livraison; mais cinq d'entre eux seulement sont revenus au Bureau pour une deuxième détermination, et leur marche est trop irrégulière pour que les résultats des mesures effectuées sur ces fils soient pris en considération. Il faudra attendre le retour au Bureau d'autres instruments pour

savoir si la qualité exceptionnelle des trois fils précédents s'applique à la 14<sup>e</sup> livraison d'invar dans son ensemble.

Deux rubans de 20<sup>m</sup>, l'un en invar, l'autre en acier inoxydable, appartenant au Ministère de la Production Industrielle de France, ont été comparés; supportés à plat, à deux intervalles de la base primaire du Bureau; une seconde mesure a été faite sur deux intervalles de la base secondaire, les rubans étant librement suspendus par leurs extrémités. Ces comparaisons ont donné, à 15<sup>o</sup> :

	BASE A MICROSCOPES (rubans supportés sur toute leur longueur). (1)	BASE A REPÈRES (rubans librement suspendus). (2)	$\Delta l$ . (3)	(2 + 3). (4)
Invar...	20 <sup>m</sup> — 6 <sup>mm</sup> ,37	20 <sup>m</sup> — 8 <sup>mm</sup> ,50	+ 2 <sup>mm</sup> ,13	20 <sup>m</sup> — 6 <sup>mm</sup> ,37
Inox....	20 <sup>m</sup> — 6 <sup>mm</sup> ,51	20 <sup>m</sup> — 7 <sup>mm</sup> ,19	+ 0 <sup>mm</sup> ,73	20 <sup>m</sup> — 6 <sup>mm</sup> ,46

( $\Delta l$  = écart calculé entre la longueur vraie du ruban et la distance rectiligne de ses traits extrêmes lorsqu'il est librement suspendu).

Eu égard à la qualité des traits des rubans, l'accord entre les résultats (1) et (4) est excellent; le léger écart pour le ruban Inox ( $\alpha \simeq 10 \cdot 10^{-6}$ ) peut encore provenir, pour une grande part, de l'incertitude sur la température du ruban.

M. Bonhoure est toujours chargé de l'étude des fils géodésiques avec le concours permanent de M. Moreau; MM. Leclerc et Hamon participent aussi à certaines mesures.

Les études des raies du zinc et du thallium ont été poursuivies et terminées. La courbe de correction des excédents fractionnaires observés par rapport aux excédents calculés en fonction de la longueur d'onde, est parfaitement régulière. L'une d'elles, celle du rouge du zinc ( $Z_r$ ), est même bien rectiligne, ce qui caractérise une raie monochromatique et symétrique, la longueur d'onde étant 636<sup>m $\mu$</sup> ,234 69. De même, la raie bleue ( $Z_b$ ) l'est approximativement, avec la longueur d'onde 481<sup>m $\mu$</sup> ,053 30. Les raies bleu indigo ( $Z_{bi}$ ) et indigo ( $Z_i$ ) le sont moins bien; et leur longueur d'onde principale peut être chiffrée respectivement à 472<sup>m $\mu$</sup> ,215 74 et 468<sup>m $\mu$</sup> ,013 60. Pour la raie verte du thallium ( $T_v$ ), j'ai choisi la valeur 535<sup>m $\mu$</sup> ,041 42, qui semble devoir être à bien peu près la valeur de la composante principale, avec un premier

*Longueurs  
d'onde  
lumineuses.*

satellite qui provoque les courtes oscillations de la courbe à  $+ 11^{\text{m}\mu},36$ , amplitude voisine de  $0,37$ , et un autre, très proche, vers  $+ 1^{\text{m}\mu},65$ , amplitude  $0,48$ .

M. Barrell, du National Physical Laboratory, qui a mesuré ces mêmes longueurs d'onde, n'est pas en concordance parfaite avec les nombres ci-dessus. Cela n'a rien d'étonnant pour des raies assez peu monochromatiques, comme les trois dernières; mais c'est plus extraordinaire pour la raie rouge du zinc. Il est assez curieux que, pour cette raie rouge, comme pour la raie bleue du zinc, le rapport de l'écart à la longueur d'onde soit à peu près le même,  $0,36 \cdot 10^{-6}$  pour  $Z_r$  et  $0,37 \cdot 10^{-6}$  pour  $Z_b$ . Il est vrai que c'est tout différent pour les autres longueurs d'onde, et que même pour certaines, l'écart change de signe. Dans les expériences telles que je les ai faites à l'interféromètre Michelson, avec l'échange, miroir pour miroir, des faisceaux lumineux, on ne voit pas trop d'où pourrait provenir une erreur systématique.

Un certain nombre de calibres à bouts plans ont été mesurés par les interférences, les uns très petits, de l'ordre du millimètre, les autres de  $25$ ,  $50$  et  $100^{\text{mm}}$ , appartenant aux Jauges Cary (Le Locle), et au Bureau Fédéral des Poids et Mesures de Berne; simultanément, les étalons de mêmes longueurs du Bureau International ont été soumis à une nouvelle détermination, qui a confirmé la régularité de leur marche, pour la plupart dans le sens de l'allongement.

*Couches  
solides  
minces.*

M. Cabrera a poursuivi ses recherches sur les propriétés optiques des couches minces; elles ont été l'objet d'une communication présentée à la Réunion des Opticiens tenue à Paris en octobre 1946.

*Oxydation des aluminures.* — En collaboration avec MM. Terrien et Hamon, M. Cabrera a poursuivi ses recherches en vue de l'obtention des aluminures oxydées artificiellement. Les procédés suivants ont été essayés : *a.* oxydation par l'ultraviolet ou par l'ozone dans une atmosphère sèche; *b.* oxydation à haute température; *c.* oxydation par l'ozone en atmosphère humide. Les résultats obtenus sont les suivants :

*a.* L'ultraviolet augmente la vitesse d'oxydation, mais dans une proportion trop faible; du point de vue pratique, peut-être l'essai avec des radiations à fréquence plus élevée (rayons X) serait intéressant. L'oxydation en présence d'ozone est la même



que celle en présence d'oxygène, indépendante de la concentration en ozone, tant qu'il n'y a pas de vapeur d'eau. En vue d'obtenir une atmosphère très concentrée en  $O_3$ , MM. Cabrera et Terrien ont monté une installation pour la production d'ozone à partir d'oxygène liquide, suivant le modèle de celle utilisée par M. E. Vassy (*Ann. de Physique*, 8, 1937, p. 679).

b. La vitesse d'oxydation de l'aluminium augmente avec la température; mais il faut aller jusqu'à 200°C à 300°C pour obtenir des augmentations sensibles et pratiquement intéressantes. Or, ces températures ne peuvent pas être utilisées pour oxyder nos aluminures, d'abord parce qu'elles ne seraient pas supportées par nos miroirs de précision, ensuite parce que les aluminures deviennent diffusantes par agglomération du métal en grains.

c. La présence d'humidité dans l'air augmente la corrosion de l'aluminium dans une proportion faible; par contre, s'il y a de l'ozone, la corrosion augmente beaucoup, d'autant plus que la concentration d'ozone est plus élevée. Naturellement, le résultat de la corrosion n'est plus de l'oxyde anhydre, mais probablement un hydroxyde, caractérisé par une dureté beaucoup plus faible. Du point de vue pratique, il faut donc transformer ces couches en oxyde anhydre; MM. Cabrera et Hamon ont essayé d'obtenir cette transformation en élevant la température; mais il a fallu encore monter à des températures trop hautes, pour obtenir des duretés analogues à celles des couches d'oxyde anhydre.

Toutes ces recherches ont fait l'objet de plusieurs Notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, et d'un article aux *Journées de corrosion* tenues à Paris en octobre 1947.

Les expériences sur le nettoyage des poids, dont j'ai parlé dans mon Rapport de 1946, et qui ont fait l'objet d'une Note annexée aux Procès-Verbaux de la dernière session du Comité International, ont été poursuivies par M. Bonhoure, qui a opéré cette fois sur quatre poids de 1<sup>kg</sup> en acier inoxydable.

*Masses.*

Les poids ont été nettoyés d'abord, soit au benzène et à l'alcool, soit avec l'un seulement de ces dissolvants, puis ils ont été lavés à l'aide d'un jet de vapeur d'eau bidistillée.

L'action des nettoyages au benzène et à l'alcool n'a entraîné que des variations faibles de la masse des poids, du même ordre

de grandeur que l'incertitude des pesées et quelquefois dans le sens d'une augmentation de leur masse. Par contre, le lavage à la vapeur d'eau s'est montré très actif et a conduit aux variations suivantes :

	Nature des poids.	Désignation.	Variation
Uranus 10	{ Cr 20..... %	U	— 0,0858
	{ Ni 10.....	U.	— 0,0923
Arc	{ Cr 20.....	A	— 0,0914
	{ Ni 10.....		
Nicral	{ Cr 20.....	N	— 0,1407
	{ Ni 20.....		

Un deuxième lavage à la vapeur d'eau, exécuté sur deux Kilogrammes, n'a pas eu d'effet sensible :

U.	+ 0 <sup>mg</sup> ,0065
N	— 0 <sup>mg</sup> ,0103

Enfin, une nouvelle détermination des quatre poids, effectuée quelques mois après les lavages, a confirmé entièrement leur valeur précédente. On a, en effet, constaté seulement les écarts suivants :

U	— 0,0162 <sup>mg</sup>
U.	+ 0,0059
A	— 0,0031
N	+ 0,0043

M. P. Chevenard, Directeur scientifique de la Société de Commeny-Fourchambault et Decazeville, à qui nous avons soumis ces résultats, n'a pu leur donner une interprétation certaine. Il s'explique mal, mais il ne juge pourtant pas absolument impossible, que la pellicule d'oxyde extrêmement mince et transparente qui se forme à froid sur ces alliages soit attaquée par la vapeur d'eau. De nouvelles expériences devront être faites après un long repos des poids pour s'assurer que leur masse ne risque pas d'être continuellement diminuée par ce mode de nettoyage énergique, mais qui devrait, dans ce cas, n'être utilisé qu'avec beaucoup de circonspection.

La deuxième vérification périodique des Kilogrammes prototypes nationaux occupe M. Bonhoure depuis le début de cette

année. Un premier groupe de dix Kilogrammes a été constitué avec les prototypes suivants : Nos 32 et 43, témoins du Kilogramme international, 9 et 31, prototypes d'usage du Bureau International, 18 (Grande-Bretagne), 20 (États-Unis d'Amérique), 28 et 37 (Belgique), 36 (Norvège), 40 (Suède). Ces Kilogrammes ont été comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles à l'aide de la Balance Rueprecht N° 1. La compensation de ces quarante-cinq déterminations a conduit aux résultats contenus dans le tableau suivant, auxquels on a ajouté la liste des valeurs qui avaient été obtenues depuis 1889 :

*Excès en milligramme sur la valeur nominale.*

Kilo-grammes.	(1889).	(1900).	(1919).	(1923).	(1933).	(1937).	(1948).	(1948-1889).
Nos 18....	+0,070			+0,057	+0,058		+0,071	+0,001
20....	-0,039					-0,021	-0,019	+0,020
28....	+0,210	+0,197	+0,170				+0,188	-0,022
36....	+0,157	+0,170					+0,186	+0,029
37....	+0,244	+0,271	+0,228				+0,251	+0,007
40....	-0,037	-0,030					-0,039	-0,002

Nos deux prototypes d'usage Nos 9 et 31 avaient été déterminés en 1946 par des comparaisons directes avec le Kilogramme international et ses témoins; mais il nous avait semblé que leur différence ne se vérifiait pas suffisamment bien, au cours des comparaisons auxquelles ils participèrent depuis cette époque. Les valeurs nouvelles confirment cependant les précédentes, quoique pour le Kilogramme N° 31 l'écart atteigne + 0<sup>m</sup>g,013 :

*Excès en milligramme sur la valeur nominale.*

	(1889).	(1946).	(1948).	(1946-1889).
N° 9 .....	+ 0,282	+ 0,300	+ 0,306	+ 0 <sup>m</sup> g,018
» 31 .....	+ 0,162	+ 0,115	+ 0,128	- 0 <sup>m</sup> g,047

Les valeurs de 1946 s'appuyant directement sur  $\mathfrak{K}$  doivent, à notre avis, être conservées.

Si l'on met à part le Kilogramme n° 31, dont l'usure certaine et visible a été déjà maintes fois signalée, on voit que les nouvelles valeurs des prototypes ci-dessus ne s'écartent des valeurs originales, en plus ou en moins, que de quantités bien faibles,

atteignant au maximum 0<sup>mg</sup>,03. Maintenant que nous connaissons mieux l'importance du nettoyage des poids, on ne peut garantir qu'il s'agit là de variations réelles.

Après soixante années d'usage actif, tout au moins en ce qui concerne le Kilogramme n° 9 du Bureau International, nous jugeons ce résultat très rassurant quant à la conservation de l'étalon de masse.

Un deuxième groupe de Kilogrammes a été constitué avec les prototypes ci-après : n°s 32 et 43 (témoins), n°s 5 et 19 (Italie), 10 (Portugal), 12 (U. R. S. S.), 21 (Mexique), 23 (Finlande), 46 (Indes Néerlandaises), 35 (France). Les comparaisons de ces étalons sont déjà très avancées et seront achevées prochainement.

Un troisième groupe pourra sans doute être constitué avec les prototypes des États qui n'ont pas encore répondu à notre lettre-circulaire de juillet 1946, relative à cette vérification des Kilogrammes nationaux, ou qui ont éprouvé des difficultés pour nous faire parvenir leurs étalons.

Une détermination du Kilogramme n° 27 (Danemark) a été faite en décembre 1946, par comparaison avec nos prototypes d'usage n°s 9 et 31. Son résultat et ceux des précédentes mesures sont reproduits ci-dessous :

	(1889).	(1909).	(1946).
Kilogramme n° 27...	1 <sup>kg</sup> + 0 <sup>mg</sup> ,145	1 <sup>kg</sup> + 0 <sup>mg</sup> ,107	1 <sup>kg</sup> + 0 <sup>mg</sup> ,155

L'état du Kilogramme en 1909 et 1946 et refondu depuis, ne permet pas de tirer des conclusions de ces différentes valeurs.

Le Kilogramme prototype N° 44, attribué à l'Australie, avait été déterminé en septembre-octobre 1946 par des comparaisons effectuées avec les témoins K 1 et 32 et deux autres prototypes, le N° 2 (Roumanie) et le N° 48 (non attribué). Envoyé au National Physical Laboratory, à Teddington, ce Kilogramme y fut comparé en juin 1947 au prototype N° 18 et à un autre Kilogramme en platine. La valeur trouvée s'écartant de celle de Sèvres de —0<sup>mg</sup>,042, le Kilogramme fut renvoyé au Bureau International où il fut comparé en septembre 1947 aux prototypes N°s 9, 31 et 48, puis réexpédié en Angleterre. Ces nouvelles mesures ont confirmé les premières.

La détermination toute récente du Kilogramme prototype N° 18 et son retour à Teddington permettront sans doute au National Physical Laboratory d'effectuer de nouvelles pesées qui,

je l'espère, donneront cette fois un résultat en plein accord avec celui du Bureau International.

En dehors de ces déterminations fondamentales, M. Bonhoure a étudié pour le Conservatoire National des Arts et Métiers, à Paris, deux pièces en platine de 1<sup>g</sup> et 1<sup>mg</sup> respectivement, et un Kilogramme en platine (IV). Il a aussi déterminé quatre pièces en platine de 1<sup>g</sup>, 100<sup>mg</sup>, 10<sup>mg</sup> et 1<sup>mg</sup>, appartenant à la Société Minière et Métallurgique de Penarroya.

Sur l'aimable invitation du National Physical Laboratory, M. Bonhoure s'est rendu à Teddington en décembre 1947 pour y travailler avec la balance de haute précision que ce Laboratoire a construite au cours des dernières années.

Malgré un incident de fonctionnement survenu à une commande et qui a nécessité le démontage complet de la balance, M. Bonhoure a pu exécuter un certain nombre de pesées et se rendre compte des qualités exceptionnelles de ce très bel instrument.

J'ai signalé dans mon dernier Rapport la méthode que M. Volet se proposait d'employer en vue d'une nouvelle détermination absolue de l'intensité de la pesanteur au Pavillon de Breteuil. Des essais satisfaisants ont été faits pour obtenir l'enregistrement dans le même champ des photographies de la règle et de la piste chronométrique. Le chronographe a été soumis à des épreuves satisfaisantes au Laboratoire National de Radioélectricité, à Bagneux. D'autre part, des pointés effectués sur des enregistrements ont permis de s'assurer qu'une précision supérieure au millionième de seconde serait obtenue dans la mesure du temps, d'autant mieux que, dans les expériences définitives, nous serons reliés directement à Bagneux pour la vérification de la fréquence de notre base de temps. M. Volet a procédé à des mises au point de son installation et à des expériences préliminaires.

*Gravité.*

Sans attendre le résultat de ses expériences définitives, il a déjà proposé d'utiliser une autre méthode, également basée sur l'observation d'un corps en chute libre. Elle consiste à observer les passages en deux stations d'un corps primitivement lancé de bas en haut. Grâce à l'observation de ces passages dans les deux sens, on obtient une élimination particulièrement complète de certaines erreurs systématiques possibles. Lorsque le programme des recherches envisagées sera achevé, on voit que le Bureau

International pourra devenir une station gravimétrique de premier ordre.

En collaboration avec M. Volet, M. Terrien a étudié par quelles méthodes on pourrait observer les instants de passage ascendant et descendant d'un objet lancé verticalement en chute libre dans le vide, et discuté la précision avec laquelle on pourrait en déduire la valeur de l'accélération de la pesanteur. Il a procédé à quelques essais de détection d'éclairs lumineux de quelques microsecondes au moyen d'un photomultiplicateur et d'un oscillographe cathodique ; le balayage était déclenché par un éclair préalable 10 microsecondes avant l'arrivée des éclairs à détecter. Ces essais montrent que le passage de l'objet en chute libre à un niveau déterminé pourrait être enregistré par cette méthode avec une précision suffisante.

*Thermométrie.*

Les possibilités de fabrication de tiges thermométriques en quartz fondu pourvues de capillaires fins et réguliers, qui permettraient de réaliser des thermomètres à mercure de précision possédant un « zéro » parfaitement stable, se heurtent toujours à de sérieuses difficultés. Les essais mentionnés au précédent Rapport, qui devaient être entrepris par le C.N.R.S., n'ont pas encore donné de résultats satisfaisants.

Devant ces difficultés persistantes, M. Moreau a été conduit à envisager l'utilisation du verre américain Vycor, dont les propriétés sont très voisines de celles du quartz fondu. La « Corning Glass Works » (U.S.A.), nous a aimablement envoyé des tiges de ce verre, pourvues d'un capillaire, et des tubes pour réservoirs. Deux thermomètres d'essai ont été construits avec ces échantillons de verre : l'un entièrement en « Vycor », l'autre avec réservoir en quartz fondu et tige en « Vycor » ; des expériences préliminaires sont projetées en vue de se rendre compte des aptitudes de ce verre comme enveloppe thermométrique.

Au sujet de la fabrication de ces thermomètres, entreprise avec le concours de M. Veyrun, Directeur des Ateliers de la Société Prolabo, nous devons signaler les difficultés de réalisation qui se sont présentées : le diamètre excessif du capillaire des tiges reçues, de l'ordre de  $0^{\text{mm}},4$ , ne permettait pas de donner au degré une longueur suffisante pour faire, dans les conditions habituelles, des observations thermométriques précises, à moins de rendre les dimensions des réservoirs exagérées. Le grandissement total de la lunette de visée ne pouvait pas non plus être

augmenté au delà de certaines limites; car il aurait été presque impossible de mettre simultanément au point les graduations du thermomètre et le ménisque de mercure; de plus, la nécessité de diaphragmer fortement aurait entraîné des erreurs de paralaxe importantes.

On a remédié à cet inconvénient en effectuant sur les tiges des thermomètres un méplat, approchant de quelques dixièmes de millimètre le capillaire, sur lequel sera effectuée la graduation par traçage au diamant.

Ces délicates opérations de meulage et de polissage du méplat sur les tiges ont été réalisées avec succès grâce au concours du Laboratoire Central de l'Armement (M. Bonnaire) et de l'Institut d'Optique (M. Dourneau).

Entre temps la position du point zéro des anciens thermomètres en quartz fondu a été de nouveau contrôlée; les résultats obtenus confirment toujours la parfaite stabilité dans le temps du « zéro » de ces thermomètres.

« Point zéro » de thermomètres en verre d'Iéna 16<sup>III</sup>.  
Quelques observations exécutées sur trois thermomètres expérimentaux à réservoir en « Iéna 16<sup>III</sup> » (2 recuits, 1 non recuit) ont confirmé que le traitement du *recuit* — tel qu'il est actuellement pratiqué suivant le processus correct précisé par les recherches sur l'état vitreux —, en dehors de son effet stabilisateur indispensable pour les thermomètres portés à des températures élevées ( $> 100^{\circ}$ ) contribue également, lorsqu'il est appliqué aux thermomètres destinés aux températures inférieures à  $100^{\circ}$ , à atténuer l'ascension lente et à diminuer la grandeur de la dépression du « point zéro ».

Ces observations, qui n'ont pu être poursuivies suivant le programme prévu par suite du bris accidentel des deux thermomètres recuits, sembleraient également indiquer que les corrections de *dépression* du verre d'Iéna 16<sup>III</sup> utilisées jusqu'ici au Bureau International (valeurs de Guillaume obtenues en 1888 sur des thermomètres *probablement non recuits*) sont trop fortes d'environ  $0,02$  degré pour  $100^{\circ}$ .

Ces incertitudes montrent à nouveau l'intérêt qu'il y a, pour les thermomètres de précision, à s'affranchir de telles corrections, plus ou moins bien définies, par l'emploi de verres thermométriques parfaitement stables, tels que le quartz fondu (et sans doute le « Vycor »).

*Études courantes.* — A signaler, parmi les études courantes de thermomètres, effectuées avec la collaboration de M. Hamon : détermination de la position du « zéro » des thermomètres d'usage du Bureau et de 13 thermomètres appartenant au Gaz de France; l'étude complète de 6 thermomètres (Gaz de France); du thermomètre Tonnelot 4397, réparé (Bureau); et l'étude sommaire d'un thermomètre (Bureau National des Mesures de Pologne).

*Thermométrie à résistance.* — L'étalonnage des quatre thermomètres à résistance de platine provenant du Centre National de la Recherche Scientifique et de l'Office allemand des Poids et mesures a été effectué par M. Bonhoure, à 0°, et au voisinage de 100° et de 444,60. Ces instruments satisfont aux spécifications de l'Échelle Internationale de Température, relatives à la pureté du platine.

Quelques expériences ont été effectuées par M. Bonhoure, avec l'aide de M. Leclerc, dans le but d'utiliser le point triple de l'eau comme point fixe. Mais on a constaté rapidement que la constance des résultats obtenus était assez éloignée de celle qui est réalisée couramment dans les laboratoires qui utilisent cette technique. Un examen plus approfondi du matériel électrique que nous utilisons, a permis de reconnaître qu'il ne répondait pas entièrement, dans son état actuel, aux exigences de la thermométrie de haute précision. Dès que nous en aurons la possibilité, nous nous efforcerons de lui apporter les améliorations nécessaires.

*Barométrie.*

Deux baromètres construits par les Établissements Richard, à Paris, analogues à notre baromètre Fuess, ont été comparés en même temps que ce dernier au baromètre normal de la Salle V. M. Terrien, qui s'est chargé de ces comparaisons, craignant que les inégalités d'épaisseur présentées par le tube du baromètre normal n'introduisent des erreurs systématiques, trouve ses craintes confirmées par l'étude des comparaisons anciennes de MM. Benoît et Chappuis, qui ont observé simultanément trois baromètres normaux. Il espère pouvoir mettre au point un procédé d'étude des erreurs de réfraction qui n'obligerait pas à démonter ni à modifier le baromètre sous sa forme actuelle.



*Petit comparateur d'étalonnage.* — Le contrôle de la rectitude du mouvement du chariot, déjà effectué en 1943 par la méthode d'autocollimation et par la méthode du prisme à double image de Kösters, a été repris en 1946 par MM. Terrien et Moreau, au moyen de deux autres méthodes; ils ont utilisé un appareil prêté par la Société Jobin et Yvon, appelé *rectimètre*, et un dispositif à double image inventé par M. Terrien et construit par la Société *Optique et Précision de Levallois*. Les dénivellations, qui atteignent au maximum  $10^{\mu}$  par rapport à une droite moyenne, avec une incertitude de  $\pm 2^{\mu}$ , ont été retrouvées identiques à ce qu'elles étaient en 1943. Les méthodes employées et leur critique ont été exposées dans un article cité à la fin de ce Rapport.

*Note sur le calcul des étalonnages et calibrages.* — La discussion précédemment appliquée par MM. Cabrera et Moreau aux résultats de l'étalonnage des décimètres du prototype  $T_4$  a été développée et étendue au cas quelque peu différent du calibrage des tubes (thermomètres).

Le problème du calcul des corrections de calibre en plusieurs approximations a été examiné, et une méthode modifiée a été exposée. Cette méthode analytique présente l'avantage d'effectuer les calculs sur des nombres beaucoup plus faibles, en résolvant un système d'équations normales formé à partir d'équations de condition dans lesquelles les quantités connues sont les erreurs résiduelles et les termes correctifs correspondant à chaque division.

En complément à ce travail, et à la suite de l'examen d'une étude de M. K. Platonov (Institut de Métrologie, Léninegrad), relative aux résultats de l'étalonnage d'une échelle divisée sur verre obtenus par différentes méthodes de calcul, M. Moreau a cherché à préciser, dans le cas d'un étalon de premier ordre soigneusement étudié, l'importance des différences que l'on obtient suivant que l'ensemble des observations d'un même étalonnage est traité par l'une ou l'autre des méthodes de calcul actuellement en usage. Dans ce but, les observations de l'étalonnage des traits décimétriques du prototype  $T_4$  ont été reprises et traitées par les méthodes suivantes :

Gay-Lussac; étalonnage simple : calculs complet (Hansen-Pérard)  
et simplifié (Neumann-Thiesen);  
étalonnage croisé : calculs complet (Pérard) et simplifié (Neumann-Guillaume).

Les résultats finaux obtenus concordent entre eux à quelques centièmes de micron (exception faite pour ceux de la méthode Gay-Lussac, dans laquelle intervient un nombre minimum de comparaisons). Cette excellente concordance est de l'ordre de grandeur des erreurs probables des résultats de l'étalonnage simple complet, et atteint la précision de définition actuelle des étalons à traits.

Ces études ont fait l'objet d'une Note destinée à être insérée dans les publications du Bureau International.

Mesures  
électriques.

*Travaux expérimentaux.* — Suivant depuis 1939 la même ligne de travail, M. Romanowski, secondé par M. Leclerc, a exécuté en 1947 et 1948 les comparaisons annuelles des étalons sédentaires de résistance et de force électromotrice. Le schéma et le mode d'exécution ont été analogues à ceux des années précédentes.

Dans le domaine des résistances, l'ohm international  $\Omega_M$  est toujours conservé au moyen de quatre étalons dont les symboles figurent dans les divers tableaux ci-dessous. A la suite des travaux effectués avant la guerre, on a attribué à la moyenne  $GO_3$  de ce groupe une évolution très lente exprimée par la formule :

$$R_t = 0,9997751 + 0,0026037 \cdot 10^{-6} t,$$

$t$  étant le nombre de jours écoulés depuis le 15 février 1939, date de la dernière comparaison au Pavillon de Breteuil. A la suite des comparaisons effectuées sur les étalons voyageurs du National Bureau of Standards et du National Physical Laboratory, et des échanges de vues qui en résultèrent, le Bureau International a été amené à abandonner la formule ci-dessus. Malgré la concordance étroite entre les résultats trouvés au Bureau International et la *moyenne* des données du N. P. L. et du N. B. S., ce dernier Laboratoire a cru pouvoir affirmer que les résistances des bobines de sa fabrication n'avaient subi aucune dérive appréciable. Le National Physical Laboratory, après des travaux approfondis, a reconnu que le choix des étalons pour constituer son groupe de référence n'avait pas été heureux, et que ce groupe avait subi une évolution très forte pendant les années de guerre. Le National Physical Laboratory a donc été conduit à rectifier les valeurs des étalons envoyés au Bureau International, de sorte qu'il s'est avéré plausible d'admettre, conformément aux affirmations du N. B. S., que la résistance  $R_t$  reste pratiquement inchangée depuis 1939. Les valeurs des étalons du groupe  $GO_3$ , d'après

cette hypothèse, sont données dans le tableau suivant :

	15 fév. 1939.	10 fév. 1946.	12 janv. 1947.	4 fév. 1948.
S (85)	0,9995241 ...	5250	5250	5247 $\Omega_M$
N (717)	1,0000124 ...	0128	0131	0137 »
E (34052)	0,9995864 ...	5854	5854	5852 »
LN (65)	0,9999775 ...	9772	9769	9768 »
	<u>0,9997751 ...</u>	<u>7751</u>	<u>7751</u>	<u>7751 »</u>

Au cours des années 1946-1948, le Bureau a reçu les ohms voyageurs des six Laboratoires nationaux, de sorte qu'il lui a été possible de reformer l'unité  $\Omega_M$  avec cette différence pourtant, par rapport aux travaux d'autrefois, que, malheureusement, les comparaisons ne présentent pas le caractère de simultanéité qu'il a été possible de réaliser pendant les années 1933, 1935, 1937 et 1939, où tous les étalons étaient présents en même temps au Pavillon de Breteuil (1). Les ohms mesurés sont :

- P. T. R. : R (3751), arrivé en novembre 1946.
- N. B. S. : S (72), S (73), S (83), arrivés en octobre 1946.
- L. C. I. E. : C (3962)\*, C (7413)\*, arrivés en février 1948.
- N. P. L. : N (715)\*, N (721)\*, N (722), N (723)\*, N (724)\*, N (725), arrivés en septembre 1946.
- E. T. L. : E (34050), E (34054), E (36060), arrivés en mars 1948.
- I. M. : M (6)\*, M (8)\*, M (9), M (12), arrivés en mai 1948.

Les ohms marqués d'un astérisque ont, depuis lors, réintégré leurs Laboratoires d'origine. On déduit des mesures effectuées les relations suivantes entre  $\Omega_M$  et les unités nationales :

$$\begin{aligned} \Omega_A &= \Omega_M + 14 \cdot 10^{-6} \\ \Omega_E &= - 2 \\ \Omega_F &= + 4 \\ \Omega_G &= - 2 \\ \Omega_J &= - 21 \\ \Omega_U &= + 4. \end{aligned}$$

Dans le domaine des forces électromotrices, le volt international  $V_M$  est toujours conservé au moyen d'un groupe  $GV_2$

---

(1) Ce nouvel  $\Omega_M$ , pour les raisons indiquées, n'est pas utilisé, et l'unité de résistance est conservée au moyen du groupe  $GO_3$  supposé invariable depuis 1939.

composé de 47 éléments dont la moyenne est supposée constante depuis 1939. Les intercomparaisons des groupes constituant  $GV_2$ , effectuées en même temps que les intercomparaisons des ohms de  $GO_3$ , n'ont révélé aucune défaillance et les groupes ont conservé leurs positions respectives d'une façon remarquable.

Depuis 1946 le Bureau a reçu les étalons voyageurs de cinq des Laboratoires nationaux, de sorte que l'on ne peut encore pas, en toute rigueur, reformer l'ancien  $V_M$ . Ces étalons voyageurs, qui ont été comparés au groupe  $GV_2$ , sont :

N. B. S.	un groupe de	3 éléments,	arrivés en	mai 1948.
L. C. I. E.	»	5	»	» février 1948.
N. P. L.	»	9	»	» juillet 1945.
E. T. L.	»	5	»	» mai 1948.
I. M.	»	20	»	» mai 1948.

En attribuant au groupe  $GV_2$  la valeur :

$$W_2 = 1,018\ 267\ 4\ V_M$$

on obtient :

$$V_E = V_M - 9 \cdot 10^{-6}$$

$$V_F = + 9$$

$$V_G = + 5$$

$$V_J = - 21$$

$$V_U = - 2$$

Signalons quelques redéterminations des coefficients de température des groupes d'éléments du Bureau International et les mesures sur les échantillons de l'alliage or-chrome, destiné à la construction éventuelle des résistances étalons. Les fils contenant 1,90 %, 1,97 %, et 2,05 % de Cr, établis par le Comptoir Lyon-Alemand, n'ont pas donné de bons résultats et n'ont pas suivi l'évolution prévue pour les recuits successifs. La cause en est probablement le manque d'homogénéité du métal. Le Comptoir Lyon-Alemand procède à une nouvelle coulée.

M. Leclerc projette d'installer prochainement dans la Salle XV un pont de Wheatstone spécial, constitué au moyen de l'étalon de passage  $11 \times 10$  ohms et permettant de comparer un ohm à un dixième d'ohm avec une précision, sinon très élevée, tout au moins suffisante pour un grand nombre de besoins pratiques.

L'ensemble des résultats obtenus sur les étalons sédentaires entre 1939 et 1946 a été rédigé d'abord sous forme d'une Note

qui avait été polycopiée et que l'on joignait à chaque certificat d'étalonnage. Cette Note a été transformée en une publication et insérée sous forme d'une Annexe au tome XX des Procès-Verbaux du Comité International, pp. 179-190.

*Travaux théoriques.* — M. Romanowski, poursuivant ses travaux sur la distribution du courant dans les conducteurs, a effectué des calculs théoriques sur l'effet pelliculaire dans les nappes de courant. Ce travail établit les formules au moyen desquelles on pourrait déceler la variation, avec la fréquence, de l'inductance d'une bobine à simple couche.

La question de la rationalisation des unités électriques a été suivie avec la plus grande attention. M. Romanowski a pris part, à plusieurs reprises, à des discussions au sein des sociétés et organismes scientifiques qui se sont réunis à Paris (Société Française des Électriciens, etc.), et a eu l'occasion d'intervenir dans les débats sur cette question si délicate et encore en pleine évolution.

Enfin, M. Romanowski a été nommé membre de la Commission de la pile Weston auprès de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée. En cette qualité, il a assisté au Congrès de Chimie de Londres (juillet 1947), où il a eu l'occasion de présenter, devant la Commission, l'ensemble des travaux effectués au Bureau International sur la mesure des éléments Weston de tous les pays,

*Comparaisons photométriques internationales.* — Bien qu'elles ne soient pas encore terminées au moment de la rédaction de ce Rapport, il faut signaler les importantes comparaisons photométriques de cet été 1948, qui, pour la première fois, regroupent des étalons d'intensité lumineuse des six grands Laboratoires nationaux de l'Allemagne, des États-Unis, de la France, de la Grande-Bretagne, du Japon et de l'U. R. S. S. Pour la première fois aussi, vont être comparées les unités de flux lumineux à 2360° K et à 2800° K, cette dernière température de couleur étant la plus importante pour l'industrie. Lorsque les lampes représentant des unités de flux, actuellement annoncées, auront toutes été livrées au Bureau, les comparaisons de flux lumineux seront aussi complètes que les comparaisons d'intensité lumineuse, sauf en ce qui concerne le Japon, qui n'a envoyé que des étalons de flux à 2360° K. Photométrie.

Les difficultés de transport n'ont pas encore permis cette année d'organiser l'arrivée simultanée de tous les étalons lumineux au Bureau, ni leur retour, aussitôt après comparaison, au Laboratoire d'origine, pourtant nécessaire si l'on veut être assuré de leur bonne tenue. Mais il faut remercier les Laboratoires d'avoir assuré au Bureau, malgré les difficultés encore grandes du moment, la possibilité de procéder, dès l'année de mise en vigueur des nouvelles unités photométriques, aux comparaisons internationales qui devront garantir l'uniformité des mesures photométriques dans le monde.

*Température de couleur.* — Les lampes étalons d'intensité lumineuse préparées au Bureau pour son propre usage ont été réglées soigneusement à la température de couleur de  $2360^{\circ}$  K ; M. Terrien s'est basé, pour ce réglage, sur la moyenne des températures de couleur des lampes provenant des principaux Laboratoires nationaux. L'ajustage a été contrôlé au moyen de son photomètre à photopile, avec une précision d'environ  $\pm 1$  degré. Cette précision est bien supérieure à la concordance des températures des lampes reçues par le Bureau ; et il serait certainement souhaitable que des échanges internationaux fussent organisés pour uniformiser les échelles de température de couleur ; les modifications de l'Échelle Internationale de Température recommandées par le Comité Consultatif de Thermométrie pouvant altérer légèrement, par le changement de la valeur adoptée pour la constante  $C_2$ , les échelles précédemment établies, le moment serait sans doute opportun pour de telles comparaisons, dont le Bureau pourrait se charger.

*Diffraction par cubes de Lummer.* — Dans les spectrophotomètres visuels, comme dans les photomètres sans écran diffusant, les plages photométriques sont le plus souvent séparées par une ligne noire, dont la présence est préjudiciable à la précision des pointés visuels. Cette ligne noire est due à la diffraction éloignée qui envoie hors de la pupille de sortie une partie de la lumière passant au voisinage des limites des plages. M. Terrien a mesuré la répartition angulaire et l'importance de cette lumière diffractée ; de telles mesures ne semblent pas avoir été effectuées depuis les premiers travaux de Gouy en 1886. Les résultats permettent de préciser quelle largeur il convient de donner aux pupilles d'entrée et de sortie pour maintenir au-dessous d'une limite donnée la

largeur angulaire apparente des lignes de séparation dans les photomètres sans écran diffusant et dans les polarimètres comportant un analyseur à pénombre.

Pour tous les travaux de photométrie, M. Terrien a été aidé par M. Moreau.

*Documentation.* — M. Terrien, qui préside le Comité d'Études de Photométrie Visuelle du Comité Français de l'Éclairage et du Chauffage, a été chargé à ce titre de rédiger le Rapport sur la photométrie visuelle entre 1939 et 1948 pour la session de la Commission Internationale de l'Éclairage de 1948. La documentation rassemblée à cette occasion, complétant le fichier bibliographique tenu au Bureau par M. Moreau sur les questions intéressant la photométrie, sera très précieuse.

Du 8 au 11 juillet, à Amsterdam, j'ai pris part à l'Assemblée de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, à la fois comme Trésorier (fonction que j'ai dû résilier parce qu'elle prenait du temps à M. Minault, à notre secrétariat et à moi-même), et comme membre, puis Président de la Commission S. U. N. (Symboles, Unités, Nomenclature). Parmi les questions qui ont été débattues intéressant directement le Comité International, je citerai seulement la question de l'unité de chaleur, pour laquelle un texte sensiblement différent de celui du Comité Consultatif de Thermométrie a été adopté et que le présent Comité devra examiner avant de prendre lui-même une résolution.

*Participation  
aux  
Assemblées  
s'intéressant  
aux questions  
d'unités.*

Comme le Comité Consultatif de Thermométrie, l'Union de Physique a adopté l'Échelle de Température à un seul point fixe, ce point fixe étant le point triple de l'eau pure. Toutefois, certaines interventions pressantes se sont produites, tendant à l'élévation de 0,01 degré de la position de ce point triple, conformément aux demandes reçues ici des États-Unis d'Amérique et de l'Allemagne. Quant aux diverses caractéristiques de l'Échelle elle-même, l'Union a fait confiance au Comité International; elle a adopté d'avance et intégralement son texte.

L'Union de Physique a encore pris une résolution demandant au Comité International des Poids et Mesures de choisir, pour les relations internationales, un système pratique d'unités; et tout en maintenant le Système C. G. S. pour les Physiciens, elle a recommandé le Système M. K. S., avec, comme quatrième unité, une

unité électrique à déterminer dans le système pratique absolu.

Elle a normalisé internationalement un grand nombre de noms d'unités, et de symboles correspondants.

Accessoirement, et sans oser trancher entre la virgule (usage français) et le point (usage anglais), pour marquer la place de l'unité, question qu'un jour peut-être le Comité International devrait tenter d'aborder, l'Union a bien recommandé de ne laisser, entre les tranches de trois chiffres, qu'une légère séparation sans aucun signe intercalaire.

Je me trouve également être le Président du Bureau National Scientifique et Permanent des Poids et Mesures de France. Cette assemblée, la plus haute pour cette question avant l'Académie des Sciences, qui étudie toutes les questions d'unités pour le Gouvernement Français, a fait adopter les nouvelles définitions des unités électriques, conformément aux résolutions prises par le Comité International en 1946; et maintenant, rejoignant en cela l'Union de Physique, elle a exprimé l'avis que le Comité International, conformément à sa délibération de 1946 (*Procès-Verbaux*, page 99), devrait proposer des textes identiques à tous les pays adhérents pour la définition de ces unités, textes basés sur le Système M. K. S. A. Le Comité aura à prendre connaissance de la lettre à lui adressée par ce Bureau National, ainsi que du texte entièrement détaillé qu'il propose, comme organe officiel du Gouvernement Français.

*Divers.*

*Conférences au Bureau International.* — Les exposés faits au Bureau International au cours des réunions, toujours régulières, du personnel du Bureau, sont les suivants :

\* Ch. VOLET, Le Mécanisme de l'instabilité des Aciers au Nickel.

M. ROMANOWSKI, Raisons physiques de la transformation actuelle des unités électriques.

J. TERRIEN, Les photomultiplicateurs.

J. TERRIEN, Le bétatron.

*Publications du Bureau International des Poids et Mesures.*

— Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures, 2<sup>e</sup> Série, tome XX, 1945-1946, Annexes, Notices nécrologiques.

Procès-Verbaux du Comité Consultatif de Thermométrie, session de 1948 (*sous presse*).



*Publications extérieures.*— Je continuerai à signaler ici, comme j'ai commencé à le faire au Rapport de 1946, les publications parues en dehors des collections spéciales au Comité et au Bureau.

- J. TERRIEN, La comparaison des étalons photométriques au Bureau International des Poids et Mesures (*Journal de Physique*, 1946, t. 7, p. 8 S).
- J. TERRIEN et F. DESVIGNES, Monochromateur double à miroirs pour spectrophométrie et spectroénergétique (*Réunions d'Opticiens*, Paris, 1946) et (*Revue d'Optique*, 1948, t. 27, p. 451).
- N. CABRERA et J. TERRIEN, Structure et propriétés optiques des couches métalliques minces (*Réunions d'Opticiens*, Paris, 1946) et (*Revue d'Optique*, 1948).
- N. CABRERA et J. TERRIEN, Retard d'un manomètre Knudsen comportant un système oscillant (*Revue Scientifique*, 1946, t. 84, p. 224).
- M. ROMANOWSKI et G. LECLERC, Quelques considérations sur les équations d'équilibre d'un pont de Wheatstone en courant alternatif (*Rev. Gén. de l'Électricité*, 1947, t. 61, p. 129).
- J. TERRIEN, La définition des grandeurs photométriques (*Revue d'Optique*, 1947, t. 26, p. 411).
- N. CABRERA, J. TERRIEN et J. HAMON, Sur l'oxydation de l'aluminium en atmosphère sèche (*Comptes rendus*, 1947, t. 224, p. 1558).
- N. CABRERA et J. HAMON, Sur l'oxydation de l'aluminium à haute température (*Comptes rendus*, 1947, t. 224, p. 1713).
- Ch. VOLET, L'intensité de la pesanteur déterminée par l'observation de la chute d'un corps (*Comptes rendus*, 1947, t. 224, p. 1815).
- N. CABRERA et J. HAMON, Sur l'oxydation de l'aluminium en atmosphère humide (*Comptes rendus*, 1947, t. 223, p. 59).
- J. TERRIEN et Cl. ANGLADE, Additivité des effets des flux lumineux frappant des régions différentes d'une photopile au sélénium (*Comptes rendus*, 1947, t. 223, p. 729).
- A. PÉRARD, Étude de raies du thallium et du zinc en vue de leurs applications métrologiques (*Comptes rendus*, 1947, t. 223, p. 1045).
- J. TERRIEN, Cl. ANGLADE et G. TOUVAY, Variations locales de la sensibilité des cellules photoélectriques (*Comptes rendus*, 1947, t. 223, p. 1142).

- H. MOREAU, Le Système Métrique et les pays anglo-saxons (*Microtecnic*), 1947, vol. 1, p. 288).
- A. PÉRARD, Rapport de l'Académie des Sciences sur les projets de loi et de décret tendant à introduire, dans la réglementation française, les définitions des unités d'électricité et de lumière décidées par le Comité International des Poids et Mesures (lu en séance du 6 octobre 1947).
- A. PÉRARD, L'expansion continue du Système Métrique (*Revue Française de l'Élite*, 1947, n° 3, p. 12); (*Revue de Métrologie Pratique*, 1947, t. 7, n° 296, p. 377), (*La Nature*, 1948, n° 3155, p. 83) et (*Microtecnic*, 1948, vol. 2, p. 54).
- N. CABRERA et J. TERRIEN, Un manomètre de Knudsen à système oscillant (*Mesures*, 1947, t. 12, p. 5).
- J. TERRIEN et H. MOREAU, Contrôle optique d'une coulisse rectiligne, comparaison de plusieurs méthodes (*Réunions d'Opticiens*, Paris 1946), (*Revue d'Optique*, 1948, t. 27, p. 368 et (*Microtecnic*, 1948, vol. 2, p. 13).
- A. PÉRARD, Les nouvelles unités d'électricité et de lumière (*Revue d'Optique*), 1948, t. 27, p. 1).
- J. TERRIEN et H. MOREAU, Sur l'emploi des photopiles au sélénium aux éclairagements faibles et les courants d'obscurité consécutifs à un éclairagement (*Revue d'Optique*, 1948, t. 27, p. 295).
- A. PÉRARD, La caléidique (*La Nature*, 1948, n° 3157, p. 149) et (*Revue d'Optique*, 1948, t. 27, p. 339).
- J. TERRIEN, Variations de la résistance électrique et de l'émission lumineuse du filament de tungstène de quelques lampes étalons à ampoule vide d'air (*Revue d'Optique*, 1948, t. 27, p. 351).
- J. TERRIEN, La photométrie et la colorimétrie dans les salles de spectacle (Rapport à la *Commission Internationale de l'Éclairage*, Paris 1948).
- J. TERRIEN, Rapport sur la photométrie visuelle (*Commission Internationale de l'Éclairage*, Paris 1948).
- J. TERRIEN, Les grandeurs photométriques aux faibles brillances, choix des unités (*Commission Internationale de l'Éclairage*, Paris 1948).
- J. TERRIEN, L'emploi des cellules photoélectriques (*Mesures*, 1948, t. 13, pp. 77-86 et 111-118; pp. 149-158; pp. 187-192; pp. 231-237).

- A. BONHOURE, Kilogrammes prototypes. La mesure précise des étalons de masse (*Microtecnic*, 1948, n° 3, p. 94).
- M. ROMANOWSKI, Sur la répartition du courant sinusoïdal dans les nappes de courant (*Rev. Générale de l'Électricité*, 1948, t. 37, p. 286).
- J. TERRIEN, Que représentent les grandeurs photométriques? (*Bull. de la Soc. Franç. des Électriciens*, 1948).
- J. TERRIEN et F. DESVIGNES, Spectrophotométrie d'échantillons non diffusants de forme quelconque. Description d'une source de lumière de brillance élevée et uniforme (*Revue d'Optique*, 1948; sous presse).
- N. CABRERA, Sur l'oxydation de l'aluminium (*Revue de Métallurgie*; sous presse).

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

## CERTIFICATS

DÉLIVRÉS DU 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1946 AU 31 AOUT 1948

1.	1946	Oct.	1 <sup>er</sup> .	Quatre calibres à faces planes de 1 <sup>mm</sup> , 1, 5 <sup>mm</sup> , 6 <sup>mm</sup> , 25 <sup>mm</sup> ...	} Jauges Cary, Le Locle.
2.	»	»	9.	Un étalon secondaire d'intensité lumineuse, n° WP 10..	} Laboratoire d'Essais du Conservatoire Nat. des Arts et Métiers, Paris.
3.	»	Nov.	8.	Six étalons à bouts sphériques de 150 <sup>mm</sup> , 200 <sup>mm</sup> , 300 <sup>mm</sup> , 400 <sup>mm</sup> , 500 <sup>mm</sup> , 600 <sup>mm</sup> .....	} La Précision Mécanique, Paris.
4.	»	»	22.	Un fil de 20 <sup>m</sup> , n° 160.....	} Service Central Hydrographique, Paris.
5.	»	Déc.	7.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> , n°s 1148 à 1150, un fil de 8 <sup>m</sup> n° 1151...	} Id.
6.	»	»	7.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n° 1551 U 109.	} Id.
7.	»	»	9.	Cinq fils de 24 <sup>m</sup> , un fil de 8 <sup>m</sup> (addition).....	} Institut Géographique National, Paris.
8.	»	»	9.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n° 2626 H 3 (addition).....	} Id.
9.	»	»	10.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , un fil de 8 <sup>m</sup> (addition).....	} Ministère des Colonies, Bruxelles.
10.	»	»	16.	Une règle de 1 <sup>m</sup> en invar....	} Institut Géographique National, Paris.
11.	»	»	16.	Une règle de 1 <sup>m</sup> en acier Véga X.....	} Id.
12.	1947	Janv.	16.	Six thermomètres Prolabo, n°s 13, 30, 40, 50, 60 et 70...	} Laboratoire Central de Recherches et de Contrôle du Gaz de France, Paris.
13.	»	»	23.	Un Kilogramme prototype en platine iridié n° 44.....	} Gouvernement du Commonwealth d'Australie.

14.	1947	Janv. 28.	Deux pièces en platine de 1 <sup>8</sup> et 1 <sup>mg</sup> .....	} Laboratoire d'Essais du Conservatoire Nat. des Arts et Métiers, Paris.
15.	»	Mai 8.	Un Kilogramme en platine, IV.....	} Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
16.	»	Juill. 3.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 341, 342, 607.....	} Institut Géographique National, Paris.
17.	»	Sept. 4.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 621 à 624, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 571....	} Institut Géographique, Sofia.
18.	»	Oct. 25.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 490 à 493, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 474 (addition).....	} Ministère des Colonies, Lisbonne.
19.	»	» 26.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 1130 à 1132, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 1133 (addition).....	} Id.
20.	»	Déc. 23.	Quatre fils de 20 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 2, 12, 1210, 1211 (addition).....	} Société des Lunetiers, Paris.
21.	»	» 24.	Trois fils de 20 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> 1253, 1266, 1268.....	} Institut Géographique National, Paris.
22.	»	» 30.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> S 12, S 13, S 14, S 16, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> S 15.....	} Gouvernement de la République Domini- caine.
23.	1948	Janv. 10.	Un ruban de 20 <sup>m</sup> SIM-INVAR n <sup>o</sup> 1.....	} Ministère de la Produc- tion Industrielle, Paris.
24.	»	» 10.	Un ruban de 20 <sup>m</sup> SIM-INOX n <sup>o</sup> 1.....	} Id.
25.	»	» 31.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5800.....	} Gouvernement de la Répub. Dominicaine.
26.	»	Mars 15.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5801.....	} Service Général des Mesures de Pologne.
27.	»	» 16.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> 5802.....	} Id.
28.	»	Avril 1 <sup>er</sup> .	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> S 18 à S 21, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> S 17..	} Id.
29.	»	» 2.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n <sup>os</sup> S 23 à S 26, un fil de 8 <sup>m</sup> , n <sup>o</sup> S 22..	} Id.
30.	»	Mai 5.	Quatre poids en platine de 1 <sup>8</sup> 100 <sup>mg</sup> , 10 <sup>mg</sup> , 1 <sup>mg</sup> .....	} Société Minière et Métallurgique de Penarroya, Paris.

31.	»	Juin 5.	Un mètre en platine iridié, N° 27c (addition).....	} Commission Néerlandaise des Poids et Mesures.
32.	»	Juill. 1 <sup>re</sup> .	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n° 381 à 384, un fil de 8 <sup>m</sup> , n° 377 (addition).....	
33.	»	» 24.	Un fil de 24 <sup>m</sup> , n° 1055 (addition).....	} Ministère des Colonies, Bruxelles.
34.	»	» 31.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> , n° 306, 307, 308, 564, un fil de 8 <sup>m</sup> , n° 317 (addition).....	
35.	»	» 31.	Un ruban de 4 <sup>m</sup> , n° 2626 H 3 (addition).....	} Ministère du Commerce, Paris.
				} Institut Géographique National, Paris.
				} Id.

NOTES.

1.	1946	Sept. 6.	Position du zéro des thermomètres Prolabo, n° 345054, 383857, et Thurneyssen, n° 1199, 1201, 1203.....	} Gaz de France, Paris.
2.	»	Déc. 30.	Un thermomètre Prolabo, n° 574685.....	
3.	1947	Mars 18.	Position du zéro de 8 thermomètres.....	} Bureau National des Mesures, Varsovie.
4.	»	» 18.	Kilogramme prototype, n° 44.	
5.	»	» 24.	Un ruban en acier inoxydable.	} Commonwealth d'Australie.
6.	»	Déc. 6.	Un fil de 20 <sup>m</sup> , SL n° 125.....	
7.	1948	Juin. 8.	Kilogramme prototype, n° 44.	} Service des Poids et Mesures, Paris.
8.	»	» 23.	Un élément Weston Prolabo, n° 281.....	
9.	»	» 30.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> , n° 548 et 558.	} M. Danger, Paris.
				} Commonwealth d'Australie.
				} M. Sandorfy, Paris.
				} M. Ch. Jarre, Paris.

## V. — COMPTES.

Le compte rendu présenté au Comité International dans sa session de 1946 s'arrêtait au 31 décembre 1945. L'exposé qui suit comprend les mouvements des comptes du 1<sup>er</sup> janvier 1946 au 31 décembre 1947, date du dernier bilan.

### COMPTE I.

#### FONDS DISPONIBLES.

	francs-or.
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1946.....	207 128,65
Recettes du 1 <sup>er</sup> janvier 1946 au 31 décembre 1947 suivant détail donné au Tableau A (p. 53).....	368 597,79
Total.....	<u>575 726,44</u>
Dépenses du 1 <sup>er</sup> janvier 1946 au 31 décembre 1947 suivant détail donné au Tableau B (p. 54).....	354 520,11
Actif au 31 décembre 1947.....	221 206,33
Total.....	<u>575 726,44</u>

### COMPTE II.

#### FONDS DE RÉSERVE.

	francs-or.
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1946.....	36 441,72
POUR MÉMOIRE : Intérêts des titres et des fonds virés au Compte I : francs-or 499,90.	
Remboursement de titres sortis au tirage, versé au Compte I.....	401,45
Actif au 31 décembre 1947.....	<u>36 040,27</u>

### COMPTE III.

#### CAISSE DE RETRAITES.

	francs-or.
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1946.....	56 140,79
Recettes du 1 <sup>er</sup> janvier 1946 au 31 décembre 1947 :	
Intérêts des titres et des fonds en banque.....	1 029,98
Retenues sur traitements.....	8 237,72
1/3 des taxes de vérification.....	894,47
Virements du Compte I.....	26 000,00
Total.....	<u>92 302,96</u>
Dépenses du 1 <sup>er</sup> janvier 1946 au 31 décembre 1947 :	
Pensions de retraite de MM. Maudet, Leveugle, Gillon, M <sup>mes</sup> Guillaume, Roux, Leveugle.....	29 152,71
Actif au 31 décembre 1947.....	63 150,25
Total.....	<u>92 302,96</u>

#### BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1947.

	francs-or.
Compte I « Fonds disponibles ».....	221 206,33
Compte II « Fonds de réserve ».....	36 040,27
Compte III « Caisse de retraites ».....	63 150,25
Total.....	<u>320 396,85</u>

Le total de l'actif se décompose comme suit :

a. Les titres :

Valeur suivant cours du 31/12/1945 ou valeur d'achat 1946.....	100 430,56
---	------------

b. L'or :

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

*A reporter*..... 145 277,54



<i>Report</i> .....	145 277,54
<i>c. Les fonds à vue en banque :</i>	
1 <sup>o</sup> En francs français (191 839,37 FF).....	4 930,21
2 <sup>o</sup> En dollars.....	179 226,23
3 <sup>o</sup> En francs suisses.....	26 182,61
4 <sup>o</sup> En livres sterling.....	9 950,97
Livret de Caisse d'Épargne.....	8,79
<i>d. Les espèces en caisse</i> .....	1 944,20
Total.....	<u>367 520,55</u>
<i>A déduire :</i>	
Avance du Gouvernement français.....	25 699,67
Créditeurs divers.....	<u>21 424,03</u>
Avoir net.....	320 396,85

Le portefeuille des titres a la composition suivante :

**TITRES DU COMPTE I.**

50 000 francs obligations du Trésor français 4 %, 1934;	
20 obligations P. L. M. 5 %, 1921, tranche A;	
19 obligations État 5 %, 1921, tranche A;	
10 actions de jouissance Suez;	
3 parts de fondateur Suez;	
3050 £ de capital War Loan 3,50 %.	
47 obligations Portugal 3 %.	
	francs-or.
Valeur suivant cours du 31/12/1945 ou valeur d'achat 1946.....	66 290,13

**TITRES DU COMPTE II.**

165 francs de rente 3 % amortissable;	
50 obligations Midi 4 %;	
50 obligations Midi 2,50 %;	
45 obligations Orléans 3 %;	
4 actions capital Suez;	
7500 francs suisses obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1903;	
5000 francs suisses obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1938;	
	francs-or.
Valeur suivant cours du 31/12/1945.....	16 068,86

TITRES DU COMPTE III.

9 obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1903;	
15 obligations Ch. de fer fédéraux 3 % 1938;	
8 obligations Consol. Anglais 2,50 %.	
Valeur d'achat 1946.....	18 071,57
Total.....	100 430,56

*Mouvements des valeurs.*

Au cours des exercices 1946 et 1947, divers petits titres appartenant au Compte II sont sortis au tirage et ont été remboursés au pair sans emploi. Ces remboursements ont porté sur :

- 60 francs de rente 3 % amortissable;
- 10 obligations Midi 2,50 %;
- 6 obligations Orléans 3 %.

D'autre part, au cours de l'année 1946, une partie des francs français du Compte I a été placée en valeurs d'Etat : 47 obligations Portugal 3 % ont été achetées au prix de 7705,77 francs-or.

Le Compte III (Caisse de retraites) a, de son côté, fait l'acquisition de 24 obligations des Chemins de fer suisses et de 8 obligations de Consol. Anglais 2,50 % au prix de 18071,57 francs-or.

Ajoutons enfin que trois remboursements partiels ont ramené le total des avances du Gouvernement Français de 2200000 francs français à 1000000 francs français. Un nouveau remboursement effectué en 1948 a réduit ces avances à 500000 francs français.

TABLEAU A. — Recettes du Compte I de 1941 à 1947 (francs-or).

	1941.	1942.	1943.	1944.	1945.	1946.	1947.
CONTRIBUTIONS DES ÉTATS :							
Réglementaires de l'année.....	25 467,00	62 101,00	54 074,00	35 983,56	84 378,95	52 108,12	104 306,56
Arriérées.....	47 360,84	56 244,00	9 064,00	32 339,00	158 216,00	118 537,58	53 425,73
Anticipées.....	-	-	-	-	22 500,00	-	-
Total des contributions...	72 827,84	118 345,00	63 138,00	68 322,56	265 094,95	170 645,70	157 732,29
Intérêts des Titres et des Fonds..	676,52	573,55	1 267,87	333,39	729,00	10 385,58	1 022,65
Recettes diverses.....	10 818,84	1 182,09	2 606,52	-	5 277,97	5 090,59	10 709,64
Subventions.....	-	75 000,00	-	-	-	-	11 222,38
Deux tiers des taxes de vérification.....	399,44	1 238,65	1 421,73	489,60	2 027,87	1 431,82	357,14
Total général.....	84 722,64	196 339,29	68 434,12	69 145,55	273 129,79	187 553,69	181 044,10

TABLEAU B. — Dépenses du Compte I de 1941 à 1947 (francs-or).

CHAPITRES DE DÉPENSES.	1941.	1942.	1943.	1944.	1945.	1946.	1947.
<b>A. PERSONNEL :</b>							
Traitements et indemnités.....	75 422,58	89 665,35	85 792,99	94 481,34	110 181,63	108 584,98	128 566,37
Restitution de retenues antérieures.....	-	-	-	-	13 395,29	-	-
<b>B. INDEMNITÉ DU SECRÉTAIRE.....</b>							
	1 400,00	-	-	-	-	-	2 989,18
<b>C. FRAIS GÉNÉRAUX D'ADMINISTRATION :</b>							
<b>Entretien des bâtiments et dépendances.....</b>							
	2 474,85	2 630,28	2 348,60	1 357,95	5 769,75	8 348,01	11 465,18
Entretien du mobilier.....	92,46	3,91	2,50	-	21,62	30,45	-
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	4 338,33	5 173,35	7 057,10	5 176,74	8 105,65	13 068,81	{13 033,42 {11 222,38 (1)
Chauffage, éclairage, force motrice.....	2 680,68	2 488,40	3 769,89	4 086,66	3 708,98	3 584,73	6 277,86
Primes d'assurances.....	938,79	1 250,08	1 203,86	1 029,96	1 595,76	573,80	1 739,15
Bibliothèque.....	264,70	908,67	424,13	246,55	375,08	497,62	1 396,67
Impressions et publications.....	3 266,13	2 206,20	241,91	237,74	6 402,67	4 352,07	5 297,48
Frais de bureau.....	589,42	1 344,32	613,90	972,80	1 729,38	1 432,11	2 384,11
Déplacements.....	145,96	151,29	94,46	-	-	470,44	686,10
Versements à la Caisse de retraites.	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00	13 000,00
Frais divers et imprévus.....	457,61	12 207,83	6 229,14	515,69	4 347,06	847,99	1 671,20
Différences de change.....	-	-	2 234,79	1 117,36	-	-	-
<b>Total.....</b>	<b>105 071,51</b>	<b>131 029,68</b>	<b>123 013,27</b>	<b>122 222,79</b>	<b>168 632,87</b>	<b>154 791,01</b>	<b>199 729,10</b>

(1) Dépense payée par l'U. N. E. S. C. O.

M. le PRÉSIDENT remercie M. PÉRARD de son Rapport si substantiel et le félicite, ainsi que ses collaborateurs, pour tout le travail accompli dans des temps difficiles.

M. PÉRARD demande que la plupart des questions abordées dans son rapport soient d'abord étudiées par les deux Commissions des Finances et des Travaux avant de revenir devant le Comité. Il propose au Comité de renommer comme membres de ces Commissions ceux qui en avaient déjà fait partie à la précédente session. Ce sont :

pour la *Commission des Finances* : MM. CASSINIS, JOHANSEN, KARGATCHIN, RAUSZER, ROŠ ;

pour la *Commission des Travaux* : MM. de BROGLIE, CRITTENDEN, de HAAS, KÖSTERS, SIEGBAHN.

Le Comité adopte cette proposition. Toutefois, étant donnée l'absence de plusieurs membres de la Commission des Finances, il propose d'adjoindre à cette dernière M. DEHALU, qui accepte. Il est d'ailleurs rappelé que tous les autres membres du Comité qui le désirent peuvent assister aux séances de l'une et de l'autre Commissions.

La séance est suspendue pour de courtes réunions des Commissions en vue de la nomination de leur bureau.

La Commission des Finances a élu comme président M. JOHANSEN et comme secrétaire M. CASSINIS.

La Commission des Travaux a élu comme président M. KÖSTERS et comme secrétaire M. de HAAS, qui sera assisté de M. VOLET comme secrétaire-adjoint.

A la reprise de la séance, M. PÉRARD entretient le Comité de quelques questions figurant à l'ordre du jour et sur lesquelles il lui paraît utile de jeter un premier coup d'œil, afin de permettre aux membres du Comité d'y réfléchir avant de prendre une décision.

*Personnel du Bureau.* — Le départ de M. ROMANOWSKI

et la prolongation pour une année du congé accordé à M. CABRERA ont créé un vide important dans le personnel. M. PÉRARD demande au Comité, qui la lui accorde, l'autorisation de chercher un nouveau collaborateur, qui pourra être de nationalité française.

*Unités.* — L'Union Internationale de Physique a demandé au Comité de prendre l'initiative d'un système international d'unités de mesure qui puisse être adopté partout. A ce sujet, il existe une proposition concrète de système M. K. S. A. formulée par la Délégation française pour être soumise à la Conférence générale. M. PÉRARD juge prudent de ne pas s'aventurer sur ce terrain, où des oppositions pourraient se manifester par la suite, avant d'avoir sollicité, par l'intermédiaire des ambassades et des légations, une enquête officielle dans chaque pays adhérent à la Convention du Mètre ; on demanderait une réponse à cette question : Est-on d'accord sur telle proposition d'unités internationales, sinon que propose-t-on d'autre ? L'examen des réponses permettrait d'arriver plus sûrement à un projet acceptable par tous les pays.

D'autre part, les résolutions du Comité Consultatif de Thermométrie, qui s'est réuni en mai, ont été communiquées à l'Union Internationale de Physique. Celle-ci a donné son accord sur les deux premières, mais a élevé contre le dernier alinéa de la troisième certaines objections, qui devront être examinées par le Comité international, et a manifesté, en outre, une certaine réserve sur la deuxième décimale de la valeur donnée pour la position du point de fusion de la glace dans l'échelle absolue.

*Rapports avec l'UNESCO.* — Les pourparlers qui se sont poursuivis avec cette organisation ont abouti à un projet de contrat conçu en termes très généraux et n'impliquant aucune dépendance du Comité international

vis-à-vis de l'UNESCO ; il est prévu que celle-ci enverra un délégué sans droit de vote aux séances de la Conférence générale. L'UNESCO a déjà accordé au Bureau international une subvention importante pour l'achat des instruments destinés aux recherches sur la pesanteur.

*Renouvellement par moitié du Comité international.*

— La Conférence générale doit procéder au renouvellement d'une moitié des membres du Comité international. D'après le Règlement, les membres sortants sont d'abord ceux qui ont été élus à titre provisoire par le Comité depuis la dernière session ; les autres sont désignés par le sort.

Or il existe actuellement 7 membres de la première catégorie ; ce sont, par ordre d'élection : MM. DEHALU, RAUSZER, SIEGBAHN, L. de BROGLIE, CASSINIS, CRITTENDEN, de HAAS, et il y a 8 membres à renouveler.

M. PÉRARD se demande si, au lieu de procéder au tirage au sort d'un 8<sup>e</sup> membre, il n'y aurait pas lieu de comprendre, dans la moitié à élire, un représentant de l'Amérique du Sud. Cette idée a déjà été mise en avant à plusieurs reprises dans le passé, certains États de cette partie du monde ayant adhéré à la Convention du Mètre depuis l'origine.

M. SEARS préférerait que l'élection de ce représentant fût faite de façon indépendante.

Le Comité reviendra sur cette question à une prochaine séance.

*Comités Consultatifs.* — M. PÉRARD rappelle que le Comité international a constitué au cours de ces dernières années trois Comités Consultatifs pour l'Électricité, pour la Photométrie et pour la Thermométrie et Calorimétrie. Ces Comités ont à peu près le même Règlement : Chacun

se compose de 6 représentants des 6 grands Laboratoires nationaux désignés par le Comité international et de 4 spécialistes. La nomination des spécialistes n'a donné lieu à aucune difficulté, celle des représentants des grands Laboratoires non plus, sauf en ce qui concerne actuellement le Japon et l'Allemagne.

Au Japon, les laboratoires pour l'électricité et la photométrie ont été désignés ; pour la thermométrie, une correspondance avait été engagée avant la guerre, mais elle n'a pas abouti. Dans l'impossibilité de choisir aujourd'hui un laboratoire, il y aurait lieu d'examiner si l'on veut nommer à titre provisoire un représentant japonais au Comité Consultatif de Thermométrie.

En Allemagne, le Comité International avait désigné comme grand laboratoire la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Cette institution n'existe plus ; elle a été remplacée par deux laboratoires, l'un en zone occidentale, que dirige M. KÖSTERS, l'autre en zone orientale. M. PÉRARD suggère que, si les deux laboratoires se mettaient d'accord pour désigner des délégués, on pourrait les considérer comme représentant l'ancien laboratoire unique. Si cet accord ne pouvait être réalisé, chacun des deux nouveaux laboratoires enverrait ses délégués aux trois Comités ; mais ils n'auraient que voix consultative.

M. KÖSTERS fait remarquer que les délégués allemands précédemment désignés sont toujours là.

M. PÉRARD répond que, d'après le Règlement, il n'y a pas de délégués permanents des Laboratoires ; à chaque réunion des Comités Consultatifs, les grands Laboratoires sont invités de nouveau à choisir leurs délégués.

Ces suggestions seront examinées dans une prochaine séance.

La séance est levée à 17<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUER A L'INSTITUT D'OPTIQUE.

Vendredi 8 octobre 1948.

PRÉSIDENTENCE DE M. J. E. SEARS.

---

Sont présents : MM. L. DE BROGLIE, CASSINIS, CRITENDEN, DEHALU, DE HAAS, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD.

M. VOLET, sous-directeur du Bureau international, assiste à la séance.

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

M. le PRÉSIDENT prie M. DEHALU de lire le procès-verbal de la première séance.

Le procès-verbal est adopté après quelques modifications de rédaction.

Puis M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. CASSINIS, rapporteur de la Commission des Finances.

M. CASSINIS présente les deux rapports suivants :

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

La Commission s'est réunie le 6 octobre 1948, à 9<sup>h</sup>30, dans la salle de la Bibliothèque de l'Institut d'Optique.

Étaient présents : MM. JOHANSEN, Président, CASSINIS, Rapporteur, et M. DEHALU. Excusés : MM. RAUSZER et ROŠ, qui n'ont pas encore pu se rendre à Paris. Étaient présents également à la réunion : MM. SEARS, Président du Comité, CRITTENDEN, PÉRARD, Directeur du Bureau, et MINAULT, Administrateur-comptable.

M. le Président, après avoir déclaré ouverte la séance, donne la parole au Directeur du Bureau. M. Pérard expose avant tout la situation des paiements des contributions par les pays adhérents, en constatant que la situation s'est bien améliorée et que presque tous sont en règle ou vont se mettre en règle prochainement, en dehors de l'Allemagne et du Japon, occupés, et dont les contributions vont être réparties entre les autres États. Il convient encore de proposer au Comité que, conformément au Deuxième Rapport de la même Commission approuvé par le Comité en 1946, on renonce aux contributions dues par la Pologne, la Yougoslavie et la Tchécoslovaquie pour les années pendant lesquelles ces pays ont perdu toute autonomie, à savoir :

pour la Pologne.....	exercices 1940 à 1944 inclus,
pour la Tchécoslovaquie...	exercices 1939 à 1944 inclus,
pour la Yougoslavie.....	exercices 1942 à 1944 inclus.

La proposition d'augmentation de la dotation annuelle devenue nécessaire en conséquence du développement des fonctions du Bureau, et qui a reçu par correspondance l'approbation des membres du Comité, devrait être présentée à la Conférence sous la forme suivante :

*Projet de Résolution.*

« La Conférence Générale,

« après examen de la Résolution adoptée par le Comité international des Poids et Mesures dans sa séance du 26 octobre 1946, « et du Rapport sur la dotation annuelle du Bureau international « des Poids et Mesures (voir Annexe I, p. 98), présenté par ce « Comité au mois de juin 1948, constaté que le chiffre de la « dotation n'a pas été modifié depuis vingt ans, que, dans cette « même période, les attributions du Bureau ont reçu une exten- « sion importante entraînant une augmentation corrélative des « dépenses d'entretien; que, dans ces conditions, il paraît « nécessaire de relever le montant de la dotation;

« en conséquence, la Conférence décide :

« 1<sup>o</sup> le chiffre de la dotation annuelle est porté en principal de  
« 150 000 francs-or à 175 000 francs-or ;

« 2<sup>o</sup> l'application de cette disposition sera différée jusqu'à la  
« date où l'Allemagne et le Japon auront repris leurs paiements  
« statutaires. »

Quant à la répartition des contributions, qui est fonction déterminée de la population des divers États, les données numériques indispensables ne sont pas encore toutes parvenues.

La Commission, après une brève discussion, approuve ces propositions faites par M. Pérard.

Celui-ci continue son exposé en parlant du Personnel et de la nécessité de faire certaines promotions et d'accorder quelques augmentations de traitement.

M. MOREAU serait promu assistant de 2<sup>me</sup> classe, à la date du 1<sup>er</sup> octobre 1948.

Les traitements annuels du personnel non scientifique seraient majorés comme suit :

M. MINAULT, archiviste-comptable,	de 600 francs-or
M <sup>me</sup> BABOLAT, sténographe-calcul <sup>e</sup> ,	de 270 »
M <sup>me</sup> BROCHARD, » »	de 280 »
M. HANOCO, mécanicien,	de 270 »
M. MICHARD, »	de 270 »
M. DIAZ, gardien,	de 270 »

En outre, le traitement mensuel en francs français de M. SOURIMAN, gardien, serait porté de 14 000 à 19 000 francs, y compris la rémunération de M<sup>me</sup> SOURIMAN.

Ces augmentations de traitement porteraient effet du 1<sup>er</sup> octobre 1948.

La Commission, après examen détaillé des différents cas, approuve les propositions, en se félicitant aussi de l'inscription du personnel à la Caisse de Sécurité Sociale, qui a été rendue possible par la bienveillance du Gouvernement français.

M. Pérard poursuit son exposé et parle des travaux exécutés et de ceux qui sont nécessaires pour l'entretien des bâtiments du Bureau. Enfin, il soumet à la Commission le projet de Budget suivant :

PROJET DE BUDGET POUR LES EXERCICES 1949 ET 1950.

*Recettes.*

	(francs-or)
Contributions des États, exercice courant.....	165 900
Exercices antérieurs.....	10 000
Intérêts des titres et des fonds :	
du Compte I.....	2 000
du Compte II.....	400
Deux tiers des Taxes de Vérification.....	1 500
Total.....	<u>179 800</u>

*Dépenses.*

A. <i>Personnel :</i>	
Traitements, indemnités, charges de famille...	108 000
B. <i>Indemnité du Secrétaire.....</i>	3 000
C. <i>Frais généraux d'administration :</i>	
Bâtiments, entretien et travaux urgents de réparation.....	13 000
Entretien du mobilier.....	1 000
Machines et instruments, frais d'atelier et de laboratoire.....	15 000
Chauffage, éclairage, force motrice.....	5 000
Primes d'assurance.....	1 800
Bibliothèque.....	2 500
Impressions et publications.....	6 000
Frais de bureau et de secrétariat.....	3 000
Déplacement.....	1 200
Frais divers et imprévus.....	7 300
Versement à la Caisse de retraites pour reconstitution de la réserve.....	<u>13 000</u>
Total.....	179 800

Le Directeur commente devant la Commission les différents postes qui figurent à ce budget. Il signale en particulier :

1<sup>o</sup> que le chiffre porté pour les Traitements, ind., comprend, non seulement l'avancement et les augmentations ci-dessus, mais encore le traitement d'un premier nouvel assistant. Lorsqu'un

autre assistant sera ultérieurement engagé, son traitement sera prélevé sur les 7300 francs-or marqués aux « Frais divers ».

2° que le montant des contributions arriérées dues par les États, permettra pendant plusieurs années de porter en recettes, au titre des exercices antérieurs, une valeur au moins égale à celle de 10000 francs-or qui figure cette année.

Après discussion, toutes les propositions de M. le Directeur sont approuvées par la Commission.

La séance est levée à 12<sup>h</sup>.

*Le Rapporteur,*  
G. CASSINIS.

*Le Président,*  
E. S. JOHANSEN.

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

La Commission s'est réunie le 6 octobre 1948, à 15<sup>h</sup>, au Pavillon de Breteuil.

Étaient présents : M. JOHANSEN, Président, M. DEHALU, et M. CASSINIS, Rapporteur. Excusés : les membres de la Commission, MM. RAUSZER et ROŠ.

Avec l'assistance de M. MINAULT, Administrateur-comptable du Bureau, les Commissaires ont examiné les comptes du Bureau, les documents des recettes et dépenses, ainsi que ceux concernant les titres possédés et les dépôts en Banques, pour la période qui va du 23 octobre 1946 à aujourd'hui.

Ils ont trouvé que tout est en ordre parfait et, qu'en outre, la répartition des dépenses entre les différents comptes est bien conforme à celle qui figure dans le Rapport présenté par M. le Directeur au Comité.

En conséquence, la Commission propose au Comité d'approuver ces comptes et d'en donner décharge au Directeur, M. Pérard.

*Le Rapporteur,*  
G. CASSINIS.

*Le Président,*  
E. S. JOHANSEN.

Ces deux rapports sont approuvés à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne alors la parole à M. VOLET pour la lecture du rapport de la Commission des Travaux.

M. VOLET lit le rapport suivant :

**Rapport de la Commission des Travaux.**

La Commission s'est réunie à l'Institut d'Optique les 7 et 8 octobre, sous la présidence de M. KÖSTERS. Étaient présents : MM. DE BROGLIE, CRITTENDEN, DE HAAS et SIEGBAHN. Étaient présents également : MM. SEARS, Président du Comité; DEHALU, CASSINIS, JOHANSEN ; M. PÉRARD, Directeur du Bureau; MM. VOLET, BONHOURE, TERRIEN, CABRERA, MOREAU.

M. KÖSTERS présente un rapport établi par la Physikalisch-Technische Anstalt (P. T. A.), relatif aux décisions du Comité Consultatif de Thermométrie, concernant l'Échelle Internationale de Température. Après un échange de vues, la Commission renvoie l'examen de ce document à une séance plénière du Comité international.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite successivement la parole aux physiciens du Bureau International pour développer certains points du Rapport de M. le Directeur, concernant leurs travaux respectifs.

A propos des mesures effectuées sur les Mètres et Kilogrammes prototypes nationaux, M. le DIRECTEUR dit que la Conférence aura à sanctionner les nouvelles valeurs obtenues. Il propose que cette sanction s'applique à tous les prototypes étudiés, quel que soit l'écart trouvé entre les nouvelles valeurs et les anciennes.

Pour répondre à une question qui a été discutée dans d'autres assemblées, M. le DIRECTEUR signale que les pays qui désireraient acquérir un Mètre prototype en platine iridié pourraient s'entendre avec les États qui en possèdent plusieurs et qui seraient disposés à en céder. Il ne pense pas qu'il soit opportun d'envisager la fabrication de nouveaux Mètres, alors qu'il est question de remplacer l'étalon actuel par une longueur d'onde.

La Commission a examiné la question de la date des prochaines comparaisons internationales des unités électriques et photométriques. Elle insiste pour que toutes les dispositions soient prises en vue d'obtenir la présence simultanée au Bureau International de tous les étalons qui doivent en faire partie. L'automne 1949 est proposé comme date de ces comparaisons.

M. DEHALU exprime le vœu que le Bureau International possède

un radiateur intégral. A ce propos, M. le DIRECTEUR expose que dans ces dernières années, l'activité du Bureau International s'est développée d'une façon remarquable, surtout en surface. Il conviendrait maintenant de poursuivre cette extension en profondeur. Les mesures absolues en électricité et en photométrie font partie de ce programme; et il ne doute pas que, lorsque le Comité lui en donnera les moyens, le Bureau international ne remplisse sa tâche dans ce domaine avec le même succès que dans les autres.

La Commission a ensuite examiné à nouveau les progrès récents effectués dans l'étude des radiations. M. le DIRECTEUR dit que les instruments qu'il a fait établir en vue de la mesure d'une longueur d'onde fondamentale présentent malheureusement des défauts graves. M. SEARS remarque que, même si la Conférence adoptait une définition du Mètre par une longueur d'onde, la méthode de M. PÉRARD garderait néanmoins tout son intérêt. M. KÖSTERS expose ensuite le résultat d'importants travaux effectués en Allemagne et qui sont résumés dans un rapport qui sera présenté à la Conférence Générale (*voir* Annexe III des Comptes Rendus).

A la suite d'un échange de vues sur l'opportunité de proposer à la Conférence de prendre une résolution concernant la définition du Mètre par une longueur d'onde, la Commission examine un projet de rédaction qu'elle soumettra à l'examen du Comité en exprimant l'avis qu'il serait prématuré de changer dès maintenant la définition du Mètre.

*Le Secrétaire,*  
W. J. DE HAAS.

*Le Président,*  
W. KÖSTERS.

Ce rapport est approuvé à l'unanimité.

Les rapports de MM. DEHALU et PÉRARD, présentés à la première séance, sont aussi approuvés à l'unanimité.

Le Comité passe ensuite à l'examen de diverses questions figurant à son ordre du jour.

#### EFFICIENCE DE LA CLAUSE-OR.

M. PÉRARD, pour soustraire le budget du Bureau international aux conséquences de l'institution par certains

États d'un contrôle des changes et, par suite, d'un cours officiel des devises monétaires, propose au Comité de demander à la Neuvième Conférence générale d'adopter la résolution suivante :

« La détermination de la valeur des contributions (fixées en francs-or) en une devise monétaire non rattachée à l'or doit être faite en principe d'après le cours *libre* de cette devise par rapport à l'or (au poids) ou à une autre devise rattachée à l'or.

« Dans le cas où un tel cours libre n'existerait pas, le Comité international des Poids et Mesures serait habilité à fixer d'après les indices officiels des prix le coefficient de transformation indispensable au maintien du pouvoir d'achat du Bureau international. »

M. SEARS se demande si l'on ne pourrait supprimer le 2<sup>e</sup> alinéa, qui ne lui paraît pas très opportun.

M. PÉRARD répond qu'on lui a donné une rédaction très souple pour faire face à des éventualités possibles. Il donne un appui au Comité et une base d'appréciation : le coefficient de cherté de vie.

Le Comité approuve le texte proposé (1).

#### UNITÉS ÉLECTRIQUES.

M. PÉRARD rappelle que le Comité international doit présenter à la Conférence générale, à titre de compte rendu, les résolutions prises par le Comité consultatif d'Électricité au sujet de la substitution des unités électriques absolues au système international. Elles sont d'ailleurs déjà entrées en application dans différents pays depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1948, date fixée par le Comité international dans sa session de 1946.

---

(1) Cette Résolution, soumise à l'agrément du Gouvernement Français, n'ayant pas obtenu son approbation, n'a pas été proposée au vote de la Conférence Générale.



M. KÖSTERS signale qu'en Allemagne, il a fait connaître la décision du Comité par une Note répandue dans les milieux intéressés; mais aucune loi sur ces unités n'a pu être encore promulguée.

#### UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES.

M. PÉRARD rappelle que la Commission internationale de l'Éclairage a adopté le terme de *candela* pour désigner la « bougie nouvelle ». Ce terme deviendra définitif si aucune objection n'est présentée dans le délai de trois mois, qui expire en novembre. M. PÉRARD fait remarquer que cette éventualité est peu probable, mais que le Comité international pourrait se rallier à cette proposition sous réserve de cette approbation. Dans le projet d'unités qu'elle présente, la France a accepté de renoncer au mot « bougie » pour adopter « *candela* ». Le Comité international appuie-t-il la nouvelle désignation ?

M. DEHALU signale que, de divers côtés, on a proposé de supprimer la mention de la brillance dans la définition de la *candela*.

M. PÉRARD signale que, dans la proposition française qui va être soumise à la Conférence, le mot brillance ne figure plus. Mais il lui paraît que le moment n'est pas venu de changer déjà la définition : il faut attendre qu'on adopte, si cela a lieu, le nouveau système de mesure M. K. S.

Le Comité adopte le nom de « *candela* », qui sera féminin; le symbole sera *cd*.

A ce sujet, une discussion s'engage sur le pluriel des unités, plusieurs membres du Comité estimant que les unités ne devraient pas avoir de pluriel; mais il serait bien difficile de revenir dans certains pays sur un usage

très répandu. En tout cas, tous les membres sont d'accord sur le fait que les symboles n'ont pas de pluriel.

M. CRITTENDEN fait connaître un projet de la Commission internationale de l'Éclairage demandant l'institution d'échanges et d'intercomparaisons de verres colorés; le Bureau international pourrait en être chargé.

Le Comité approuve cette proposition.

#### THERMOMÉTRIE ET CALORIMÉTRIE.

M. PÉRARD demande que le Comité consultatif de Thermométrie, qui après sa création a été amené à s'occuper également de Calorimétrie, prenne dorénavant le titre officiel de Comité consultatif de Thermométrie et Calorimétrie.

Le Comité adopte cette proposition.

#### REPRÉSENTATION DE CERTAINS LABORATOIRES AUX COMITÉS CONSULTATIFS.

M. PÉRARD reprend la question déjà abordée à la première séance.

En ce qui concerne le Japon, dont le laboratoire qui doit déléguer un représentant au Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie n'a pas été désigné, et ne peut l'être encore faute de renseignements, on pourrait décider que la désignation de ce laboratoire sera faite ultérieurement par les soins du président du Comité Consultatif en liaison avec le président du Comité International.

Cette proposition est acceptée.

En ce qui concerne l'Allemagne, M. PÉRARD renouvelle sa proposition pour la nomination des délégués aux trois Comités consultatifs.

M. KÖSTERS insiste auprès de ses collègues pour qu'ils désignent comme laboratoire national allemand la Physikalisch-Technische Anstalt à Brunswick, qui a été reconnue officiellement par les Gouvernements des trois zones d'occupation occidentales.

M. PÉRARD estime qu'on créerait ainsi une inégalité entre les deux zones d'occupation et que le Comité international ne peut entrer dans cette voie sans sortir de la neutralité qui doit être sa règle.

Le Comité adopte la proposition de M. PÉRARD (voir p. 58).

#### RECOMMANDATIONS

##### DU COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE.

Dans sa dernière session, le Comité a formulé trois recommandations, qui doivent être présentées par le Comité international sous forme de résolution à titre de compte rendu à la Conférence générale :

1° « *En l'état actuel de la technique, le point triple de l'eau est susceptible de constituer un repère thermométrique avec une précision plus élevée que le point de fusion de la glace.*

« *En conséquence, le Comité Consultatif estime que le zéro de l'échelle thermodynamique centésimale <sup>(1)</sup> doit être défini comme étant la température inférieure de 0,0100 degré à celle du point triple de l'eau pure.* »

Le Comité international approuve cette première recommandation.

2° « *Le Comité consultatif admet le principe d'une échelle thermodynamique absolue ne comportant qu'un*

---

(1) A ce mot de « centésimale », la Conférence a substitué celui de « Celsius ».

*seul point fixe fondamental, constitué actuellement par le point triple de l'eau pure dont la température absolue est fixée à 273,16°K.*

*« L'introduction de cette nouvelle échelle n'affecte en rien l'usage de l'échelle internationale, qui reste l'échelle pratique recommandée. »*

« Dans l'état présent de la précision des mesures, la nouvelle échelle coïncide avec l'échelle thermodynamique centésimale. »

Cette seconde recommandation a soulevé de vives critiques, en particulier de l'Union Internationale de Physique, en ce qui concerne la température de 273°,16. M. DE HAAS souligne que les diverses valeurs du point triple ne sont pas assez concordantes et devraient être contrôlées par les grands Laboratoires.

Après discussion, le Comité international décide de remplacer la fin du premier alinéa par les mots « *dont la température absolue sera fixée ultérieurement* ». En conséquence, le 3<sup>e</sup> alinéa est supprimé, et les deux premiers approuvés avec la modification ci-dessus.

3<sup>o</sup> « *Résolution. — L'unité de quantité de chaleur est le « joule », égal à 10<sup>7</sup> ergs.*

« *Remarque. — Il est demandé que les résultats d'expériences calorimétriques soient autant que possible exprimés en joules.*

« Cependant, lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision par un échauffement d'eau, on peut les exprimer en calories à une température déterminée. »

Au premier alinéa, le Comité international supprime « égal à 10<sup>7</sup> ergs », ces mots étant devenus inutiles puisque le joule international n'existe plus.

Le dernier alinéa a également donné lieu à des objec-

tions. Le Comité international accepte le texte suivant, adopté par l'Union Internationale de Physique :

« Si les expériences ont été faites par comparaison avec un « échauffement d'eau (et que, pour une raison quelconque, on « ne puisse éviter l'usage du mot « calorie »), les températures « extrêmes et le facteur de conversion doivent être indiqués. »

M. PÉRARD a reçu une lettre de M. DE BOER demandant que l'on établisse des tables indiquant les chaleurs spécifiques de l'eau aux diverses températures.

M. SEARS propose qu'on renvoie cette demande au Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie, en le priant de préparer ces tables en tenant compte de toutes les expériences déjà faites <sup>(1)</sup>.

#### ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE.

M. VOLET présente, en épreuves, le Rapport de M. HALL sur cette question.

M. SEARS estime que le Comité international ne peut entrer dans l'examen détaillé de ce très long rapport et doit faire confiance au Comité consultatif de Thermométrie.

Le Comité international adopte le texte qui lui est présenté, sous réserve de quelques corrections, pour lesquelles il s'en remet à MM. DE HAAS, CRITTENDEN et HALL.

#### PROPAGATION ET PERFECTIONNEMENT DU SYSTÈME MÉTRIQUE.

Conformément à l'usage introduit par M. GUILLAUME, M. PÉRARD présentera à la Conférence générale un exposé sur « Les Récents Progrès du Système Métrique », qui

---

(1) Voir en Annexe II, p. 101, le texte définitif voté à la Conférence.

portera sur les 15 dernières années. Il a été rédigé d'après les réponses aux demandes adressées aux divers pays adhérant à la Convention du Mètre.

La Conférence Générale sera saisie de deux propositions l'une de la Belgique, demandant que « les produits conditionnés pour être vendus dans le commerce de détail, en provenance de pays où le Système Métrique n'est pas obligatoire et à destination de pays où ce système est le seul légal, soient marqués en unités métriques, quant à l'indication de leur contenu ou de leur mode d'emploi, conjointement ou non avec les indications en autres unités du pays d'origine » ; l'autre du Portugal, demandant que « les Gouvernements des pays qui exportent des instruments et appareils de mesure gradués en unités autres que celles du Système Métrique décimal adoptent des règles de vérification rendant obligatoires sur lesdits instruments et appareils une graduation en unités du Système Métrique en correspondance avec celle des unités en usage dans les pays importateurs ».

Quelques membres du Comité présentent des objections, pensant que ces questions d'ordre pratique, voire un peu commercial, sont en dehors de l'objet de la Conférence. M. CRITTENDEN estime que c'est à chaque pays de prendre des résolutions de ce genre en ce qui le concerne. M. CASSINIS craint que ces vœux soient inopérants puisqu'il n'y a pas de sanction possible. M. PÉRARD estime, au contraire, que c'est peut-être le rôle de la Conférence, d'ailleurs prévu dans ses statuts, d'émettre des vœux sur tout ce qui peut contribuer aux progrès du Système Métrique.

La séance est levée à 18<sup>h</sup>.

---

---

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

TENUE A L'INSTITUT D'OPTIQUE

Samedi 9 octobre 1948

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS

---

Sont présents : MM. CASSINIS, CRITTENDEN, DEHALU, de HAAŠ, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, ROŠ, SIEGBAHN.

Excusé : M. de BROGLIE.

M. CONDON, Directeur du National Bureau of Standards de Washington, et M. VOLET assistent à la séance.

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

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à MM. ROŠ et SIEGBAHN, qui prennent séance pour la première fois à cette session.

Puis il donne la parole à M. DEHALU pour la lecture du procès-verbal de la précédente séance.

Ce procès-verbal est adopté après quelques modifications de rédaction.

M. PÉRARD signale que, sur la dernière question abordée dans cette séance, M. VOLET a rédigé un projet de résolution qui résume les deux propositions présentées par les Gouvernements belge et portugais.

M. le PRÉSIDENT se demande si le Comité a le droit de modifier les projets de résolution formulés par les pays.

M. PÉRARD répond par la négative; ces projets seront présentés tels quels à la Conférence. Mais le Comité international doit donner son avis, et il peut recommander un nouveau texte qui condense les deux propositions.

Le Comité décide de laisser à ses membres le temps d'examiner le projet préparé par M. VOLET; il se prononcera à sa prochaine séance.

#### ÉTALON PRIMAIRE DE LONGUEUR.

M. PÉRARD présente un projet de résolution concernant l'étalon primaire de longueur. Après discussion, le Comité l'adopte sous la forme suivante :

« *La Conférence Générale des Poids et Mesures,*  
« *ayant pris connaissance des possibilités nouvelles*  
« *offertes par les raies spectrales des éléments à isotope*  
« *unique, qui réunissent au plus haut point les qualités*  
« *requises pour constituer des longueurs d'onde étalons;*  
« *rend hommage aux savants dont les travaux*  
« *ont abouti à la réalisation de quantités appréciables*  
« *de ces éléments;*  
« *reconnait dans ces raies la possibilité de retrou-*  
« *ver pour l'unité de longueur une base naturelle qui*  
« *aurait une très haute précision;*  
« *invite les grands Laboratoires et le Bureau inter-*  
« *national à poursuivre l'étude de ces raies, dans le*  
« *but d'établir éventuellement une nouvelle définition*  
« *du Mètre fondée sur la longueur d'onde d'une raie*  
« *choisie, émise dans des conditions spécifiées. »*

#### SYSTÈME PRATIQUE INTERNATIONAL D'UNITÉS.

M. PÉRARD rappelle que le Comité international a déjà abordé cette question à sa précédente session et a accepté d'examiner les demandes qui pourraient être présentées à ce sujet.



L'Union Internationale de Physique a voté une résolution ainsi conçue :

« a. *L'Union internationale de physique pure et appliquée* décide de demander au *Comité international des Poids et Mesures* d'adopter pour les relations internationales, un *système pratique international d'unités*. Elle ne recommande pas que le système C. G. S. soit abandonné par les physiciens.

« b. *L'Union internationale de physique pure et appliquée* recommande à cet effet le système : mètre, kilogramme (masse), seconde, et une unité électrique du système pratique absolu (à fixer prochainement).

« c. L'unité de force de ce système (c'est-à-dire la force qui, agissant sur une masse de 1 kilogramme lui communique une accélération de  $1 \text{ m/s}^2$ ) doit être appelée le *Newton*. »

D'autre part, la délégation française présentera à la Conférence générale des propositions en vue de l'unification internationale des systèmes d'unités de mesure dans les nations adhérentes à la Convention du Mètre. En résumé, ce projet adopte le système M. K. S., tout en laissant subsister le système C. G. S. Il prévoit un *texte législatif* donnant la définition des unités fondamentales, et un *texte réglementaire*, acte du Gouvernement, donnant la définition des unités secondaires.

Le Comité international doit décider maintenant de quelle façon il présentera ce projet à la Conférence générale. M. PÉRARD n'a pas l'impression qu'il faille précipiter les choses. Le Comité international pourrait proposer l'organisation d'une vaste enquête faite dans les divers pays en communiquant le projet à leurs ambassades ou légations et en les priant de demander aux personnalités ou organismes compétents de leur nation s'il leur agréé ou s'ils ont d'autres propositions à formuler. La Conférence pourrait charger le Comité international de procéder à cette enquête. Le Bureau rassemblerait les réponses et

élaborerait un projet unique, tenant compte dans toute la mesure possible des avis formulés. Ensuite, le Comité international prendrait une décision définitive.

Deux questions se posent donc :

1° Le Comité adopte-t-il cette procédure ?

2° Demandra-t-il à la Conférence le pouvoir de trancher définitivement la question et d'adopter un système pratique d'unités internationales, ce qui éviterait d'attendre la prochaine Conférence ?

Le Comité adopte le principe de l'enquête.

Sur le premier point, M. le PRÉSIDENT fait observer que le Bureau pourra examiner et résumer les réponses reçues; mais il serait bon de prévoir une Commission pour l'étude de ces réponses et la rédaction du projet définitif à soumettre au Comité.

M. PÉRARD se déclare d'accord et pense que cette Commission pourrait être nommée dès maintenant.

Le Comité désigne pour en faire partie : MM. CASSINIS, CRITTENDEN, KÖSTERS, RAUSZER, ROŠ et PÉRARD, plus son président et son secrétaire.

En ce qui concerne les pouvoirs, le Comité en a adopté le principe et charge M. PÉRARD de préparer un projet de résolution qui sera examiné dans une prochaine séance.

#### SYSTÈMES DE NUMÉRATION.

M. PÉRARD signale une proposition du Bureau des Longitudes de Paris, lequel fait remarquer qu'il existe deux règles différentes pour exprimer les très grands nombres, aboutissant à l'emploi de mots qui ont un sens différent d'un pays à l'autre. La règle ( $n - 1$ ), en usage en France,

Suisse, Espagne, Italie, Suède, États-Unis, etc., se résume dans la formule

$$10^{3n} = (n - 1) \text{ illion}$$

( $10^6$  million,  $10^9$  milliard ou billion,  $10^{12}$  trillion, ...).

La règle N, en usage en Angleterre, Allemagne, Danemark, Pays-Bas, etc., peut être représentée par la formule

$$10^{6N} = (N) \text{ illion}$$

( $10^6$  million,  $10^{12}$  billion,  $10^{18}$  trillion,  $10^{24}$  quadrillion, ...).

Il serait très désirable d'arriver à un accord; les États s'engageraient à se rallier à la règle qui aurait obtenu le plus grand nombre de voix à la Conférence.

La plupart des membres du Comité trouvent la règle N préférable, mais M. CRITTENDEN préfère la règle  $(n - 1)$  en usage dans son pays et se déclare opposé à la proposition telle qu'elle est présentée. Il suggère qu'on la limite pour débiter aux pays européens. M. CASSINIS estime qu'on devrait simplement conseiller aux divers pays d'utiliser l'une des règles, sans en faire au début une obligation.

Après discussion, le Comité décide de présenter à la Conférence une recommandation en faveur de l'adoption de la règle N par toutes les nations européennes, en introduisant dans la série, entre parenthèses, le milliard ( $10^9$ ), qui est d'un usage universel.

#### SYMBOLES D'UNITÉS.

M. PÉRARD signale que l'Union Internationale de Physique a mis sur pied un assez grand nombre de symboles pour les grandeurs et pour les unités. Seuls ceux des unités intéressent le Comité international; ce sont les suivants :

. mètre.....	m	heure.....	h
. mètre carré.....	m <sup>2</sup>	ampère.....	A
. mètre cube.....	m <sup>3</sup>	volt.....	V
. micron.....	μ	watt.....	W
. litre.....	l	ohm.....	Ω
. gramme.....	g	coulomb.....	C
. tonne.....	t	farad.....	F
seconde.....	s	henry.....	H
erg.....	erg	hertz.....	Hz
dyne.....	dyn	poise.....	P
atmosphère.....	at	newton.....	N
. degré centésimal.	°C	. candela.....	cd
. degré absolu....	°K	lux.....	lx
calorie.....	cal	lumen.....	lm
bar.....	bar	stilb.....	sb

Les symboles dont les unités sont précédées d'un point sont ceux qui avaient déjà été antérieurement adoptés par une décision du Comité international.

Les symboles des unités sont exprimés en caractères romains, en général minuscules; toutefois, si les symboles sont dérivés de noms propres, les caractères majuscules sont utilisés. Ces symboles ne sont pas suivis d'un point.

M. PÉRARD indique que des objections diverses ont été présentées à ce projet; la principale concerne le lumen, auquel la loi française avait donné le symbole « lu », alors qu'ici on propose « lm ». D'autre part, l'unité de volume stère, employée dans le mesurage des bois, aura pour symbole « st » et non plus « s », qui lui avait été précédemment affecté par le Comité international.

M. CASSINIS demande quel sera le symbole du stéradian si l'on adopte st pour le stère.

M. PÉRARD répond qu'on pourrait choisir « sr »; mais la question ne se pose pas pour le moment.

L'Union Internationale de Physique a demandé également que, pour faciliter la lecture des nombres, ceux-ci soient partagés en tranches de trois chiffres, à gauche et à droite de la virgule (usage français) ou du point (usage britannique) qui sépare leur partie entière de leur partie décimale. Ni point, ni virgule ne serait mis entre les tranches de trois chiffres.

Après discussion, le Comité adopte les propositions qui précèdent pour les soumettre à la Conférence.

L'Union Internationale de Physique présente d'autre part le projet suivant de préfixes :

pico	$10^{-12}$ ...	p	kilo	$10^3$ .....	k
nano	$10^{-9}$ ...	n	méga	$10^6$ .....	M
micro	$10^{-6}$ ...	$\mu$	giga	$10^9$ .....	G
milli	$10^{-3}$ ...	m	tera	$10^{12}$ ....	T

De son côté, M. J. WENNERBERG a établi un projet (voir Annexe IV, p. 105), qui paraît très judicieux, de désignation des unités de mesure impliquant des puissances de 10, mais qui se heurte à des usages courants et à certaines décisions antérieures du Comité international.

MM. KÖSTERS et CASSINIS signalent que le système de préfixes de l'Union Internationale de Physique est déjà adopté en Allemagne et en Italie. M. CRITTENDEN dit qu'il en est de même aux États-Unis, mais dans certaines propositions, il y aurait interversion entre giga et tera.

Le Comité décide de renvoyer pour étude à une autre session ces deux projets de préfixes.

#### RAPPORTS AVEC L'UNESCO.

M. PÉRARD rappelle que M. VOLET a préparé un projet de contrat entre cette institution et le Bureau international, pour lequel il s'est inspiré des contrats déjà conclus

par l'UNESCO avec d'autres organisations internationales. M. VOLET n'a pu entrer encore en contact avec le délégué de l'UNESCO pour lui soumettre ce projet, mais il espère le rencontrer dans quelques jours. La question reviendra alors devant le Comité.

#### RENOUVELLEMENT DU COMITÉ.

M. PÉRARD entretient de nouveau le Comité de cette question. Le Comité compte actuellement 15 membres. D'après les statuts, il faut en renouveler la moitié, soit 8, d'abord les 7 membres élus provisoirement depuis la dernière Conférence générale, puis un huitième membre tiré au sort au moment du vote; tous ces membres sont rééligibles.

D'autre part, on a émis plusieurs fois l'idée de faire entrer au Comité un représentant de l'Amérique du Sud. M. PÉRARD, sur les indications fournies par M. CABANNES, doyen de la Faculté des Sciences de Paris, qui vient de faire un voyage en République Argentine, a sondé M. ISNARDI, physicien argentin, dont il donne les titres et travaux scientifiques, qui est disposé à accepter une nomination éventuelle et à se rendre tous les deux ans à Paris pour les sessions. M. PÉRARD propose au Comité de le présenter au vote de la Conférence en dehors des huit autres membres.

Le Comité prendra une décision à sa prochaine séance.

La séance est levée à 17<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>.

---

---

**PROCÈS-VERBAL**  
**DE LA QUATRIÈME SÉANCE,**

TENUE A L'INSTITUT D'OPTIQUE.

Samedi 16 octobre 1948.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

---

Sont présents : MM. DE BROGLIE, CRITTENDEN, DEHALU,  
JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER, ROŠ, SIEGBAHN.

Invités : MM. CONDON, Sir CHARLES DARWIN, VOLET.

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

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. RAUSZER,  
qui vient d'arriver à Paris et siège pour la première fois  
à cette session.

M. PÉRARD remercie le D<sup>r</sup> CONDON et Sir CH. DARWIN,  
directeurs des deux grands Laboratoires nationaux, d'être  
venus assister aux séances du Comité et de la Conférence  
et de rehausser ainsi l'éclat de leurs sessions. C'est un  
encouragement pour le personnel du Bureau inter-  
national.

M. DEHALU lit le procès-verbal de la troisième séance,  
qui est adopté après quelques retouches de rédaction.

A ce propos, M. RAUSZER se déclare d'accord avec le

symbole « sr » pour le stéradian; il signale d'autre part qu'on a déjà adopté en Pologne les préfixes giga et tera.

M. PÉRARD a examiné très rapidement toutes les propositions présentées à la troisième séance de la Conférence Générale, en particulier celles de la Délégation soviétique.

*Adoption par l'U. R. S. S. des unités électriques et magnétiques absolues.* — Ce n'est pas une proposition, mais un compte rendu des mesures qui ont été prises en U. R. S. S. à cet égard. Il y aura lieu simplement de publier cette note en annexe dans les Comptes Rendus de la Conférence.

*Introduction de nouvelles unités photométriques en U. R. S. S.* — Mêmes observations que pour les unités électriques.

Le Comité adopte ces points de vue.

*Définition du mètre par une longueur d'onde lumineuse.* — La Délégation soviétique propose de prendre dès maintenant comme base de cette définition, la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium. Quand les recherches en cours sur les éléments à un seul isotope ou d'autres auront permis de trouver une raie monochromatique susceptible d'une mesure encore plus précise, alors on pourra l'adopter à son tour comme base. M. PÉRARD estime qu'il serait fâcheux de faire deux modifications successives et qu'il vaut mieux attendre le résultat des travaux entrepris de divers côtés.

M. SEARS rappelle que, d'ailleurs, la Conférence Générale vient de voter une résolution sur ce sujet et ne peut le remettre en question.

*Mesure absolue de l'intensité de la pesanteur.* — La proposition de la Délégation soviétique rejoint celle de



M. VOLET; il n'y a donc qu'à prendre acte de cette concordance.

*Remarques sur l'activité du Comité et du Bureau international.* — A la précédente proposition, sont jointes deux pages de remarques sur ce dernier sujet, dont la conclusion est la recommandation au Comité International d'élaborer pour sa prochaine session un plan de mesures pratiques portant sur dix points nommément désignés. M. PÉRARD fait observer que, sur la plus grande partie de ces points, le Bureau a déjà donné satisfaction au vœu exprimé, ou bien le fera lorsque des recherches en cours d'exécution seront terminées. D'autres questions sont pour le moment en dehors de sa compétence. De toute façon, ce projet, qui aboutirait à une extension des travaux du Bureau, devrait correspondre à une extension du personnel scientifique, et en conséquence de la dotation. On pourrait toutefois publier le projet en annexe dans les Comptes Rendus de la Conférence.

M. RAUSZER serait d'avis qu'on ne parle pas à la Conférence de ce projet, présenté trop tard, et qu'on en renvoie l'étude à une prochaine session du Comité international.

M. PÉRARD ne pense pas qu'on puisse barrer la route à toute discussion, surtout si la Délégation soviétique la demande; mais il est évident que la présente Conférence n'a pas à prendre de décision.

M. VOLET suggère qu'on profite de cette occasion pour faire auprès des États adhérents une enquête sur ce qu'ils attendent actuellement du Bureau international.

M. PÉRARD a examiné enfin une proposition de la Hongrie concernant l'unification du pesage d'un hectolitre de blé. Cette question n'est pas de la compétence du

Comité international et serait du ressort d'une Conférence de Métrologie pratique.

M. VOLET donne lecture de la proposition de la Délégation espagnole sur la nouvelle détermination de  $g$  en valeur absolue.

Après lecture, le Comité international charge M. VOLET d'amalgamer ce texte avec celui de la Délégation soviétique et de présenter un texte unique à la Conférence.

Sir CHARLES DARWIN rappelle qu'une nouvelle détermination a déjà été faite à Teddington et qu'il serait difficile aujourd'hui de la recommencer au N. P. L.

M. DEHALU ne croit pas nécessaire de mêler encore à ce travail tous les Laboratoires nationaux qui ont déjà fait des expériences dans ce domaine.

M. VOLET signale l'intérêt qu'il y a d'obtenir des mesures absolues de  $g$  en différents points; toutefois on pourra modifier légèrement le texte concernant les grands Laboratoires, en mettant « les laboratoires qui en ont la possibilité ».

M. PÉRARD lit un projet de résolution sur les systèmes d'unités à présenter à la Conférence.

« La Conférence Générale,

« Considérant que le Comité international des Poids et Mesures a été saisi d'une demande de l'Union internationale de Physique le sollicitant d'adopter pour les relations internationales un système pratique international d'unités, recommandant le système M. K. S. et une unité électrique du système pratique absolu, tout en ne recommandant pas que le système C. G. S. soit abandonné par les physiciens,

« Considérant qu'elle-même a reçu du Gouvernement français une demande analogue, accompagnée d'un projet destiné à servir

de base de discussion pour l'établissement d'une réglementation complète des unités de mesure,

« Charge le Comité international

d'ouvrir à cet effet une enquête officielle sur l'opinion dans ce domaine des milieux scientifiques, techniques ou pédagogiques de tous les pays,

de centraliser les opinions émises en offrant effectivement comme base le document français,

et lui donne les pouvoirs nécessaires pour, sans attendre une autre Conférence, établir un projet de réglementation générale des unités de mesure susceptibles d'être adoptées par l'unanimité des pays signataires de la Convention du Mètre. »

M. RAUSZER propose, au dernier alinéa, de remplacer les mots « donne au Comité les pouvoirs nécessaires pour établir un projet de réglementation générale » par « donne au Comité la mission d'étudier un projet. »

M. PÉRARD fait remarquer que cette modification renverrait la décision à une autre Conférence. Or on constate actuellement un grand engouement de l'opinion publique pour les systèmes d'unités : il ne faut pas que le Comité y reste indifférent.

Après discussion, le Comité adopte le projet de M. PÉRARD avec la modification proposée par M. RAUSZER et quelques légères corrections de forme.

M. VOLET communique le projet de contrat avec l'UNESCO dont il a été parlé à une précédente séance. Ce n'est ni une convention, ni un accord, mais ce qu'on appelle aujourd'hui un « formal agreement ». Il établit un contact qui permet de simplifier des problèmes qui se posent à toutes les organisations internationales. Ce projet a été soumis aux juristes de l'UNESCO; ils ont proposé quelques simplifications, qui ont finalement abouti au texte porté en Annexe III (p. 103).

Le Comité adopte le texte proposé.

M. VOLET lit ensuite le projet de résolution ci-dessous, à présenter à la Conférence, par lequel elle autoriserait le Comité international à signer l'accord.

*Projet de Résolution.*

La Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures,

*Considérant* la Convention du Mètre qui assigne au Bureau International des Poids et Mesures le rôle de coordonner et d'unifier les mesures, ce qui a pour conséquence de faciliter les relations entre les pays dans les domaines de la Science, de l'Industrie et du Commerce.

*Considérant* que, aux termes du Préambule de sa Convention, l'UNESCO a été créée pour constituer l'Institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine de l'éducation, de la science et de la culture afin d'atteindre graduellement, au moyen de la coopération dans ces trois domaines, le but de paix internationale et de prospérité commune de l'humanité proclamé dans la Charte des Nations Unies.

*Considérant* d'autre part, les avantages qui peuvent résulter d'une collaboration, entre le Comité International des Poids et Mesures et l'UNESCO, pour la solution des questions que pose l'existence des Organisations internationales.

*Décide :*

Le Comité International des Poids et Mesures est autorisé, dans le cadre de son statut, à conclure un accord avec l'UNESCO qui, tout en garantissant l'indépendance des parties contractantes, leur permette de suivre leurs travaux réciproques et de collaborer à l'étude de questions relevant de leurs activités communes.

Ce projet est adopté à l'unanimité par le Comité.

M. PÉRARD renouvelle son précédent exposé sur la façon dont se présentent cette année la réélection d'une moitié du Comité international et la possibilité d'y faire entrer d'autre part un représentant de l'Amérique du Sud.

Le Comité décide qu'il sera procédé d'abord à la réélection des 7 membres élus à titre provisoire depuis la dernière Conférence générale et d'un membre ancien dont le nom sera tiré au sort. Il approuve d'autre part la candidature de M. le Professeur ISNARDI, de Buenos-Aires, dont l'élection aura lieu ensuite.

M. PÉRARD a amalgamé en un texte commun les propositions des Gouvernements belge et portugais sur la graduation en unités métriques de certains produits ou instruments de mesure; mais ce texte, communiqué aux Délégations des deux pays, ne leur donne pas satisfaction.

M. SEARS ne voit pas d'objections à la proposition belge, mais celle du Portugal lui paraît constituer une intervention trop prononcée dans les décisions des pays qui font encore usage de systèmes autres que le Système Métrique.

M. PÉRARD fait remarquer que les deux propositions expriment simplement des vœux et ne prétendent pas imposer une obligation à tous les pays.

M. RAUSZER constate que ces propositions, surtout la seconde, ne tiennent pas compte du fait que, dans la plupart des pays, les instruments destinés à l'exportation ne sont soumis à aucune vérification.

Après discussion, le Comité décide qu'il n'interviendra devant la Conférence que pour dire que les deux propositions sont bien de son ressort, puisqu'il s'agit de la propagation du Système Métrique, mais qu'il s'en remet à elle de prendre une décision.

La séance est levée à 12<sup>h</sup>.

---

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA CINQUIÈME SÉANCE

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL

Jeu'di 21 octobre 1948

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS

---

Sont présents : MM. L. de BROGLIE, CASSINIS, CRITTENDEN, de HAAS, DEHALU, JOHANSEN, KÖSTERS, PÉRARD, RAUSZER, ROŠ, SIEGBAHN.

La séance est ouverte à 14<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

M. PÉRARD signale qu'il a reçu, de M. KARGATCHIN, une lettre où celui-ci exprime ses regrets de ne pouvoir venir au Comité et à la Conférence pour des raisons techniques.

Le Comité disposant de peu de temps avant la séance de la Conférence générale, décide que le procès-verbal de la quatrième séance sera lu à la prochaine séance.

M. le PRÉSIDENT invite M. PÉRARD à exposer les trois questions restées pendantes devant la Conférence.

M. PÉRARD, en ce qui concerne la désignation du degré de température, a eu l'impression que la grande majorité des délégués est favorable au mot *Celsius*, de préférence à centigrade ou centésimal. La délégation française est prête à s'y rallier.

Le Comité se trouve d'accord sur l'appellation de « Celsius ».

En ce qui concerne le système international d'unités,

la Délégation française accepte un texte proposé par M. PÉRARD pour les trois derniers alinéas du projet de résolution. Après quelques modifications, celui-ci est adopté sous la forme suivante :

« *La Conférence Générale,*

« *Considérant que le Comité international des Poids  
« et Mesures a été saisi d'une demande de l'Union  
« internationale de Physique le sollicitant d'adopter  
« pour les relations internationales un système pratique  
« international d'unités, recommandant le système  
« M. K. S. et une unité électrique du système pratique  
« absolu; tout en ne recommandant pas que le système  
« C. G. S. soit abandonné par les physiciens,*

« *Considérant qu'elle-même a reçu du Gouvernement  
« français une demande analogue, accompagnée d'un  
« projet destiné à servir de base de discussion pour  
« l'établissement d'une réglementation complète des  
« unités de mesure,*

« *Charge le Comité international*

« *d'ouvrir à cet effet une enquête officielle sur  
« l'opinion des milieux scientifiques, techniques et  
« pédagogiques de tous les pays (en offrant effecti-  
« vement comme base le document français) et de la  
« pousser activement;*

« *de centraliser les réponses;*

« *et d'émettre des recommandations concernant  
« l'établissement d'un même système pratique d'unités  
« de mesure, susceptible d'être adopté dans tous les  
« pays signataires de la Convention du Mètre. »*

M. RAUSZER rappelle à ce propos qu'il y a déjà eu une enquête de ce genre en Italie qui a provoqué des réponses très intéressantes. On a proposé, entre autres, de changer le nom du kilogramme. Nous restons fermement attachés

au kilogramme unité de masse, mais il ne faut pas oublier que celui-ci sert aussi à définir l'unité de force. Si l'on adopte une unité de force, il faudra éviter à tout prix de lui donner aucun nom ou symbole qui rappelle celui du kilogramme.

Enfin, en ce qui concerne la question des expériences calorimétriques, M. PÉRARD lit un nouveau texte pour le dernier alinéa.

M. SEARS ne croit pas que celui-ci suffise; l'on doit donner aussi les limites exactes des températures des expériences, pour le cas où l'on désirerait plus tard recalculer les résultats.

M. RAUSZER reprend le premier texte du Comité Consultatif, avec une adjonction; mais celle-ci ne donne pas non plus satisfaction à tous les membres du Comité.

M. SEARS donne aussi lecture d'un texte, qui suscite d'autres critiques.

Finalement, le Comité se met d'accord sur le texte suivant :

*« Remarque. — Il est demandé que les résultats  
« d'expériences calorimétriques soient autant que pos-  
« sible exprimés en joules.*

*« Si les expériences ont été faites par comparaison  
« avec un échauffement d'eau (et que, pour une raison  
« quelconque, on ne puisse éviter l'usage de la calorie),  
« tous les renseignements nécessaires pour la conversion  
« en joules doivent être fournis.*

*« Il est laissé aux soins du Comité international,  
« après avis du Comité consultatif de Thermométrie  
« et Calorimétrie, d'établir une table qui présentera  
« les valeurs les plus précises que l'on peut tirer des  
« expériences faites sur la chaleur spécifique de l'eau,  
« en joules par degré. »*



Au sujet de l'extension des attributions du Bureau international, qui appellerait une augmentation de la dotation, M. SEARS et M. PÉRARD ont conféré avec la Délégation soviétique. Celle-ci est d'accord de ne pas demander de décision à cette Conférence, mais seulement à la prochaine, après une enquête auprès des Gouvernements.

Elle est également d'accord pour une retouche et non une révision de la Convention du Mètre.

A chaque Conférence il serait possible éventuellement de procéder à une augmentation de la dotation qui permettrait au Bureau international d'entreprendre de nouvelles activités.

M. SEARS présente une proposition sur la question du mode de transmission des vœux à la Conférence générale. Une quantité de propositions arrivent au dernier moment et le Comité international se trouve dans l'impossibilité de les étudier sérieusement. Déjà la Septième Conférence générale, pour éviter cet inconvénient, avait prévu un dépôt six mois à l'avance. M. SEARS propose de compléter cette décision par trois dispositions, dont les deux premières sont les suivantes, la troisième étant écartée :

1° *Les vœux ou propositions ainsi déposés seront transmis par le bureau du Comité à tous les États adhérents à la Convention au moins quatre mois avant l'ouverture de la Conférence, afin que MM. les Délégués puissent recevoir les instructions et pouvoirs nécessaires.*

2° *Tout autre vœu ou proposition ne sera présenté à la Conférence qu'à condition que le Comité ait eu le temps nécessaire de l'étudier et l'aura approuvé.*

Après discussion, le Comité décide de présenter à la Conférence ces deux premières dispositions.

La séance est levée à 15<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA SIXIÈME SÉANCE,

TENUE A L'INSTITUT D'OPTIQUE.

Vendredi 22 octobre 1948.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

---

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

En l'absence de M. SEARS, M. DEHALU ouvre la séance à 10<sup>h</sup>.

Comme suite à la Conférence qui s'est clôturée la veille, le Comité désigne à nouveau son président par vote à bulletin secret.

M. SEARS est élu à l'unanimité des votants.

M. SEARS, qui entre en séance, fait encore tous ses remerciements à ses collègues.

Le Comité procède ensuite à l'élection de son Secrétaire.

M. DEHALU est élu à l'unanimité. Il exprime également sa reconnaissance au Comité.

M. DEHALU annonce qu'il a reçu le matin même une lettre de M. NAGAOKA, dans laquelle celui-ci donne sa démission de membre du Comité international. Il formule

ses regrets que le Japon, toujours occupé et privé de facilités de change, se trouve dans l'impossibilité de verser sa contribution au Bureau International.

M. PÉRARD estime qu'étant donnée l'importance de ce pays, il faut réserver une place dans le Comité international pour un physicien de cette nationalité, mais, avant de procéder à l'élection, attendre que le Japon ait repris ses versements; et d'ici là on pourra avoir des renseignements sur des savants japonais susceptibles de succéder à M. NAGAOKA. Ce dernier, auteur de travaux estimés, pourrait être nommé Membre honoraire.

Le Comité approuve cette proposition et, à l'unanimité, nomme M. NAGAOKA Membre honoraire.

M. PÉRARD signale que l'Ambassade de l'U. R. S. S. à Paris lui a fait remettre une lettre dans laquelle elle annonce que le Gouvernement soviétique a approuvé la démission de M. CHATELAIN comme Membre du Comité international et donne le nom d'une personnalité qu'elle recommande pour lui succéder.

M. SEARS a déjà fait remarquer à la Délégation de l'U. R. S. S. à la Conférence, que cette procédure n'est pas la procédure régulière; il est nécessaire que M. CHATELAIN donne personnellement sa démission par une lettre adressée au Président ou au Secrétaire du Comité. Il rappelle d'ailleurs qu'en cas de départ d'un Membre du Comité, la nomination d'un nouveau Membre ne revient pas au Gouvernement du pays auquel appartenait le Membre démissionnaire; de façon générale, et quoique cela se fasse le plus souvent pour les grands pays, il n'est même aucunement prescrit que les nationalités se correspondent. M. SEARS répondra officiellement dans ce sens à l'Ambassade.

M. PÉRARD informe le Comité que M. Moreau, assis-

tant au Bureau, lui a demandé si le Comité international pourrait lui consentir un prêt de 100000 F. M. Moreau est sinistré; sa maison a été complètement détruite au cours d'un bombardement, lui et sa femme n'ont échappé que par miracle à la mort. Il a droit à des dommages de guerre, mais ceux-ci tardent à lui être versés, et il désirerait actuellement se réinstaller. Sur avis de M. PÉRARD, M. Moreau a confirmé sa demande par écrit.

Après discussion, et en raison du caractère tout à fait exceptionnel de cette demande, qui ne saurait constituer un précédent, le Comité décide d'accorder à M. Moreau un prêt de 75000 F. Cette somme sera remboursée par une retenue mensuelle de 5000 F sur son traitement à partir du mois de janvier, la totalité devant être remboursée, au plus tard au moment où M. Moreau touchera son indemnité de dommages de guerre. Au cas où M. Moreau quitterait le Bureau ou viendrait à décéder avant le remboursement total, la somme encore due serait prélevée sur ses contributions à la Caisse de Retraites du Personnel ou sur les arrérages de la pension de réversion.

M. PÉRARD expose au Comité une question qui se présente au sujet du paiement des impôts pour le personnel. Jusqu'à présent le Bureau, en qualité d'employeur, devait retenir sur les traitements et reverser à l'État, ce qu'on appelle l'impôt cédulaire sur les traitements et salaires. Une loi nouvelle supprime cette retenue et la remplace par un impôt de 5 % du montant des traitements à la charge de l'employeur. Or, M. PÉRARD estime que le Bureau international, établissement entretenu à frais communs par 33 États, ne doit aucun impôt à l'État français; il aurait l'intention de ne rien verser.

Le Comité partage cet avis et approuve cette décision.

M. PÉRARD propose alors au Comité un projet de résolution au sujet du paiement des contributions des États contractants en dollars ou en francs suisses :

« *En raison de l'agrément donné par le Gouvernement français (dans sa lettre: Ministère des Finances et des Affaires Économiques, Direction des Finances extérieures, 1<sup>er</sup> Bureau, 1<sup>re</sup> Section, N<sup>o</sup> 015933, du 19 avril 1948), à ce que les paiements des cotisations dues aux organismes internationaux ayant leur siège en France soient effectués en devises appréciées (dollars, francs suisses)—ces devises pouvant ensuite être converties en francs français par vente au marché libre —, le Comité international des Poids et Mesures prie instamment les Gouvernements des États contractants de bien vouloir acquitter le montant des contributions à l'entretien du Bureau international, soit en dollars U.S.A., soit en francs suisses.* »

Le Comité, à l'unanimité, adopte ce projet de résolution.

C'est en vertu de la lettre mentionnée dans cette Résolution, précise le Directeur du Bureau, que le Bureau reçoit déjà maintenant la plupart des contributions en dollars, et qu'il les transforme au fur et à mesure des besoins en francs français au marché libre. D'après les avis déjà obtenus par correspondance de M. le PRÉSIDENT et M. le SECRÉTAIRE du Comité, c'est sur le taux de conversion qui en résulte que sont calculés les traitements du Bureau; M. PÉRARD en profite pour demander l'approbation de tout le Comité sur ce point.

Le Comité se déclare pleinement d'accord.

M. PÉRARD indique que, avec l'assentiment de M. le PRÉSIDENT du Comité, la Résolution votée par le Comité

dans sa séance du 8 octobre (p. 66), au sujet de la valeur en devises monétaires des contributions fixées en francs-or, n'a pas été proposée au vote de la Conférence en raison d'une lettre du Ministère des Finances de France, transmise par le Ministère des Affaires Étrangères, parvenue au Bureau international le 19 octobre, et d'après laquelle les Finances françaises n'étaient pas disposées à donner leur accord au premier alinéa de cette Résolution.

M. PÉRARD informe le Comité qu'il atteindra l'âge de la retraite en septembre 1950, époque où le Comité devrait tenir sa prochaine session. Il serait donc utile, ou d'avancer cette session, ou de la reculer après l'entrée en fonctions du nouveau directeur. En même temps, il y aurait lieu de fixer les dates des prochaines sessions des Comités consultatifs.

M. le PRÉSIDENT propose de réunir ces derniers vers la fin de mai 1950, et le Comité international au début de juin, afin de ne pas obliger les membres étrangers du Comité international, qui font partie des Comités Consultatifs, à un double voyage à Paris.

Cette proposition est adoptée par le Comité.

M. DEHALU lit les procès-verbaux des deux dernières séances, qui sont adoptés après quelques modifications de rédaction.

Le Comité donne pouvoir à MM. SEARS, DEHALU et PÉRARD d'approuver le procès-verbal de la présente séance.

M. le PRÉSIDENT déclare close la présente session.

La séance est levée à 12<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

---

ANNEXE I.

---

SUR

LA DOTATION ANNUELLE

DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

LETTRE-CIRCULAIRE

A TOUS LES MEMBRES DU COMITÉ

MONSIEUR LE ... ET CHER COLLÈGUE

Vous vous rappelez que la question de l'augmentation de la dotation annuelle du Bureau International avait été discutée dans la session du Comité International d'octobre 1946 (Voir Procès-Verbaux, pp. 123 à 125). La nécessité absolue d'une augmentation de 50000 francs-or avait été généralement admise; mais, dans la Résolution votée, aucun chiffre n'a été inscrit,

.... Et il est bien certain que le délabrement actuel des finances de la plupart des États contractants doit nous inciter à une prudence extrême dans les demandes d'augmentation que nous avons à formuler, quoique celle-ci ne représente qu'une somme infime dans le budget de l'un quelconque des États contractants.

C'est pourquoi nous sommes amenés, non seulement à réduire de moitié l'augmentation qui avait été envisagée, mais encore à admettre que celle-ci ne deviendra effective qu'après que le Japon et l'Allemagne auront repris leurs paiements réguliers.

Comme, d'autre part, il est nécessaire que les Gouvernements puissent, sur ce sujet délicat, donner en connaissance de cause à leurs délégués des instructions précises, nous croyons devoir soumettre au vote par correspondance de tous les Membres du Comité, l'approbation du Rapport ci-inclus, qui sera envoyé ensuite à toutes les Ambassades et Légations.

Ayez donc l'obligeance de nous répondre au Pavillon de

Breteuil, à Sèvres (S.-et-O.), France, le plus tôt qu'il vous sera possible, afin que les Gouvernements eux-mêmes soient dès à présent saisis de la question.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le \_\_\_\_\_ et cher Collègue, l'expression de nos sentiments sincèrement dévoués.

Visé, le 13 juin 1948.

Hampton Hill, le 15 juin 1948.

*Le Secrétaire  
du Comité International  
des Poids et Mesures,*

M. DEHALU.

*Le Président  
du Comité International  
des Poids et Mesures,*

J. E. SEARS.

---

## RAPPORT

En 1927, la Septième Conférence Générale a fixé la dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures à 125 000 francs-or, ce chiffre pouvant être porté à un maximum de 150 000 francs-or par décision unanime du Comité International des Poids et Mesures.

En fait, dès l'année 1928, le Comité International a jugé indispensable de porter la dotation à 150 000 francs-or.

Depuis cette date, c'est-à-dire depuis 20 ans, aucune modification n'est intervenue.

Cependant, dans cette même période, les attributions du Bureau International ont reçu une extension importante.

Conformément aux stipulations de l'article 7 de la Convention de 1921, la Septième Conférence Générale a chargé notre Institut « de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des « étalons nationaux ou d'autres étalons de précision ».

Deux salles du nouvel Observatoire sont affectées aux études sur les unités électriques, dont un des adjoints du Bureau est spécialement chargé, avec l'aide d'un calculateur.

Depuis 1937, un autre nouveau service a été créé, concernant les unités photométriques. Deux salles, situées dans le sous-sol du nouvel Observatoire, ont été aménagées et équipées en vue



de ces recherches, qui absorbent la plus grande part de l'activité d'un adjoint et d'un assistant.

Il convient également de signaler le développement des procédés interférentiels pour la détermination des étalons de longueur.

Ces accroissements du domaine des études scientifiques entraînent évidemment une augmentation correspondante des dépenses, en achats et frais d'entretien des instruments et du matériel indispensables, et en rémunération d'un personnel plus nombreux. Il suffit d'indiquer, qu'entre 1927 et 1948, l'effectif des fonctionnaires et employés du Bureau a exactement doublé (16 au lieu de 8).

Un fait démontre encore l'insuffisance de la dotation actuelle; c'est seulement grâce à une subvention de l'UNESCO qu'on a pu entreprendre depuis un an, au Pavillon de Breteuil, des expériences en vue de la détermination de la pesanteur.

Dans sa séance du 26 octobre 1946, le Comité International des Poids et Mesures a adopté la décision de proposer à la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures une augmentation de la dotation annuelle du Bureau.

Toutefois, le Comité qui, en discussion, avait arrêté le chiffre de 50000 francs-or comme représentant l'augmentation nécessaire, a considéré qu'il n'était pas opportun, deux ans avant la réunion de la Conférence Générale, de fixer le montant du relèvement demandé.

Si l'on ne tenait compte que des besoins du Bureau International, la somme ci-dessus apparaîtrait bien modeste. Mais l'on ne peut négliger le fait que, dans la période actuelle, bien des États éprouvent les plus sérieuses difficultés financières, et qu'en conséquence, il convient, au moins momentanément, de limiter la demande de relèvement de la dotation au minimum strictement indispensable, soit 25000 francs.

Le chiffre de la dotation serait ainsi porté, en principal, de 150000 à 175000 francs-or; et encore, comme nous allons le voir, cette augmentation n'aurait-elle pas un effet immédiat.

A l'heure actuelle, deux grands pays, le Japon et l'Allemagne, sont dans l'incapacité d'acquitter le montant de leurs contributions. En 1946, le Comité a déjà décidé, par application de l'Article 6 du Règlement annexé à la Convention, de répartir entre les États contractants le montant de la cotisation du Japon.

Il est à peu près certain que, dans sa prochaine session, le Comité se trouvera dans la nécessité de prendre la même mesure en ce qui concerne l'Allemagne.

Il en résultera, pour les autres États membres de la Convention du Mètre, une augmentation temporaire de 25 % du montant de leur contribution normale.

Dans ces conditions, il ne conviendrait sans doute pas de rendre simultanément effectif le relèvement de la dotation, qui représente à lui seul 17 % des cotisations.

Les propositions du Comité sont en définitive les suivantes :

1° Augmentation de 25 000 francs-or du montant de la dotation (partie principale), qui passerait ainsi de 150 000 à 175 000 francs-or.

2° Report de l'application de cette disposition jusqu'à la date où le Japon et l'Allemagne auront pu reprendre leurs paiements statutaires.

Tel est le projet que (1) le Comité International des Poids et Mesures a l'intention de soumettre à la Conférence Générale, et au sujet duquel il demande aux Gouvernements contractants de vouloir bien donner des instructions à leurs représentants.

*Pour le Comité International des Poids et Mesures :*

*Le Secrétaire,*

M. DEHALU.

*Le Président,*

J. E. SEARS.

Visé, le 13 juin 1948.

Hampton Hill, le 15 juin 1948.

---

(1) A l'unanimité des votes exprimés au 1<sup>er</sup> août 1948.

ANNEXE II.

RÉSOLUTIONS

concernant la Thermométrie et la Calorimétrie

(telles qu'elles ont été votées par la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures).

1. *En l'état actuel de la technique, le point triple de l'eau est susceptible de constituer un repère thermométrique avec une précision plus élevée que le « point de fusion de la glace ».*

*En conséquence, le Comité Consultatif estime que le zéro de l'échelle thermodynamique Celsius doit être défini comme, étant la température inférieure de 0,0100 degré à celle du point triple de l'eau pure.*

2. *Le Comité Consultatif admet le principe d'une échelle thermodynamique absolue ne comportant qu'un seul point fixe fondamental, constitué actuellement par le point triple de l'eau pure dont la température absolue sera fixée ultérieurement.*

*L'introduction de cette nouvelle échelle n'affecte en rien l'usage de l'Échelle Internationale, qui reste l'échelle pratique recommandée.*

3. **RÉSOLUTION.** — *L'unité de quantité de chaleur est le « joule ».*

**REMARQUE.** — *Il est demandé que les résultats d'expériences calorimétriques soient autant que possible exprimés en joules.*

*Si les expériences ont été faites par comparaison avec un échauffement d'eau (et que, pour une raison quelconque, on ne puisse éviter l'usage de la calorie), tous les renseignements nécessaires pour la conversion en joules doivent être fournis.*

*Il est laissé aux soins du Comité International, après avis du Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie, d'établir une table qui présentera les valeurs les plus précises que l'on peut tirer des expériences faites sur la chaleur spécifique de l'eau, en joules par degré.*

---

ANNEXE III.

PROJET D'ACCORD PROVISOIRE  
(Formal Agreement)

ENTRE

L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ÉDUCATION,  
LA SCIENCE ET LA CULTURE (UNESCO)

ET

LE COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (CIPM).

1. *Reconnaissance mutuelle.* — *a.* Le CIPM reconnaît l'UNESCO comme l'Organisation principale des Nations Unies dans le domaine des relations scientifiques internationales.

*b.* L'UNESCO reconnaît le CIPM comme une (1) organisation inter-gouvernementale compétente pour coordonner les travaux des Métrologistes, en vue du perfectionnement et de l'unification des Mesures dans le Monde.

2. *Liberté de l'information scientifique.* — Pour autant qu'il s'agira de tâches dont la réalisation correspond au programme de l'UNESCO, l'UNESCO fera le possible pour faciliter :

*a.* l'échange de renseignements scientifiques d'un pays à l'autre,

*b.* le passage des frontières du personnel scientifique du CIPM ainsi que des personnes invitées par ce dernier à collaborer à son œuvre,

*c.* le passage des frontières des instruments scientifiques.

---

(1) Le texte présenté à la Conférence Générale comportait « reconnaît le CIPM comme l'organisation inter-gouvernementale ... », d'où la remarque et la correction faites en séance de Conférence.

3. *Consultation mutuelle.* — L'UNESCO et le CIPM se consulteront de façon régulière sur toutes les questions relevant de leurs intérêts communs. A cet effet, le Directeur du CIPM assurera la liaison avec l'UNESCO, de même qu'un représentant de l'UNESCO pourra assurer la liaison avec le CIPM.

4. *Représentation réciproque.* — a. Un représentant de l'UNESCO sera invité à assister, en tant qu'observateur, à toutes les séances plénières de la Conférence Générale des Poids et Mesures et du Comité International des Poids et Mesures.

b. L'UNESCO invitera le CIPM à se faire représenter par un observateur à sa Conférence Générale.

c. L'UNESCO peut, en outre, inviter le CIPM à se faire représenter dans les Comités Consultatifs établis par sa Conférence Générale et s'occupant de questions relevant de la compétence du CIPM.

5. *Durée de l'accord.* — Le présent accord provisoire est conclu pour une période d'un an. Il entrera en vigueur lorsque, ayant été approuvé par les organes compétents de l'UNESCO et du CIPM, il aura été signé par le Directeur Général de l'UNESCO et par le Président et le Secrétaire du CIPM.

---

ANNEXE IV.

PROPOSITION

DE M. JOHN WENNERBERG

Nom des unités de mesure impliquant des puissances de 10  
Résumé et Propositions  
(Traduit de l'anglais)

A. *Résumé.*

En dehors des préfixes d'usage courant pour les puissances entières de 10, qui s'étendent de kilo (k) à milli (m), et qui comprennent de plus mega (M) et micro ( $\mu$ ), signifiant littéralement *grand* et *petit*, il semble exister maintenant un intérêt croissant en faveur de giga (G) pour  $10^9$ , tera (T) pour  $10^{12}$ , nano (n) pour  $10^{-9}$ , et pico (p) pour  $10^{-12}$ , signifiant *géant*, *monstrueux*, *nain* et *petit*.

Le choix arbitraire de ces noms souffre de l'inconvénient de ne pas fournir une aide adéquate à la mémoire. Il y a aussi des cas où l'on aurait besoin de puissances intermédiaires de 10, par exemple dans le domaine des radiofréquences, pour certaines unités C. G. S. et aussi pour certaines unités M. K. S., etc. (Voir la première partie de l'article complet.)

La deuxième partie de l'article contient un tableau I, indiquant les noms donnés dans diverses langues aux nombres de 4 à 12. Il apparaît que certains mots conviennent particulièrement pour servir de base à des préfixes internationaux; car ils évoquent la valeur des exposants des diverses puissances de 10. Les préfixes proposés sont énumérés dans le tableau II. On notera que les noms des puissances positives se terminent par *o*, tandis que les noms des puissances négatives se terminent par *i* (excepté le préfixe micro, consacré par l'usage). Les préfixes ont été choisis de telle sorte que leur lettre initiale, écrite en capitales, puisse

être utilisée pour la désignation des puissances positives sans aucun risque de confusion avec d'autres désignations. Les puissances négatives sont notées par la lettre minuscule correspondante suivie de *i*.

L'application pratique des noms et des symboles proposés est illustrée dans la troisième partie de l'article. Les domaines de radiofréquence peuvent être désignés par quartofréquences, pentafréquences, etc. L'unité C. G. S. de tension peut être exprimée par 1 octivolt (oiv), et l'unité M. K. S. de champ magnétique par 1 quartogauss (Qgs). Dans les cas où le mégawattheure (MWh) serait jugé une trop petite unité d'énergie, le nonowattheure (NWh) peut être utilisé à sa place, etc.

La quatrième partie traite de l'extension du système au delà de  $10^{12}$  et  $10^{-12}$ .

La cinquième partie donne certaines conclusions générales, et rejette la crainte que nos ressources alphabétiques soient épuisées pour les besoins futurs, si les présentes propositions étaient adoptées.

### B. Propositions.

Les noms et symboles suivants sont proposés comme préfixes pour les unités de mesure.

<i>deca</i>	<i>D</i>	$10$	<i>deci</i>	<i>d</i>	$10^{-1}$
<i>hecto</i>	<i>h</i>	$10^2$	<i>centi</i>	<i>c</i>	$10^{-2}$
<i>kilo</i>	<i>k</i>	$10^3$	<i>milli</i>	<i>m</i>	$10^{-3}$
quarto	<i>Q</i>	$10^4$	quarti	<i>qi</i>	$10^{-4}$
penta	<i>P</i>	$10^5$	penti	<i>pi</i>	$10^{-5}$
<i>mega</i>	<i>M</i>	$10^6$	<i>micro</i>	<i>mi</i>	$10^{-6}$
septo	<i>S</i>	$10^7$	septi	<i>si</i>	$10^{-7}$
octo	<i>O</i>	$10^8$	octi	<i>oi</i>	$10^{-8}$
<i>nono</i>	<i>N</i>	$10^9$	<i>noni</i>	<i>ni</i>	$10^{-9}$
zeno	<i>Z</i>	$10^{10}$	zeni	<i>zi</i>	$10^{-10}$
elvo	<i>E</i>	$10^{11}$	elvi	<i>ei</i>	$10^{-11}$
<i>tolvo</i>	<i>T</i>	$10^{12}$	<i>tolvi</i>	<i>ti</i>	$10^{-12}$

Les préfixes en italique seraient recommandés pour l'usage général, par exemple lorsque la grandeur de l'unité doit être changée en vue d'amener les valeurs numériques à un ordre de grandeur convenable.

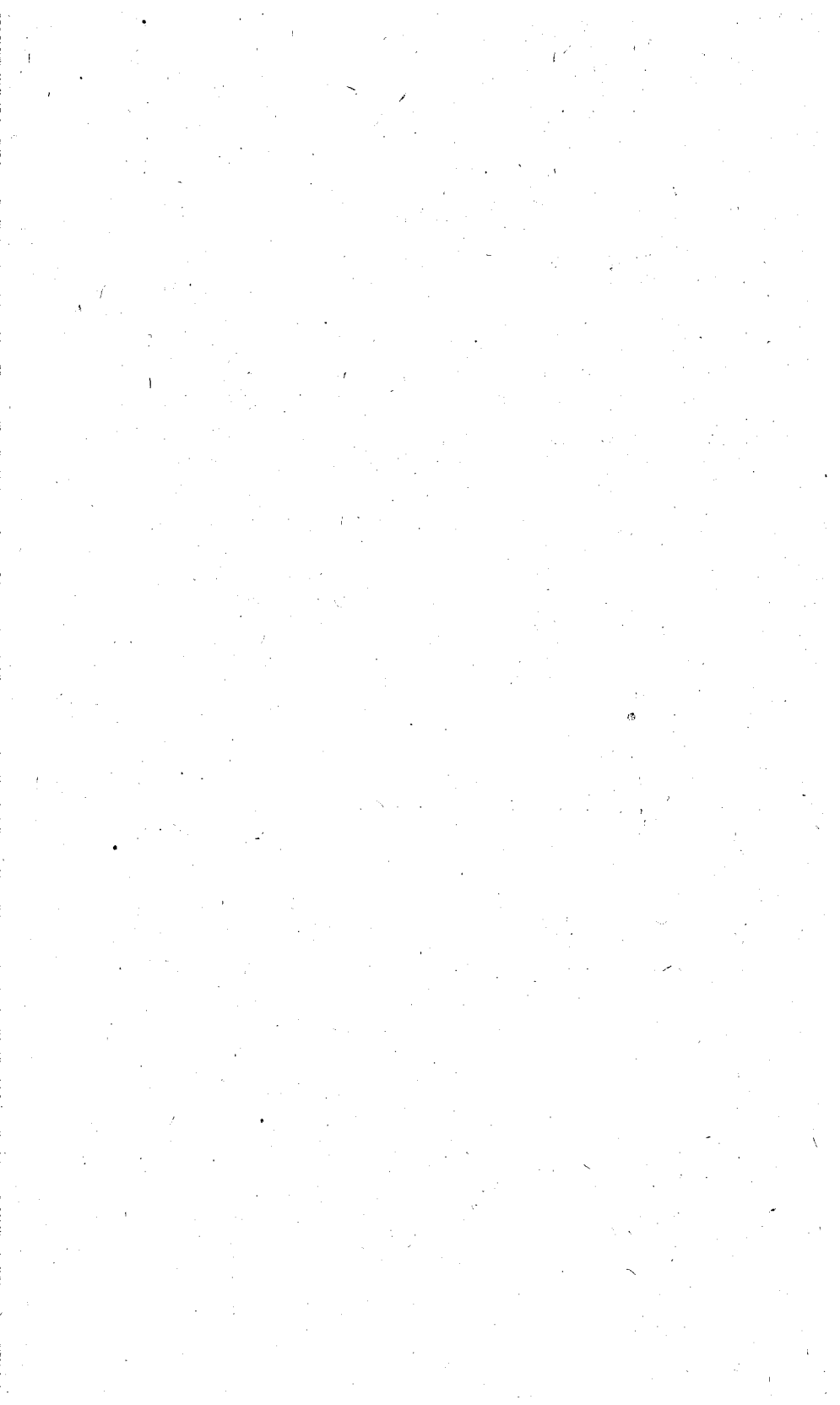


*Exemple.* — La série : wattheure (Wh), kilowattheure (kWh), mégawattheure (MWh), nonowattheure (NWh), tolvowattheure (TWh), utile pour spécifier diverses quantités de consommation d'énergie ou de ressources en énergie.

Les préfixes en caractères romains seraient utilisés dans des buts plus particuliers, par exemple lorsqu'une unité doit être désignée d'après l'unité correspondante d'un autre système, pourvu que le rapport des deux unités soit une puissance entière de 10.

*Exemple.* — Si l'unité de champ magnétique du système C.G.S. est 1 gauss (gs), l'unité M.K.S. correspondante est 1 quartogauss (Qgs).

*(Cette proposition a été renvoyée pour étude à une autre session du Comité.)*



**COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE**

**SESSION DE 1948.**

---

**PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES,**

**RAPPORT ET ANNEXES.**



---

**PRÉSIDENT**

du Comité international des Poids et Mesures :

M. J. E. SEARS.

---

**LISTE DES MEMBRES**

DU

**COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE.**

---

*Président :*

M. le Prof. D<sup>r</sup> W. J. DE HAAS, Directeur du Kamerlingh Onnes Laboratorium der Rijks-Universiteit, Rijnsburgerweg, 20, *Leiden*.

*Membres et experts :*

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :

M. le D<sup>r</sup> W. HEUSE, Président du Laboratoire de Thermométrie de la Reichsanstalt. *Expert* : M. le D<sup>r</sup> Helmut MOSER, Membre de la Reichsanstalt (Retardés dans leur voyage).

Pour le National Bureau of Standards, *Washington* :

M. le D<sup>r</sup> H. F. STIMSON, Physicien au National Bureau of Standards.

Pour le National Physical Laboratory, *Teddington* :

M. J. A. HALL, Membre du National Physical Laboratory. *Expert* : M. C. R. BARBER, Membre de ce Laboratoire.

Pour le Conservatoire National des Arts et Métiers, *Paris* :  
M. G. RIBAUD, Professeur de Physique à la Sorbonne:  
*Expert* : M. G.-A. BOUFRY, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers (Excusé).

Pour l'Électrotechnical Laboratory : à titre consultatif,  
désignés par le Scientific Research Institute, *Tokio*,  
MM. KINOSHITA et J. OISHI.

Pour l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S., *Léninegrad* :  
M. le Prof. A. C. KOLOSsov, Membre de l'Institut de  
Métrologie. *Expert* : M. ALESSINE, Membre du  
Comité des Mesures et des Appareils de Mesure de  
l'U. R. S. S.

M. le Prof. W. SWIETOSLAWSKI, Président de la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie, Wawelska 17, m. 146, *Varsovie*, 22 (Excusé).

M. le Prof. J. TIMMERMANS, Secrétaire de la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie, 35, avenue Émile Van Becelaere, *Boitsfort-lez-Bruzelles*.

M. le Prof. E. PERUCCA, Directeur de l'École Polytechnique, *Turin*.

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

*Invités :*

M. le Prof. J. DE BOER, Secrétaire de la Commission S.U.N. de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, Bunsenstraat, 98, *Amsterdam*.

M. le Prof. P. FLEURY, Secrétaire Général de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, 3 et 5, boulevard Pasteur, *Paris* (15<sup>e</sup>) (Excusé).

M. CH. VOLET, Sous-Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres*.

MM. A. BONHORE et J. TERRIEN, Adjointes du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres*.







COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE

---

SESSION DE 1948

---

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL

le mardi 25 mai 1948.

Présidence de M. le Professeur de HAAS.

---

Sont présents : MM. HALL, KOLOSOV, PÉRARD, PERUCCA, RIBAUD, STIMSON, TIMMERMANS, ALESSINE, BARBER, membres du Comité Consultatif et experts.

Assistent à la séance : MM. DE BOER, VOLET, BONHOURE, TERRIEN, invités.

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

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. PÉRARD qui, au nom du Bureau International, souhaite la bienvenue aux savants qui se sont dérangés pour assister à cette deuxième session du Comité Consultatif de Thermométrie. Sur la proposition de son Président, le Comité Consultatif adresse son salut à M. KEESOM avec ses vœux affectueux pour le rétablissement de sa santé. M. PÉRARD transmet aux membres présents les compliments et souhaits de succès qu'il a reçus de M. SEARS, Président du Comité International des Poids et Mesures. Il présente ensuite

les excuses de MM. BOUTRY, SWIETOSLAWSKI et de MM. KINOSHITA et OISHI, désignés par le Scientific Research Institute de Tokio. MM. HEUSE et MOSER, représentant la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, sur la présence desquels on comptait, ont probablement rencontré des difficultés imprévues pour leur voyage.

M. PÉRARD constate que le quorum prévu par le Règlement est atteint et que le Comité Consultatif peut, par conséquent, délibérer valablement. Il propose donc de nommer comme Secrétaire M. VOLET, qui sera aidé par M. TERRIEN pour la rédaction des Procès-Verbaux, et comme Rapporteur M. HALL, pour l'établissement du rapport à présenter au Comité International des Poids et Mesures. Ces nominations sont prononcées à l'unanimité.

Avant de passer à l'étude des points prévus à l'Ordre du Jour, M. PÉRARD veut insister sur la nécessité qu'il y aurait à ce que les Notes et documents qui doivent être étudiés par les membres du Comité Consultatif fussent remis un mois ou au moins 15 jours avant la session, afin que la traduction et la distribution des documents puissent être faites à temps. Il propose que les rapports qui forment la base de la discussion soient publiés intégralement, tandis que les autres, qui en forment des commentaires, soient publiés dans une forme résumée.

Ainsi en est-il décidé.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur la thermométrie des basses températures qui forme l'objet le plus important des questions qui se présentent au Comité Consultatif. Il rappelle les travaux importants de Giaque sur l'Échelle absolue des Températures, et montre tout l'intérêt théorique et expérimental d'une échelle à un seul point fixe. Avec celle-ci une température peut être mesurée au moyen de deux déterminations au lieu de trois dans le

système actuel. M. DE HAAS a développé son point de vue dans sa lettre du 30 avril 1938 à M. PÉRARD (Annexe 10, p. T 114).

M. PÉRARD souligne que, pour ses travaux, le Bureau International a besoin de pouvoir compter sur une échelle parfaitement définie jusqu'à l'ordre du millième de degré près dans l'intervalle de 0 à 30° environ. Il ne pourrait admettre que les formules de réduction qu'il a établies avec le plus grand soin ne fussent plus maintenant valables en toute précision. Il demande à ce propos si le chiffre qu'on admettra pour la position du point de glace dans l'Échelle Kelvin sera garanti à la précision nécessaire de un centième de degré près.

M. HALL partage ce point de vue et signale, à ce propos, que le point 100 peut être défini à 1 ou 2 millièmes de degré.

M. DE BOER assure que le point 30°, par exemple, sera mieux défini dans le système Giauque que dans le système actuel.

M. PERUCCA observe que la question revient à savoir s'il vaut mieux conserver l'intervalle fondamental exactement égal à 100 degrés, ou bien fixer définitivement le point de la glace dans l'échelle Kelvin.

Après un échange de vues auquel prennent part la plupart des membres présents, il est bien spécifié que l'on ne propose pas de modifier l'échelle pratique dite internationale, mais seulement l'échelle thermodynamique.

M. PÉRARD se déclare alors satisfait.

M. TIMMERMANS pense que, dans ce cas, la décision à prendre nécessite une étude et une discussion approfondie, non seulement de la part de ce Comité, mais aussi

d'autres organismes intéressés, et qu'en aucun cas une décision ne pourrait être prise aujourd'hui.

M. le PRÉSIDENT est aussi d'avis que des discussions, même privées, sont encore nécessaires sur ce sujet, et il passe à l'Ordre du Jour qui appelle l'examen de la question du point triple de l'eau. Il signale l'intérêt de substituer un point facilement reproductible à 1 dix-millième de degré près à un autre qui n'est qu'à 1 ou 2 millièmes.

M. PÉRARD dit que le Bureau International n'a pas encore une grande expérience du point triple, ce qui ne lui permet pas d'apporter tous les résultats désirables. Il voudrait alors être assuré que les expériences qui s'imposent ont bien été faites par ceux qui proposent actuellement le point triple. A-t-on fait varier toutes les modalités de l'expérience pour permettre d'affirmer qu'en toutes circonstances la température du fil du thermomètre est bien celle du point triple, malgré le courant qui parcourt le fil, et malgré le support dont la conductibilité calorifique n'est pas négligeable ? Cela paraît moins sûr qu'avec le point zéro ; car il existe dans le premier cas au moins une paroi de verre en plus qui sépare l'instrument de mesure du milieu dans lequel règne la température fixe de repère.

M. DE HAAS estime qu'on peut tenir le point triple pendant des jours.

M. RIBAUD reconnaît l'intérêt du point triple qui a l'avantage important d'être mieux défini. Il pense que le point de fusion de la glace n'est pas affranchi de la plupart des inconvénients attribués par M. Pérard au point triple.

M. HALL demande également si la conduction ther-

mique du thermomètre lui-même n'introduit pas des erreurs.

M. STIMSON répond à l'une des objections avancées en déclarant que les mesures au thermomètre à résistance se font au National Bureau of Standards avec des intensités de courant de 0,001 et 0,002 ampère, et l'on extrapole à zéro.

L'écart entre le point triple et le point zéro a été trouvé par lui égal à 0,00997 degré, alors que le résultat calculé est 0,00993 degré (0,00749 degré pour l'effet de la pression et 0,00244 pour l'air dissout).

M. TIMMERMANS pense que M. Swietoslowski, s'il était là, ferait des objections au point triple. Quant à lui, qui en était plutôt partisan, ce que lui a dit M. Stimson sur la reproductibilité remarquable du point zéro lorsqu'on utilise une technique bien étudiée propre à assurer la saturation de l'eau par l'air, il se demande maintenant s'il est vraiment opportun d'opérer le changement proposé.

M. KOLOSOV dit que l'Institut des Recherches Scientifiques de Métrologie de l'U. R. S. S. propose de maintenir l'ancien point zéro comme point fondamental et de ne mentionner le point triple que dans une remarque. M. TIMMERMANS serait disposé à appuyer cette proposition.

M. le PRÉSIDENT invite MM. les Membres du Comité Consultatif à exprimer leur avis. MM. HALL, RIBAUD et STIMSON se prononcent pour l'adoption formelle du point triple. MM. KOLOSOV, PÉRARD et TIMMERMANS proposent le maintien du point zéro et la mention du point triple dans une remarque. M. PERUCCA n'a pas d'avis basé sur l'expérience. En se plaçant au point de vue didactique, la question se pose sous la forme suivante : si l'on veut

baser la thermométrie sur l'échelle thermodynamique à un seul point fixe, on peut prendre le point triple, tandis que si l'on veut garder 100 degrés entre les points de glace et de vapeur de l'eau, il faut conserver le point zéro.

M. VOLET pense que l'adoption du point triple implique l'adoption d'une valeur pour l'écart qu'il présente avec le point zéro.

M. RIBAUD dit que les deux questions sont évidemment liées et qu'il faudrait se mettre d'accord sur la valeur de cette différence de température.

M. HALL signale que des expériences vont être faites au National Physical Laboratory.

M. le PRÉSIDENT pense que l'on peut attendre la prochaine séance pour se prononcer sur un texte précis et il ouvre la discussion sur la question de l'unité de chaleur.

M. PÉRARD rappelle que la Résolution votée à ce sujet par le Comité Consultatif en 1939, ne devait être présentée au Comité International qu'après une consultation des divers organismes intéressés.

Cette Résolution était la suivante (A<sub>1</sub>) :

a. « L'unité de quantité de chaleur est la quantité de chaleur « équivalente à l'unité d'énergie désignée sous le nom de « joule », « égale à 10<sup>7</sup> ergs.

b. « La calorie est équivalente à 3600/860 joules ou « 1/860 wattheure.

c. « Les termes précédemment employés de « calorie-kilo-gramme » et « grande calorie » sont remplacés par celui de « kilocalorie ». La kilocalorie se trouve ainsi égale à 1/860 kilo-wattheure.

REMARQUE 1. — « Le kilojoule est très voisin de l'unité de « chaleur britannique

$$1 \text{ BTU} = 1,055 \text{ kilojoule.}$$

REMARQUE 2. — « La calorie est pratiquement égale à l'ancienne calorie dite « à 15°C ».

REMARQUE 3. — « En l'état actuel de la technique, la manière la plus précise de mesurer les quantités de chaleur est d'opérer par comparaison avec les quantités équivalentes d'énergie électrique. »

Parmi les organismes à consulter, l'un, la Conférence des Steam Tables a cessé d'exister. Les deux autres, la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie, et l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, se sont réunies à Londres en juillet 1947 et ont adopté les projets de résolution respectifs suivants :

Pour la Commission des Données Physico-Chimiques (A<sub>2</sub>) :

a. « L'unité de quantité de chaleur est la quantité de chaleur équivalente à l'unité d'énergie désignée sous le nom de joule et égale à 10<sup>7</sup> ergs.

b. « Lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision, par comparaison avec la chaleur spécifique de l'eau à une certaine température θ°, elles seront évaluées en calories à θ°. L'auteur des mesures devra indiquer dans sa publication le facteur de conversion qu'il a choisi pour lier le joule à la calorie.

c. « Les termes précédemment employés de « calorie kilogramme » et « grande calorie » seront remplacés par celui de « kilocalorie. »

et pour l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (sa Commission S. U. N.) (A<sub>3</sub>) :

a. « L'unité de quantité de chaleur est le joule, égal à 10<sup>7</sup> ergs. (N. B. — « Cette proposition confirme celle déjà adoptée en 1934 par l'Assemblée générale de l'Union de Physique). »

b. « Il est demandé que tous les résultats d'expériences calorimétriques soient exprimés en joules, et que, si les expériences ont été faites par comparaison avec un échauffement

« d'eau, les températures extrêmes et le facteur de conversion  
« utilisé soient indiqués.

c. « Si pour une raison quelconque on ne peut éviter l'usage  
« d'une calorie, le facteur de conversion admis devra être  
« indiqué.

d. « Il est demandé que la Commission mixte des Constantes  
« physicochimiques du Conseil International des Unions scien-  
« tifiques provoque si possible une entente entre les spécialistes  
« des mesures de précision pour qu'ils emploient les mêmes fac-  
« teurs de conversion. »

M. DE BOER résume les propositions en présence et observe qu'il y a très peu de différence entre les deux dernières.

M. TIMMERMANS remarque qu'en général la tendance des physiciens est de réduire le nombre des unités. Cependant, les praticiens, ainsi qu'on le voit dans la question qui nous occupe, ont une tendance inverse. Il exprime, pour sa part, la crainte de voir une nouvelle unité de chaleur apporter de la confusion dans les résultats. Un très grand nombre de mesures calorimétriques se font par la méthode comparative, c'est-à-dire par rapport à l'eau, les résultats en sont précis, ils sont comparables entre eux. Si on les exprime ensuite en une autre unité avec un coefficient de transformation sujet lui-même à varier, on perdra le bénéfice de cette homogénéité à laquelle les physico-chimistes tiennent beaucoup.

M. DE HAAS reconnaît le bien-fondé des arguments apportés par M. TIMMERMANS, mais signale néanmoins que le National Bureau of Standards exprime tous ses résultats calorimétriques en joules sans inconvénient.

M. PERUCCA dit que le joule est une unité bien définie, alors qu'il existe plusieurs calories selon la température de référence choisie. Il pense, à ce propos, qu'il y aurait avantage pour les physico-chimistes à rapporter leurs



mesures à la chaleur spécifique de l'eau, dont on établirait avec soin une table en fonction de la température.

M. DE BOER pense que les mesures, même de chaleur de combustion, peuvent se faire par voie électrique avec une précision extrême de  $3 \cdot 10^{-5}$ , difficilement réalisable par comparaison avec l'eau.

M. STIMSON est aussi de cet avis. Il partage également l'opinion de M. Perucca quant à l'utilisation de la chaleur spécifique de l'eau. Il signale qu'aux États-Unis on se sert couramment de deux calories valant respectivement 4,1840 et 4,1867 joules.

M. PÉRARD fait remarquer, à propos de certains résultats qui ont été soumis à ce Comité, que les unités électriques dites internationales n'existent plus. Elles ont été remplacées, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1948, par les unités absolues.

M. DE BOER propose, si l'on crée une nouvelle calorie, de lui donner un nom, celui de « calorie absolue » par exemple. Mais il pense, ainsi que M. HALL, qu'une nouvelle unité de chaleur n'est pas nécessaire ; le joule peut suffire.

M. HALL pense que les spécialistes du National Physical Laboratory n'accepteront pas facilement l'expression « calorie absolue ». Quant à leur préférence au sujet de la rédaction d'une résolution, elle irait plutôt à celle proposée par l'Union de Physique Pure et Appliquée.

Un échange de vues s'engage sur les termes en lesquels une proposition pourrait être rédigée.

M. le PRÉSIDENT charge M. PÉRARD de préparer un texte, qui sera soumis à la prochaine réunion. Puis il lève la séance à 17<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

---

---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE

TENUE A L'INSTITUT D'OPTIQUE A PARIS

le jeudi 27 mai 1948.

PRÉSIDENCE DE M. LE PROFESSEUR DE HAAS.

---

Sont présents : MM. HALL, KOLOSsov, PÉRARD, PERUCCA, RIBAUD, STIMSON, TIMMERMANS, ALESSINE, BARBER, membres du Comité Consultatif et experts.

Assistent à la séance : MM. DE BOER, VOLET, BONHOURE, TERRIEN, invités.

La séance est ouverte à 14<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT donne la parole au Secrétaire pour la lecture du Procès-Verbal, qui est adopté.

Il ouvre ensuite la discussion sur les projets de résolution qui sont soumis au Comité.

M. PÉRARD expose que pour tenir compte des différentes opinions qui ont été exprimées au sujet du point triple au cours de la précédente séance, on a établi les deux rédactions suivantes :

## PROJET 1.

En l'état actuel de la technique, le point triple de l'eau est susceptible de constituer un repère thermométrique

avec une précision plus élevée que le point de fusion de la glace.

En conséquence, le Comité Consultatif estime que le zéro de l'échelle thermométrique centigrade doit être défini comme étant la température inférieure de 0,01 degré à celle du point triple de l'eau pure (de composition moyenne en eau lourde).

#### PROJET 1 bis.

Le Comité Consultatif estime que le point zéro de l'échelle thermométrique centigrade doit continuer d'être *défini* par le point de fusion de la glace.

Cependant, en l'état actuel de la technique, la réalisation pratique de ce repère peut se faire avec la plus grande précision au moyen du point triple de l'eau dont la température est de  $+ 0^{\circ},00993$ .

M. PÉRARD dit qu'il serait lui-même favorable au projet 1 bis, mais qu'il y a un tel concours d'opinions autorisées en faveur du projet 1 que personnellement il l'accepterait sans discussion.

M. VOLET exprime ses craintes de voir changer la définition d'un repère thermométrique aussi important que le point de glace qui joue un rôle primordial dans les définitions des unités fondamentales du Système Métrique. Il pense que le point de glace est physiquement aussi bien défini que le point triple. La réalisation technique du point triple est aujourd'hui plus précise. Prochainement ce sera peut-être le point de glace qui sera de nouveau plus facilement reproductible; M. Perucca a déjà entrevu la possibilité d'améliorer l'obtention de ce point (Annexe XVIII, p. T 141). Changera-t-on alors de nouveau la définition du zéro? Le projet 1 bis répond à ces objections; il

rend indépendant la *définition* du zéro des fluctuations de la technique thermométrique.

Après un échange de vues, le Comité Consultatif propose l'adoption du Projet 1 dans la rédaction suivante.

#### RÉSOLUTION I.

*En l'état actuel de la technique, le point triple de l'eau est susceptible de constituer un repère thermométrique avec une précision plus élevée que le « point de fusion de la glace ».*

*En conséquence, le Comité Consultatif estime que le zéro de l'échelle thermodynamique centésimale doit être défini comme étant la température inférieure de 0,0100 degré à celle du point triple de l'eau pure.*

La discussion est ensuite ouverte sur la rédaction d'une résolution relative à l'échelle thermodynamique. La valeur à adopter pour la température du point triple dans cette échelle est examinée et donne lieu à un échange de vues auquel prennent part tous les membres du Comité.

M. DE BOER répond à certaines objections en précisant que le nombre choisi servira de définition à la nouvelle échelle et qu'il ne sera par conséquent plus sujet à varier selon les résultats d'expériences nouvelles.

M. le PRÉSIDENT résume la discussion en faisant observer que cette question a soigneusement été étudiée en 1939, et que le peu d'expériences faites depuis ne saurait nous faire changer d'avis; en particulier, le nombre définitif obtenu par Beattie est pratiquement identique à celui qui avait déjà été communiqué en 1939. Il propose, en conséquence, d'adopter  $273^{\circ},16$  pour le point triple.

#### RÉSOLUTION II.

*Le Comité Consultatif admet le principe d'une échelle thermodynamique absolue ne comportant qu'un*

*seul point fixe fondamental, constitué actuellement par le point triple de l'eau pure, dont la température absolue est fixée à 273°,16.*

*L'introduction de cette nouvelle Échelle n'affecte en rien l'usage de l'Échelle Internationale, qui reste l'échelle pratique recommandée.*

*Dans l'état présent de la précision des mesures, la nouvelle échelle coïncide avec l'Échelle Thermodynamique Centésimale.*

M. PÉRARD attire l'attention sur l'expression « *admet le principe* » qui figure dans ce texte et qui reflète la réserve marquée par plusieurs membres du Comité à l'égard de cette Résolution.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur la Résolution relative à l'Unité de chaleur. Après quelques observations, celle-ci est adoptée sous la forme suivante :

### RÉSOLUTION III.

*L'unité de quantité de chaleur est le joule, égal à 10<sup>7</sup> ergs.*

REMARQUE. — *Il est demandé que les résultats d'expériences calorimétriques soient, autant que possible, exprimés en joules.*

*Cependant, lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision par un échauffement d'eau, on peut les exprimer en calories à une température déterminée.*

### ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE.

M. le PRÉSIDENT remercie le N. B. S. et le N. P. L. pour le gros travail qu'ils se sont imposé en vue de préparer la

discussion. Il propose que l'on examine point par point leurs importants rapports.

Il signale la difficulté qu'on rencontre souvent pour se procurer du platine pur, et souhaite que des échanges puissent être faits avec les laboratoires mieux placés à ce point de vue.

M. HALL dit, à ce propos, que la condition

$$R_{100}/R_0 > 1,392$$

est très difficile à réaliser et qu'on pourrait s'en tenir au rapport 1,391.

M. STIMSON précise que le platine doit être recuit.

A propos de la partie de l'échelle comprise entre les points de solidification de l'antimoine et de l'or, M. Barber attire l'attention sur les résultats obtenus au N. P. L. et sur le critère de pureté du platine-rhodié, qui a été établi sur la base d'expériences faites au N. B. S., au N. P. L. et à la P. T. R. Ces résultats seront publiés en Annexe (p. T 89); ils permettent de formuler un critérium meilleur que la spécification de la force électromotrice au point de fusion de l'or.

M. STIMSON se déclare d'accord.

La discussion porte ensuite sur la valeur de la constante  $C_2$ .

M. KOLOSOV indique que les spécialistes de l'U. R. S. S. estiment qu'il n'y a pas lieu de changer la valeur adoptée en 1939, soit 1,432 cm.degré, avant que de nouvelles expériences aient été faites.

M. le PRÉSIDENT dit que depuis la première session du Comité, des expériences importantes ont été faites, qui montrent que le nombre admis en 1939 est trop faible.

M. TERRIEN rend compte des documents reçus d'Alle-

magne, qui contiennent une conclusion identique. Cependant, il est signalé que si l'on prenait 1,438, le point de fusion de l'or deviendrait 1067°, et que ce fait a besoin, au préalable, d'être vérifié par des expériences avec le thermomètre à gaz.

M. RIBAUD précise que le point de l'or ne serait pas affecté par le changement de  $C_2$ , mais seulement les températures supérieures.

Le Comité se rallie à la proposition du N. B. S. de prendre la valeur  $C_2 = 1,438$  cm. degré.

M. le PRÉSIDENT ouvre ensuite la discussion sur la troisième partie du projet d'Échelle Internationale relative aux recommandations.

M. HALL spécifie que le montage du thermocouple doit être tel qu'il évite les tensions là où existent de forts gradients de température.

Au sujet des recommandations relatives à la pression, il propose un changement de rédaction, avec lequel M. Stimson est d'accord.

A propos du point triple, une discussion s'engage sur la pureté de l'eau et le lavage du verre. On conclut qu'il n'y a pas lieu de préciser cette pureté. La conductibilité électrique, en particulier, ne constitue pas un critère suffisant.

M. TIMMERMANS recommande de laver le verre avec un jet de vapeur d'eau.

M. KOLOSOV propose de supprimer le point de l'argent qui ne présente pas une précision suffisante et qui est trop près du point de l'or.

M. le PRÉSIDENT observe que cette question nécessite une étude approfondie. Elle n'a pu être faite par les

membres du Comité, qui en ont été informés trop tard. Il en est de même pour les documents japonais que M. Terrien présente, et pour une note que dépose M. Stimson sur la dépendance des coefficients dans les formules d'interpolation (Annexe XI, p. T 117). M. le Président recommande encore aux auteurs de remettre leurs documents bien avant la session.

M. PERUCCA, au nom des physiciens italiens, demande que des références bibliographiques soient données relativement aux travaux ayant servi de base pour l'établissement de l'Échelle Internationale 1948.

M. le PRÉSIDENT résume la discussion qui s'engage sur ce sujet, en demandant aux laboratoires qui ont une documentation de la communiquer au Bureau International, qui centralisera.

M. PÉRARD confirme que le Bureau International se chargera volontiers de cette tâche.

M. TIMMERMANS voudrait aussi que le Bureau International intervienne pour faciliter l'échange de publications actuellement difficiles à se procurer, afin que, dans une réunion comme celle-ci, tous les membres aient pu prendre connaissance à temps des travaux effectués dans les différents pays.

M. PÉRARD assure que le Bureau International s'efforcera d'améliorer cette situation dans la mesure de ses moyens.

M. TIMMERMANS remercie ses collègues du bon accueil qu'il a reçu au sein de cette assemblée de physiciens, comme représentant des physico-chimistes.

M. PÉRARD se fait l'interprète des membres du Comité pour adresser ses remerciements à M. le Professeur



DE HAAS pour la façon dont il a présidé cette session et dirigé les travaux.

M. le PRÉSIDENT remercie à son tour M. PÉRARD qui a eu toute la charge de la préparation de ces séances, et il félicite ses collègues pour la courtoisie qu'ils ont apportée dans les discussions.

La séance est levée à 18<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

---

---

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

Par M. J. A. HALL, Rapporteur.

---

Le Comité a tenu deux réunions, le mardi 25 mai 1948 à Sèvres, au Bureau International des Poids et Mesures, et le jeudi 27 mai à Paris, à l'Institut d'Optique, sur l'aimable invitation de son directeur : M. P. Fleury.

Étaient présents à ces réunions : M. le Professeur de Haas, Président; MM. Hall, Kolossov, Pérard, Pérucca, Ribaud, Stimson, Timmermans, membres du Comité; MM. Alessine et Barber, experts; MM. de Boer, Volet, Bonhoure et Terrien, invités.

M. Volet fut nommé Secrétaire et M. Hall, Rapporteur de la session.

**SUBSTITUTION DU POINT TRIPLE DE L'EAU COMME POINT  
FIXE FONDAMENTAL AU POINT DE FUSION DE LA GLACE.**

Le Comité a discuté la question de l'adoption du point triple de l'eau comme point fixe fondamental pour l'Échelle Internationale de Température. Les Membres estiment que la reproductibilité du point triple est supé-

rieure à celle du point de fusion de la glace; en conséquence, le Comité a adopté la résolution suivante :

#### RÉSOLUTION I.

*En l'état actuel de la technique, le point triple de l'eau est susceptible de constituer un repère thermométrique avec une précision plus élevée que le point de fusion de la glace.*

*En conséquence, le Comité Consultatif estime que le zéro de l'échelle thermodynamique centésimale doit être défini comme étant la température inférieure de 0,0100 degré à celle du point triple de l'eau pure.*

#### THERMOMÉTRIE DES TRÈS BASSES TEMPÉRATURES.

##### POSITION DU POINT DE FUSION DE LA GLACE

##### DANS L'ÉCHELLE KELVIN ET ADOPTION D'UNE ÉCHELLE DE TEMPÉRATURE A UN SEUL POINT FIXE.

Le Comité a examiné la suggestion de Giaque concernant l'adoption d'une échelle définie par l'intervalle entre le zéro absolu et le point triple de l'eau, au lieu de l'intervalle entre le point de fusion de la glace (ou le point triple) et le point d'ébullition de l'eau. Il reconnaît les avantages de ce procédé pour les travaux à très basses températures; mais il reconnaît aussi qu'aux températures plus élevées, il entraînerait une incertitude plus grande qu'à présent sur la valeur numérique des températures données dans l'échelle centigrade. La plus grande incertitude dans la valeur du degré qui résulterait actuellement de l'adoption du nouveau principe serait particulièrement désavantageuse, par exemple, pour la métrologie de précision. Il fut admis, en conséquence, qu'il serait nécessaire de conserver le système actuel pour l'Échelle Internationale, qui resterait l'échelle pratique. En principe, cependant, le

Comité donna son approbation à l'échelle définie par le zéro absolu et un seul autre point fixe.

Concernant la valeur assignée au point triple de l'eau dans l'échelle Kelvin, le Comité est d'avis, vu l'absence de résultats publiés depuis la session de 1939, qu'on peut retenir le nombre adopté en 1939, soit  $273,15^{\circ}\text{K}$  pour le point de fusion de la glace ou  $273,16^{\circ}\text{K}$  pour le point triple de l'eau.

La résolution suivante a été adoptée :

### RÉSOLUTION II

*Le Comité Consultatif admet le principe d'une échelle thermodynamique absolue ne comportant qu'un seul point fixe fondamental, constitué actuellement par le point triple de l'eau pure, dont la température absolue est fixée à  $273^{\circ},16$ .*

*L'introduction de cette nouvelle échelle n'affecte en rien l'usage de l'Échelle Internationale, qui reste l'échelle pratique recommandée.*

*Dans l'état présent de la précision des mesures, la nouvelle échelle coïncide avec l'Échelle Thermodynamique Centésimale.*

### L'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE (1948).

Les discussions du Comité sur l'Échelle Internationale de Température eurent pour base un mémorandum soumis par le National Bureau of Standards (U. S. A.) ainsi que des recommandations auxquelles il donna lieu de la part du National Physical Laboratory (Grande-Bretagne). Des commentaires ont été reçus de l'U. R. S. S. et du Japon; mais ils sont arrivés trop tard pour qu'il ait été possible de leur consacrer l'étude détaillée qui serait nécessaire

avant d'en tenir compte pour changer les spécifications de l'Échelle.

Les modifications proposées à l'Échelle de 1927 sont données ci-après :

*Point zéro.* — Le point zéro de l'Échelle reste la température d'équilibre entre la glace et l'eau saturée d'air; mais pour les travaux de haute précision, il est maintenant à réaliser par la détermination du point triple de l'eau auquel on a assigné la température de  $0^{\circ},0100\text{C}$ .

*Point de solidification de l'argent.* — Le point de solidification de l'argent a été porté de  $960^{\circ},5\text{C}$  à  $960^{\circ},8\text{C}$ . La nouvelle valeur proposée se trouve dans la limite de précision des déterminations au moyen du thermomètre à gaz et a l'avantage de réaliser une transition plus continue entre les portions de l'Échelle définies par le thermomètre à résistance et par le thermocouple. Il y a des raisons de penser que la transition avec la partie de l'Échelle basée sur le rayonnement est aussi rendue plus continue par ce changement.

*Limite inférieure de l'Échelle.* — Le Comité recommande que la limite inférieure de l'Échelle soit fixée au point d'ébullition de l'oxygène ( $-182^{\circ},97\text{C}$ ), au lieu de  $-190^{\circ}\text{C}$ , puisqu'il semble exister une différence mesurable, par rapport à l'échelle thermodynamique, entre ces deux températures.

*Transition entre le thermomètre à résistance et le thermocouple.* — La proposition faite en 1939 que la transition du thermomètre à résistance au thermocouple soit faite au point de solidification de l'antimoine ( $630^{\circ},5\text{C}$ ), au lieu de  $660^{\circ}\text{C}$ , a été confirmée. Le Comité propose cependant qu'il ne soit plus obligatoire d'effectuer le passage au moyen d'une détermination du point de solidi-

fication de l'antimoine, mais qu'il soit autorisé à effectuer dans ce but une comparaison directe entre le thermomètre à résistance et le thermocouple dans une enceinte isotherme à 630°,5C.

*Pureté des fils du thermomètre à résistance et du thermocouple.* — Il a été spécifié que le rapport  $R_{100}/R_0$  pour les fils de platine du thermomètre à résistance et du thermocouple ne doit pas être inférieur à 1,3910. Une nouvelle spécification relative à la relation entre les forces électromotrices aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or, a été ajoutée. Cette spécification a pour but d'assurer une bonne concordance de forme entre les courbes d'étalonnage obtenues avec des thermocouples de différentes provenances.

*Valeur de  $C_2$ .* — La valeur de  $C_2$  adoptée en 1927 était de 1,432 cm.degré. En 1939, on reconnut que ce nombre était certainement trop bas; la nouvelle valeur qui fut envisagée était 1,436; mais l'opinion du Comité fut que ce nombre ne pouvait lui-même pas être considéré comme définitif. En conséquence, il avait estimé qu'il était inopportun à cette date d'effectuer un changement. Aujourd'hui, le nombre qui semble le plus exact est 1,438, et le présent Comité recommande que cette valeur soit adoptée. Le changement de 1,432 en 1,438 conduira à des valeurs numériques un peu plus basses pour les hautes températures, la différence étant de 3 degrés à 1550°C et de 6 degrés à 2000°C. Les valeurs des points fixes secondaires proposés en 1939 ont été modifiées pour correspondre avec le changement proposé de  $C_2$ .

*Loi de Planck.* — Le Comité propose que la loi de Planck soit substituée à celle de Wien dans la définition de la partie de l'Échelle basée sur le rayonnement. Ce changement n'entraîne aucune différence appréciable dans

l'Échelle en dessous de 2500°C environ ; mais il rend possible l'usage de l'Échelle jusqu'aux plus hautes températures, pour lesquelles la loi de Wien devient inapplicable.

#### UNITÉ DE CHALEUR.

En 1939, le Comité Consultatif adoptait une résolution spécifiant que l'unité de chaleur était le joule, et que la calorie était définie comme étant égale à 3600/860 joules. Cependant, cette résolution n'a pu être acceptée par le Comité International après consultation de différents organismes intéressés. Parmi ceux-ci, la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie et l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée ont depuis lors adopté des résolutions qui n'acceptent pas la suggestion de définir la calorie en fonction du joule. Eu égard à ces points de vue, le Comité a maintenant adopté la résolution suivante :

#### RÉSOLUTION III.

*L'unité de quantité de chaleur est le joule, égal à  $10^7$  ergs.*

REMARQUE. — *Il est demandé que les résultats d'expériences calorimétriques soient autant que possible exprimés en joules.*

*Cependant, lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision par un échauffement d'eau, on peut les exprimer en calories à une température déterminée.*

---

TEXTE

DE

L'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE DE 1948

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION.

L'échelle Kelvin, dans laquelle les températures sont désignées par °K et identifiées par le symbole T, est reconnue comme l'échelle thermodynamique fondamentale à laquelle toute mesure de température doit pouvoir se rapporter finalement. Dans cette échelle, l'intervalle compris entre le point de fusion de la glace  $T_0$  et le point d'ébullition de l'eau  $T_{100}$  est 100 degrés. Par la présente déclaration, la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures adopte, en principe, l'échelle Kelvin, ainsi que l'échelle thermodynamique centésimale <sup>(1)</sup>, dans laquelle la température est égale à  $T - T_0$ . Tout intervalle de température exprimé dans l'une de ces échelles aura la même valeur numérique que lorsqu'on l'exprimera dans l'autre.

Les difficultés expérimentales inhérentes aux mesures de température dans l'échelle thermodynamique ont conduit à l'adoption, en 1927, par la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures, d'une échelle pratique qui a été désignée sous le nom d'Échelle Internationale de Température. Cette échelle devait s'accorder avec l'échelle thermodynamique centésimale aussi étroitement qu'il était possible dans l'état des connaissances à

---

(1) La Conférence Générale, qui s'est tenue en octobre 1948, a décidé de supprimer les mots « centésimale » et « centigrade », et de les remplacer par « Celsius ».



cette époque. Elle fut établie de façon qu'elle fût aisément et exactement reproductible, et qu'elle fournit la possibilité de spécifier toute température dans l'Échelle Internationale entre des limites beaucoup plus étroites que dans l'échelle thermodynamique.

L'Échelle définie ici représente la première révision de l'Échelle adoptée en 1927 et a été conçue en vue de réaliser une concordance aussi étroite que possible avec l'échelle thermodynamique centésimale telle qu'elle est connue actuellement, tout en y incorporant certaines améliorations basées sur l'expérience pour rendre l'Échelle plus uniforme et plus reproductible que celle qui l'a précédée.

Les modes opératoires par lesquels on devra réaliser l'Échelle sont en substance inchangés. Deux seulement des révisions de la définition de l'Échelle ont pour conséquence des changements appréciables dans la valeur numérique assignée aux températures mesurées. Le passage du point de l'argent de  $960^{\circ},5$  à  $960^{\circ},8\text{C}$  change les températures mesurées avec le thermo-couple étalon. L'adoption d'une valeur différente pour la constante de radiation  $C_2$  change toutes les températures supérieures au point de solidification de l'or, tandis que l'emploi de la formule de Planck, au lieu de la formule de Wien, affecte surtout les très hautes températures. La formule de Planck est conforme à l'échelle thermodynamique et élimine par conséquent la limite supérieure qui était imposée par la loi de Wien dans l'échelle de 1927.

D'autres modifications importantes, qui ne causent que peu ou pas de changement dans la valeur numérique de la température, mais qui servent à rendre l'Échelle mieux définie et mieux reproductible sont :

a. La terminaison d'une partie de l'Échelle au point de l'oxygène au lieu de —  $190^{\circ}\text{C}$ .

b. Le fractionnement de l'Échelle au point de solidification de l'antimoine (environ 630°C) au lieu de 660°C.

c. Les exigences pour une pureté supérieure du platine du thermomètre à résistance étalon et du thermocouple étalon et pour des limites permises plus étroites de la force électromotrice du thermocouple étalon au point de l'or.

L'Échelle définie par le thermomètre à résistance reste en substance identique à celle de 1927. Dans le domaine compris entre 630° et 1063°C, les valeurs numériques de la température sur l'Échelle de 1948 sont plus élevées que celles de l'Échelle de 1927, la différence maximum étant environ 0,4 degré près de 800°C.

Les températures sur l'Échelle Internationale de Température de 1927 étaient désignées par °C ou °C (Int.). Comme la désignation « °C » est conservée dans la présente révision, elle doit être appliquée, à l'avenir, aux températures de la dernière Échelle adoptée avant l'époque à laquelle la désignation est utilisée. Là où quelque doute pourrait surgir, la désignation doit être précisée sous la forme °C (Int. 1927) ou °C (Int. 1948).

## DEUXIÈME PARTIE.

### DÉFINITION DE L'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE DE 1948.

1. Les températures dans l'Échelle Internationale de Température de 1948 sont désignées par « °C » ou « °C (Int. 1948) » et représentées par le symbole *t*.

2. L'Échelle est fondée sur un certain nombre de températures d'équilibre fixes et reproductibles (points fixes)

auxquelles sont assignées des valeurs numériques, et sur des formules spécifiées établissant la relation entre la température et les indications des instruments étalonnés au moyen de ces points fixes.

3. Les points fixes et la valeur numérique assignée à chacun d'eux sont donnés dans le tableau I. Dans chaque cas ces valeurs définissent la température d'équilibre correspondant à une atmosphère normale, c'est-à-dire par définition 1013250 dynes/cm<sup>2</sup>. Le dernier chiffre décimal donné pour chacune des valeurs des points fixes primaires ne représente que le degré de reproductibilité de ce point fixe.

TABLEAU I.

*Points fixes fondamentaux et points fixes primaires  
sous la pression normale de 1013250 dynes/cm<sup>2</sup>.*

	Température °C.
a. Température d'équilibre entre l'oxygène liquide et sa vapeur (point d'ébullition de l'oxygène).	— 182,970
b. Température d'équilibre entre la glace et l'eau saturée d'air (point de fusion de la glace) (Point fixe fondamental).....	0
c. Température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur (point d'ébullition de l'eau) (Point fixe fondamental).....	100
d. Température d'équilibre entre le soufre liquide et sa vapeur (point d'ébullition du soufre)....	444,600
e. Température d'équilibre entre l'argent solide et l'argent liquide (point de solidification de l'argent).....	960,8
f. Température d'équilibre entre l'or solide et l'or liquide (point de solidification de l'or).....	1063,0

4. Les procédés d'interpolation conduisent à un partage de l'Échelle en quatre régions.

a. De 0°C au point de solidification de l'antimoine la température  $t$  est définie par la formule

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

dans laquelle  $R_t$  est la résistance à la température  $t$  du fil de platine entre les points de bifurcation formés par la soudure du conducteur de courant et du conducteur de potentiel d'un thermomètre étalon à résistance. La constante  $R_0$  est la résistance à 0°C, et les constantes  $A$  et  $B$  doivent être déterminées à partir des valeurs mesurées de  $R_t$  aux points d'ébullition de l'eau et du soufre. Le platine d'un thermomètre à résistance étalon doit être recuit et sa pureté doit être telle que  $R_{100}/R_0$  soit supérieur à 1,3910.

b. Du point d'ébullition de l'oxygène à 0°C la température  $t$  est définie par la formule

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3],$$

dans laquelle  $R_t$ ,  $R_0$ ,  $A$  et  $B$  sont déterminés de la même façon que ci-dessus en ( $\alpha$ ) et la constante  $C$  étant déterminée à partir de la valeur mesurée de  $R_t$  au point d'ébullition de l'oxygène.

c. Du point de solidification de l'antimoine au point de solidification de l'or, la température  $t$  est définie par la formule

$$E = a + bt + ct^2,$$

dans laquelle  $E$  est la force électromotrice d'un thermocouple étalon de platine et platine rhodié, lorsque l'une des soudures est à 0°C et l'autre à la température  $t$ . Les constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  doivent être déterminées à partir des valeurs mesurées de  $E$  aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or. L'antimoine utilisé

doit être tel que sa température de solidification, déterminée au moyen d'un thermomètre à résistance étalon, ne soit pas inférieure à 630°,3 C. On peut aussi étalonner le thermocouple par comparaison directe avec un thermomètre étalon à résistance, à une température comprise entre 630°,3 et 630°,7 C, au moyen d'une enceinte à température uniforme.

Le fil de platine du thermocouple étalon doit être recuit et d'une pureté telle que le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit supérieur à 1,3910. Le fil d'alliage doit contenir nominale-ment 90 pour 100 de platine et 10 pour 100 de rhodium en poids. Le thermocouple achevé doit donner aux points de solidification de l'antimoine (630°,5 C), de l'argent et de l'or, des forces thermoélectriques telles que l'on ait :

$$\begin{aligned} E_{Au} &= 10300 \pm 50 \mu V, \\ E_{Au} - E_{Ag} &= 1185 + 0,158(E_{Au} - 10310) \pm 3 \mu V, \\ E_{Au} - E_{Sb} &= 4776 + 0,631(E_{Au} - 10310) \pm 5 \mu V. \end{aligned}$$

d. Au-dessus du point de l'or, la température  $t$  est définie par la formule

$$\frac{J_t}{J_{Au}} = \frac{\frac{C_2}{e^{\lambda(t_{Au} + T_0)} - 1}}{\frac{C_2}{e^{\lambda(t + T_0)} - 1}},$$

dans laquelle :

$J_t$  et  $J_{Au}$  sont respectivement les énergies de rayonnement de longueur d'onde  $\lambda$  par intervalle unité de longueur d'onde, émises en une unité de temps par l'unité d'aire d'un corps noir, à la température  $t$  et au point de solidification de l'or  $t_{Au}$ .

$C_2$  est 1,438 cm. degré.

$T_0$  est la température du point de fusion de la glace en °K.

$\lambda$  est une longueur d'onde du spectre visible.

$e$  est la base des logarithmes népériens.

### TROISIÈME PARTIE.

#### RECOMMANDATIONS.

Les recommandations des paragraphes suivants sont des conseils plutôt que des prescriptions. Les appareils, les méthodes et les modes opératoires recommandés représentent une bonne pratique à l'époque actuelle, mais on n'a pas eu l'intention de retarder la mise au point et l'utilisation d'améliorations et de perfectionnements. L'expérience a montré que ces recommandations sont favorables à l'uniformité et à la reproductibilité dans la réalisation de l'Échelle de Température définie à la deuxième Partie.

1. *Thermomètre à résistance étalon.* — Un thermomètre à résistance étalon doit être conçu et construit de façon que le fil résistant de platine soit aussi dépourvu de tension qu'il est possible et qu'il reste dans cet état pendant son utilisation. Le fil de platine le plus convenable est celui qui est étiré à partir d'un lingot fondu et non d'une mousse martelée.

Des thermomètres satisfaisants ont été fabriqués avec du fil fin de 0<sup>mm</sup>,05 et du fil gros de 0<sup>mm</sup>,5 de diamètre, un court tronçon de chaque conducteur aboutissant à la résistance étant en platine et continuant sous la forme d'un fil d'or dans la région du gradient de température. La bobine de résistance du thermomètre une fois achevée doit être recuite dans l'air à une température qui ne soit pas inférieure à environ 450°C, ou, si elle doit être utilisée à des températures supérieures à 450°C, à une température supérieure à la température la plus élevée à laquelle elle doit être utilisée. Il est recommandé que le tube qui protège la bobine terminée soit rempli d'un gaz contenant un peu d'oxygène.

Un critérium utile qui sert de sauvegarde contre un

défaut de construction du thermomètre achevé et contre des erreurs dans l'étalonnage aux points fixes est que  $\frac{R_s - R_0}{R_{100} - R_0}$  (expression dans laquelle  $R_s$  est la résistance au point d'ébullition du soufre) doit être compris entre 4,2165 et 4,2180. D'une façon analogue, si le thermomètre est étalonné pour servir dans le domaine des températures inférieures à 0°C, le rapport  $\frac{R_s - R_0}{R_{100} - R_0}$  (expression dans laquelle  $R_0$  est la résistance au point d'ébullition de l'oxygène) doit être compris entre 6,143 et 6,144. La constance de la résistance à un point de référence, tel que le point triple de l'eau (ou le point de fusion de la glace), avant et après l'utilisation à d'autres températures, est aussi un précieux critérium de l'efficacité du recuit et de la fidélité du thermomètre en usage.

2. *Thermocouples étalons.* — Des thermocouples étalons satisfaisants ont été fabriqués avec des fils dont le diamètre n'était pas inférieur à 0<sup>mm</sup>,35, ni supérieur à 0<sup>mm</sup>,65. Avant l'étalonnage, les fils du couple doivent être recuits dans l'air pendant une heure à environ 1100°C. Le montage des fils du thermocouple doit être réalisé de telle sorte que soit évitée toute contrainte mécanique aux endroits où des gradients élevés de température risquent de se présenter.

3. *Pression.* — Les points fixes sont donnés comme la température d'équilibre à une pression de 1013250 dynes/cm<sup>2</sup>. Cette pression correspond à celle qu'exerce une colonne de mercure de 760<sup>mm</sup> de haut ayant une masse spécifique de 13,5951 g/cm<sup>3</sup>, et soumise à une attraction de gravitation de 980,665 dynes/gramme. Sauf pour les travaux de la plus haute précision, on peut admettre que le mercure pur du commerce à 0°C possède une masse spécifique de 13,5951 g/cm<sup>3</sup> en moyenne dans la colonne.

Dans les paragraphes suivants concernant les points fixes, les formules représentant la relation entre la pression  $p$ , au point milieu de la bobine de platine et la température d'équilibre correspondante  $t_p$  sont données sous deux formes. Le polynome est une forme commode lorsque la pression est voisine d'une atmosphère normale tandis que la forme logarithmique est applicable, ainsi qu'on le sait, dans un domaine beaucoup plus étendu. Ces deux formes sont données l'une et l'autre en fonction du rapport de  $p$  à  $p_0$  (pression normale) et sont par conséquent également utilisables, que  $p$  et  $p_0$  soient exprimés en dynes/cm<sup>2</sup> ou en millimètres de mercure à 0°C et sous l'attraction de 980,665 dynes/g.

4. *Point zéro de l'Échelle.* — La température 0°C peut être déterminée expérimentalement, avec une précision suffisante dans presque tous les cas, en utilisant un mélange de glace finement divisée et d'eau saturée d'air à 0° dans un vase bien isolé tel qu'un vase de Dewar. Il est cependant recommandé que, pour les travaux de la plus haute précision, le point zéro soit réalisé au moyen du point triple de l'eau, point auquel a été assignée la température de + 0°,0100C. Cette valeur est en accord avec tous les résultats expérimentaux acquis jusqu'ici à 0,0002 degré près.

a. *Réalisation du point triple de l'eau.* — La température d'équilibre entre la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau a été réalisée dans des ampoules de verre approprié ayant de 4 à 7<sup>cm</sup> de diamètre, présentant un puits rentrant axial pour les thermomètres et ne contenant que de l'eau d'une grande pureté. La quantité d'eau doit être telle qu'elle permette une immersion convenable du thermomètre et qu'elle assure l'existence des trois phases pendant les mesures. De telles ampoules, lorsqu'elles sont



préparées d'une façon convenable pour leur emploi, et qu'elles sont entièrement plongées dans un bain de glace ordinaire, ont été trouvées capables de maintenir une température constante pendant plusieurs jours à 0,0001 degré près.

Des ampoules ont été préparées pour être utilisées en refroidissant leur contenu dans son ensemble jusqu'à ce que de petits cristaux soient présents dans toute la masse du liquide. Une méthode à préférer consiste à congeler une couche épaisse de glace autour du puits par un refroidissement rapide de l'intérieur. Avec cette méthode l'eau au contact de la glace en voie de formation retient la plus grande partie des impuretés contenues initialement dans l'eau. Il en résulte un abaissement appréciable de la température à l'extérieur de cette couche, à moins que la pureté initiale de l'eau ne soit suffisamment élevée. Si l'on fait fondre alors une fine couche de glace pure au contact du puits, on produit une surface de contact entre de l'eau et de la glace très pures, ce qui fixe une température constante et reproductible à mieux que 0,0001 degré, si la température extérieure initiale n'est pas inférieure de plus de 0,001 degré à la température créée à l'intérieur après la fusion de la fine couche de glace.

La température d'équilibre  $t$  correspondant à la profondeur  $H$  (en millimètres) au-dessous de la surface vapeur-liquide peut être calculée d'après la formule

$$t = 0,0100 - 0,7 \cdot 10^{-6} H.$$

*b. Réalisation du point de fusion de la glace.* — En observant quelques précautions concernant la pureté de la glace et de l'eau, la saturation de l'eau à 0°C avec de l'air non contaminé et l'effet de la pression, on peut réaliser une température reproductible, à quelques dix-millièmes de degré près.

On peut calculer l'effet de la pression par la formule

$$t = 0,0099 \left( 1 - \frac{p}{p_0} \right) - 0,7 \cdot 10^{-6} H,$$

dans laquelle  $t$  est la température d'équilibre,  $p$  est la pression barométrique ambiante à laquelle l'eau est saturée par l'air,  $H$  est la profondeur en millimètres au-dessous de la surface du mélange eau et glace.

5. *Point d'ébullition de l'oxygène.* — La température d'équilibre entre l'oxygène liquide et sa vapeur est d'ordinaire réalisée par la méthode statique. La bobine de platine du thermomètre étalon et la surface libre de l'oxygène liquide dans son récipient sont amenés à la même température dans un cryostat convenable, qui peut être par exemple un bloc de métal dans un bain bien agité d'oxygène liquide. Le tube qui relie l'espace contenant l'oxygène liquide pur au manomètre utilisé pour la mesure de la pression de vapeur doit être protégé contre des températures inférieures à la température de l'oxygène liquide pur à l'endroit où se trouve le fil résistant du thermomètre étalon.

La température d'équilibre  $t_p$  correspondant à une pression  $p$  peut être trouvée avec une exactitude de quelques millièmes de degré dans tout le domaine compris entre  $p = 660$  et  $p = 860^{\text{mm}}$  de mercure au moyen de la formule

$$t_p = -182,970 + 9,530 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right) - 3,72 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 2,2 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^3$$

ou, avec la même exactitude, mais dans un intervalle plus étendu, par la formule

$$t_v = -182,970 + \frac{21,94 \log_{10} \frac{p}{p_0}}{1 - 0,261 \log_{10} \frac{p}{p_0}}$$

6. *Point d'ébullition de l'eau.* — La température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur est réalisée par la méthode dynamique, le thermomètre étant placé dans la vapeur saturée, avec des appareils de conceptions diverses, les uns fermés et les autres ouverts à l'atmosphère. Les systèmes fermés dans lesquels un hypsomètre et un manomètre sont reliés à un manostat de grand volume empli d'hélium sont préférables pour les étalonnages précis au point d'ébullition de l'eau. L'hypsomètre doit être disposé de façon que soient évités une surchauffe de la vapeur autour du thermomètre, une contamination par l'air ou par d'autres impuretés, et les effets de radiation. On peut juger, que la température d'équilibre a été atteinte lorsque la température observée, ramenée à une pression constante, est indépendante du temps écoulé, des variations dans le débit de chaleur fourni au liquide, des variations des pertes de chaleur par les parois et de la profondeur d'immersion du thermomètre.

La température d'équilibre  $t_p$  correspondant à une pression  $p$  peut être obtenue avec une exactitude de 0,001 degré dans tout le domaine compris entre  $p = 660$  et  $p = 860^{\text{mm}}$  de mercure au moyen de la formule

$$t_p = 100 + 28,012 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right) - 11,64 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 7,1 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^3$$

ou, avec la même exactitude, mais dans un intervalle plus étendu, par la formule

$$t_p = 100 + \frac{64,500 \log_{10} \frac{p}{p_0}}{1 - 0,1979 \log_{10} \frac{p}{p_0}}$$

7. *Point d'ébullition du soufre.* — Le soufre utilisé dans un appareil à point d'ébullition du soufre ne devrait pas contenir plus de 0,005 pour 100 d'impuretés. Le sélénium et l'arsenic sont les impuretés dont la présence a été trouvée la plus probable en quantité suffisante pour affecter la température d'équilibre d'une façon notable.

Dans le type usuel d'appareil pour point d'ébullition du soufre qui s'est montré satisfaisant pour une exactitude de 0,01 à 0,02 degré, le soufre est contenu dans un tube de verre, de silice fondue, ou d'une substance analogue, ayant un diamètre intérieur de 4 à 5<sup>cm</sup>. La longueur du tube est déterminée par la considération que la colonne de vapeur doit être assez longue pour que l'on puisse installer un écran contre le rayonnement et pour permettre la profondeur d'immersion requise du thermomètre à résistance. Un chauffage électrique est préférable. Au-dessus de la source de chaleur le tube est entouré d'un isolant thermique.

Dans un travail récent dans lequel on désirait une exactitude d'environ 0,001 degré, le thermomètre n'était pas immergé directement dans la vapeur de soufre, mais dans un puits thermométrique en aluminium, ce qui adaptait ainsi l'appareil à son emploi avec un système clos. Le puits thermométrique est muni d'un ou plusieurs écrans contre le rayonnement, conçus de telle sorte que l'intérieur de l'écran soit presque un corps noir, mais avec de larges ouvertures pour la circulation de la vapeur de soufre dans tout l'intérieur. Un chauffage électrique était installé pour régler les pertes de chaleur par les parois.

On peut juger que les températures d'équilibre ont été atteintes lorsque les températures observées, ramenées à une pression constante, sont indépendantes du temps écoulé, des variations du débit de la chaleur fournie au

liquide, des variations des pertes de chaleur par les parois et de la profondeur d'immersion du thermomètre.

La température d'équilibre  $t_p$ , qui correspond à une pression  $p$ , peut être obtenue avec une exactitude d'environ 0,001 degré dans tout le domaine qui s'étend de  $p = 660$  à  $p = 800^{\text{mm}}$  de mercure au moyen de la formule

$$t_p = 444,6 + 69,010 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right) - 27,48 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 19,14 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^3,$$

ou, dans un intervalle plus étendu, par la formule

$$t_p = 444,6 + \frac{158,92 \log_{10} \frac{p}{p_0}}{1 - 0,234 \log_{10} \frac{p}{p_0}}.$$

#### 8. Points de solidification de l'argent et de l'or. —

Nos connaissances sur l'effet des impuretés les plus probables dans de l'argent ou de l'or soigneusement purifiés indiquent que l'addition de 0,01 pour 100 d'impureté métallique en poids à de l'argent pur ou de 0,005 pour 100 à de l'or pur ne changent probablement pas le point de solidification de plus de 0,1 degré dans l'un et l'autre cas.

Pour l'étalonnage d'un thermocouple, le métal est contenu dans un creuset de graphite pur ou d'une autre matière réfractaire qui ne le contamine pas. Des creusets de graphite artificiel, ayant environ 3<sup>cm</sup> de diamètre intérieur et 15<sup>cm</sup> de profondeur avec une paroi d'environ 1<sup>cm</sup> d'épaisseur, ont été trouvés très satisfaisants. La quantité de métal utilisée dans un tel creuset est de 1600<sup>g</sup> d'or ou de 900<sup>g</sup> d'argent environ. L'argent, pendant qu'il est chaud, doit être protégé contre l'oxygène.

Le creuset et le métal sont placés dans un four capable de chauffer son contenu à une température uniforme.

Le métal est fondu et amené à une température uniforme quelques degrés au-dessus de son point de fusion, puis on le laisse refroidir lentement.

Le thermocouple, monté dans un tube de porcelaine comportant des isolateurs de porcelaine qui séparent les deux fils, est immergé dans le métal en fusion à travers un trou ménagé au centre du couvercle du creuset.

La profondeur d'immersion doit être telle que la force électromotrice observée du thermocouple ne change pas de plus de 1 microvolt lorsque la profondeur de l'immersion est augmentée ou diminuée de 1<sup>cm</sup>. Pendant la solidification, la force électromotrice doit rester constante dans les limites de 1 microvolt pendant une durée d'au moins 5 minutes.

9. *Point de solidification de l'antimoine.* — Le mode opératoire à observer pour utiliser le point de solidification de l'antimoine comme température d'étalonnage est essentiellement le même que celui qui a été spécifié pour les points de solidification de l'argent et de l'or. L'antimoine a une tendance marquée à rester en surfusion avant de se solidifier. La surfusion ne sera pas excessive si l'on ne chauffe le métal que quelques degrés au-dessus de son point de fusion et si l'on agite le métal liquide. Pendant la solidification, la force électromotrice doit rester constante dans les limites de 1 microvolt pendant une durée d'au moins 5 minutes.

10. *Température du point de fusion de la glace dans l'échelle Kelvin.* — En vue de l'uniformité il est recommandé d'adopter comme température du point de fusion de la glace dans l'échelle Kelvin 273°,15 K (1).

---

(1) Ce nombre de 273°,15 K n'a pas été ratifié par le Comité international, ni par la Conférence Générale. La décision fixant la dernière décimale a été ajournée.

QUATRIÈME PARTIE.

RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES.

1. *Formules résistance-température.* — La formule d'interpolation pour l'intervalle compris entre 0°C et le point de solidification de l'antimoine, qui est la suivante dans la définition de l'Échelle

$$R_t = R_0(1 + A t + B t^2),$$

peut être écrite sous la forme de Callendar,

$$t = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

dans laquelle

$$\alpha = \frac{1}{100} \left( \frac{R_{100}}{R_0} - 1 \right).$$

Les relations entre les coefficients sont :

$$A = \alpha \left( 1 + \frac{\delta}{100} \right), \quad \alpha = A + 100B,$$

$$B = -\frac{\alpha \delta}{100^2}, \quad \delta = -\frac{100^2 B}{A + 100B}.$$

La condition que  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit supérieur à 1,3910 est équivalente à spécifier que  $\alpha$  doit être supérieur à 0,003910.

La condition que  $\frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0}$  soit compris entre 4,2165 et 4,2180 est équivalente à spécifier que  $\delta$  soit compris entre 1,488 et 1,498.

D'une façon analogue, la formule d'interpolation pour l'intervalle compris entre 0°C et le point d'ébullition de l'oxygène, qui est la suivante dans la définition de l'Échelle

$$R_t = R_0[1 + A t + B t^2 + C(t - 100)t^3]$$

peut être écrite sous la forme de Callendar-Van Dusen

$$t = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} + \beta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \left( \frac{t}{100} \right)^3.$$

Les relations entre A, B et  $\alpha$ ,  $\delta$  sont les mêmes que ci-dessus et les autres relations sont

$$C = -\frac{\alpha\beta}{100^4} \quad \text{et} \quad \beta = -\frac{100^4 C}{A + 100B}.$$

La condition que  $\frac{R_s - R_{0.2}}{R_{100} - R_0}$  soit compris entre 6,143 et 6,144 est équivalente à spécifier que  $0,5852\delta - \beta$  soit compris entre 0,7656 et 0,7598.

2. *Points fixes secondaires.* — En plus des six points fixes fondamentaux et primaires, on peut disposer d'un certain nombre d'autres points fixes, qui peuvent être utiles en certaines occasions. Quelques-uns de ces points fixes, parmi les plus constants et reproductibles, ainsi que leur température dans l'Échelle Internationale de Température de 1948, sont groupés dans le Tableau II. Les températures données sont celles qui correspondent à la pression d'une atmosphère normale, excepté pour les points triples de l'eau et de l'acide benzoïque. Les formules donnant la variation de la température avec la pression sont destinées à être utilisées dans tout le domaine qui s'étend de  $p = 680$  à  $p = 780^{\text{mm}}$  de mercure.

TABLEAU II.

*Points fixes secondaires  
sous la pression d'une atmosphère normale  
(sauf pour les points triples).*

	Température °C. (Int. 1948).
Température d'équilibre entre l'anhydride carbonique solide et sa vapeur.....	— 78,5
$t_p = -78,5 + 12,12 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right) - 6,4 \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right)^2.$	
Température de solidification du mercure.....	— 38,87
Température d'équilibre entre la glace, l'eau et sa vapeur (point triple).....	0,1000



TABEAU II (suite).

	Température °C. (Int. 1948).
Température de transition du sulfate de sodium décahydraté.....	32,38
Température du point triple de l'acide benzoïque.....	123,36
Température d'équilibre entre le naphthalène et sa vapeur.....	218,0
$t_p = 218,0 + 44,4 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right) - 19 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)^2$ .	
Température de solidification de l'étain.....	231,9
Température d'équilibre entre le benzophénone et sa vapeur.....	305,9
$t_p = 305,9 + 48,8 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right) - 21 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)^2$ .	
Température de solidification du cadmium.....	320,9
Température de solidification du plomb.....	327,3
Température d'équilibre entre le mercure et sa vapeur.....	356,58
$t_p = 356,58 + 55,552 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right) - 23,03 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)^2 + 14,0 \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)^3$ .	
Température de solidification du zinc.....	419,5
Température de solidification de l'antimoine.....	630,5
Température de solidification de l'aluminium.....	660,1
Température de solidification du cuivre en atmosphère réductrice.....	1083
Température de solidification du nickel.....	1453
Température de solidification du cobalt.....	1492
Température de solidification du palladium.....	1552
Température de solidification du platine.....	1769
Température de solidification du rhodium.....	1960
Température de solidification de l'iridium.....	2443
Température de fusion du tungstène.....	3380

3. Relation entre l'Échelle Internationale de Température de 1948 et l'échelle centésimale thermodynamique. — A l'époque de l'adoption de l'Échelle Interna-

tionale de Température de 1927, les données dont on disposait étaient insuffisantes pour prouver des différences certaines entre cette Échelle et l'échelle centésimale thermodynamique. Les recherches antérieures telles que celles qui ont été publiées en 1911 par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt n'indiquaient pas de différences dépassant 0,05 degré dans l'intervalle compris entre 0° C et le point d'ébullition du soufre.

Des recherches récentes au Massachusetts Institute of Technology indiquent des différences plus grandes entre 200° C et le point d'ébullition du soufre. Des comparaisons entre deux thermomètres à azote et des thermomètres à résistance de platine ont été faites à 0°, 25°, 50°, 75°, 100°, 150°, 200°, 250°, 300°, 350° C, au point d'ébullition du mercure, à 400° C et au point d'ébullition du soufre. Les différences trouvées entre  $t$  (échelle thermodynamique) et  $t$  (Échelle Internationale) s'expriment par la formule suivante

$$t(\text{therm.}) - t(\text{Int.}) = \frac{t}{100} \left( \frac{t}{100} - 1 \right) (0,04217 - 7,481 \cdot 10^{-5} t).$$

Le point d'ébullition du soufre dans l'échelle thermodynamique a été trouvé à 444°,74 C; les résultats obtenus avec les deux thermomètres à gaz présentant une différence d'environ 0,05 degré.

Dans l'intervalle compris entre 0° C et le point d'ébullition de l'oxygène, des intercomparaisons publiées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt en 1932, et par le Laboratoire de Leyde en 1935, indiquent que les différences entre l'Échelle Internationale et l'échelle thermodynamique sont inférieures à 0,05 degré. On n'est pas d'accord sur le signe de quelques-unes des différences mentionnées, qui sont de l'ordre de grandeur des incertitudes possibles des mesures au thermomètre à gaz.

Dans le domaine qui s'étend au-dessous du point

d'ébullition de l'oxygène, certains résultats indiquent que les températures de l'Échelle Internationale de Température de 1927 sont progressivement plus élevées que celles de l'échelle thermodynamique d'une quantité qui s'élève à plusieurs centièmes de degré à  $-190^{\circ}\text{C}$ . Pour cette raison, et aussi parce qu'il est avantageux de terminer les diverses parties de l'Échelle à des points d'étalonnage, l'Échelle Internationale de Température de 1948 ne s'étend que jusqu'au point d'ébullition de l'oxygène.

Dans l'intervalle compris entre le point de solidification de l'antimoine et le point de solidification de l'or, il y a peu de résultats relatifs au signe ou à la grandeur des écarts entre l'Échelle Internationale et l'échelle thermodynamique. La valeur  $1063^{\circ},0\text{C}$  pour le point de l'or a été acceptée en tant que définition conventionnelle et le restera sans aucun doute jusqu'à l'apparition de résultats fondamentaux nouveaux et plus exacts. Le passage de  $960^{\circ},5$  à  $960^{\circ},8\text{C}$  est bien dans les limites d'incertitude de la fixation du point de solidification de l'argent dans l'échelle thermodynamique. Grâce à ce changement, l'échelle du thermocouple se raccorde d'une façon plus continue, non seulement avec l'échelle du thermomètre à résistance au point de solidification de l'antimoine, mais aussi avec l'échelle du pyromètre optique au point de solidification de l'or lorsque l'on emploie la valeur  $C_2 = 1,438\text{ cm.degré}$ .

Il est intéressant de noter que, la validité de la formule de Planck étant reconnue, les températures supérieures au point de l'or dans l'Échelle Internationale de Température de 1948 ne différeront de celles de l'échelle thermodynamique centigrade que dans la mesure causée par des erreurs sur les constantes  $C_2$ ,  $t_{\text{Au}}$  et  $T_0$  utilisées dans la formule.

ANNEXE I.

National Bureau of Standards

MÉMORANDUM RELATIF AU PROJET

D'UNE

ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE <sup>(1)</sup>

DE 1948.

(8 NOVEMBRE 1947)

(Traduction)

Le but de ce mémorandum est de donner les raisons qui ont conduit le National Bureau of Standards à suggérer des changements qui distinguent le projet ci-après du texte de l'Échelle Internationale de Température de 1927 et du projet proposé en 1939.

Pour la plus grande partie, la rédaction et la disposition du projet proposé en 1939 ont été conservées, lorsque celles-ci différaient du texte de l'Échelle de 1927. Nous avons pensé que la forme générale du projet de 1939 a été trouvée acceptable par le Comité Consultatif de Thermométrie.

La substitution du point triple de l'eau en tant que point fixe fondamental, ainsi que la définition de  $0^{\circ}\text{C}$  comme étant la température  $0,0100$  degré au-dessous du point triple, a été proposée par un certain nombre de laboratoires, et sera sans aucun doute acceptable d'une façon générale.

La seule base pour des changements possibles dans la définition de l'Échelle dans l'intervalle compris entre  $0^{\circ}\text{C}$  et le point de solidification de l'antimoine est le travail de Beattie et de ses collaborateurs au Massachusetts Institute of Technology. Les conséquences qui résultent de ces changements ont été examinées par les représentants du National Bureau of Standards avec les professeurs J. A. Beattie et F. G. Keyes du M. I. T., et tous les participants sont arrivés à la conclusion que le changement, à

---

(1) Voir à la page T 30 le texte définitif adopté par le Comité et par la Conférence Générale.

L'époque présente, ne serait pas opportun. Un changement possible de la température attribuée au point d'ébullition du soufre, qui le porterait de  $444^{\circ},60$  à  $444^{\circ},70$  ou  $444^{\circ},75$  C, réduirait mais n'éliminerait pas les différences trouvées au M. I. T. entre l'échelle thermodynamique et n'importe quelle échelle définie par une relation quadratique pour le thermomètre à résistance. L'Échelle Internationale de Température de 1927 est pratique et facilement reproductible et beaucoup de travaux s'appuient sur la valeur  $444^{\circ},60$  C pour le point d'ébullition du soufre.

Dans l'intervalle compris entre  $0^{\circ}$ C et le point d'ébullition de l'oxygène, il est reconnu qu'une formule améliorée serait très désirable; mais on n'en a proposé aucune qui parût remplacer d'une façon satisfaisante la rédaction de 1927; celle-ci a donc été conservée sans changement. L'Échelle a là encore l'avantage d'un haut degré de reproductibilité, de telle sorte que des résultats exprimés dans cette Échelle pourront être recalculés avec une faible incertitude s'il devient désirable d'améliorer l'Échelle ultérieurement.

La région au-dessous du point d'ébullition de l'oxygène a été le sujet de plusieurs recherches. Les résultats de ces recherches ont accru nos connaissances, mais n'ont pas fourni de moyens pratiques et reproductibles pour étendre l'Échelle Internationale de Température aux températures inférieures au point d'ébullition de l'oxygène.

L'un des défauts les plus importants de l'Échelle de 1927 est le manque de continuité dans la région où l'échelle du thermomètre à résistance se raccorde à l'échelle du couple thermoélectrique. Ce défaut est facilement corrigé si l'on porte la température attribuée au point de solidification de l'argent de  $960^{\circ},5$  C à  $960^{\circ},8$  C, sans changer la formule d'interpolation quadratique pour le couple thermoélectrique.

Avec ce changement, les températures obtenues au moyen des couples étalons sont amenées à un accord bien meilleur avec les valeurs obtenues au moyen de thermomètres à résistance étalons dans un domaine considérable au-dessus et au-dessous du point de solidification de l'antimoine. Des arguments expérimentaux, en faveur d'un changement de la valeur attribuée au point de solidification de l'argent, ont été présentés en 1939, et la valeur  $960^{\circ},8$  C paraît être en accord avec ces arguments mieux qu'aucune autre valeur.

Il n'est guère besoin de justifier l'usage de la formule de Planck au lieu de la formule de Wien comme fondamentale dans le domaine de température au-dessus du point de solidification de l'or. En pratique, la formule de Wien continuera sans doute à être utilisée dans le domaine où elle est applicable, et il sera toujours possible de revenir à la formule fondamentale lorsqu'il y aura une occasion de le faire.

En 1939 il a été proposé que la valeur de  $C_2$  soit portée de 1,432 à 1,436 cm. degré. Depuis cette époque il y a eu des arguments expérimentaux en faveur de la valeur 1,438 cm. degré pour  $C_2$ . Dans le résumé le plus récent des constantes physiques, Birge donne une valeur de 1,43848 cm. degré pour  $C_2$ .

Les recommandations de la troisième partie sont des conseils plutôt que des prescriptions. On a fait ainsi principalement afin que les spécifications ne soient pas d'une rigidité telle qu'elles retardent le progrès. L'incorporation de modes opératoires assez précis dans l'Échelle de 1927 fut utile, sans aucun doute, à cette époque, mais ne devrait plus être nécessaire.

On a donné des renseignements complémentaires dans une Note séparée au lieu de les inclure dans les recommandations, comme ils l'étaient dans le projet proposé en 1939, et ils ont été considérablement développés. Les valeurs données pour les points fixes secondaires au-dessus de  $0^{\circ}\text{C}$  sont en accord avec les valeurs des points de fusion des éléments chimiques contenus dans la *N. B. S. Miscellaneous Publication M 183*, parue le 10 avril 1947.

---

## PROJET POUR UNE ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE DE 1948

### TABLE DES MATIÈRES.

*Première Partie.* — Introduction.

*Deuxième Partie.* — Définition de l'Échelle Internationale de Température de 1948.

*Troisième Partie.* — Recommandations.

*Quatrième Partie.* — Renseignements supplémentaires.

---

## PREMIÈRE PARTIE.

### INTRODUCTION.

L'échelle Kelvin, dans laquelle les températures sont désignées par °K et identifiées par le symbole T, est reconnue comme l'échelle thermodynamique fondamentale à laquelle toute mesure de température devrait pouvoir se rapporter finalement. Dans cette échelle, l'intervalle compris entre le point de fusion de la glace  $T_0$  et le point d'ébullition de l'eau  $T_{100}$  est 100 degrés. Par la présente déclaration, la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures adopte, en principe, l'échelle Kelvin, ainsi que l'échelle thermodynamique centigrade, dans laquelle la température est égale à  $T - T_0$ . Tout intervalle de température exprimé dans l'une de ces échelles aura la même valeur numérique que lorsqu'on l'exprimera dans l'autre.

Les difficultés expérimentales inhérentes aux mesures de température dans l'échelle thermodynamique ont conduit à l'adoption, en 1927, par la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures, d'une échelle pratique qui a été désignée sous le nom d'Échelle Internationale de Température. Cette échelle devait s'accorder avec l'Échelle Thermodynamique Centigrade, aussi étroitement qu'il était possible dans l'état des connaissances à cette époque. Elle fut établie de façon qu'elle fût aisément et exactement reproductible, et qu'elle fournit la possibilité de spécifier toute température dans l'Échelle Internationale entre des limites beaucoup plus étroites que dans l'échelle thermodynamique.

L'Échelle définie ici représente la première révision de l'Échelle adoptée en 1927 et a été conçue en vue de réaliser une concordance aussi étroite que possible avec l'échelle thermodynamique centigrade telle qu'elle est connue actuellement, tout en y incorporant certaines améliorations basées sur l'expérience pour rendre l'Échelle plus uniforme et plus reproductible que celle qui l'a précédée.

Les modes opératoires par lesquels on devra réaliser l'Échelle sont en substance inchangés. Deux seulement des révisions de la définition de l'Échelle ont pour conséquence des changements appréciables dans la valeur numérique assignée aux températures

mesurées. Le passage du point de l'argent de  $960^{\circ},5$  à  $960^{\circ},8$  C change les températures mesurées avec le thermocouple étalon. La définition de l'Échelle au-dessus du point de l'or au moyen de la formule du rayonnement de Planck au lieu de la formule de Wien, et avec une valeur différente de la constante de rayonnement  $C_2$ , change les températures au-dessus du point de l'or et supprime la limite supérieure qui existait dans l'échelle de 1927.

D'autres changements importants, qui ne causent que peu ou pas de changement dans la valeur numérique de la température, mais qui servent à rendre l'Échelle mieux définie et mieux reproductible sont :

a. La définition de  $0^{\circ}$  C comme étant la température  $0,0100$  degré au-dessous du point triple de l'eau, remplaçant par là l'un des points fixes fondamentaux, celui du point de la glace, par le point triple.

b. La terminaison d'une partie de l'Échelle au point de l'oxygène au lieu de  $-190^{\circ}$  C.

c. Le fractionnement de l'Échelle au point de l'antimoine (environ  $630^{\circ}$  C) au lieu de  $660^{\circ}$  C.

d. Les exigences pour une pureté supérieure du platine du thermomètre à résistance étalon et du thermocouple étalon et pour des limites permises plus étroites de la force électromotrice du thermocouple étalon au point de l'or.

L'Échelle définie par le thermomètre à résistance reste en substance identique à celle de 1927. Dans le domaine compris entre  $630^{\circ}$  et  $1063^{\circ}$  C, les valeurs numériques de la température sur l'Échelle de 1948 seront plus élevées que celles de l'Échelle de 1927, la différence maximum étant environ  $0,4$  degré près de  $800^{\circ}$  C.

Les températures sur l'Échelle Internationale de Température de 1927 étaient désignées par  $^{\circ}$ C ou  $^{\circ}$ C (Int.). Comme la désignation «  $^{\circ}$ C » est conservée dans la présente révision, elle doit être appliquée, à l'avenir, aux températures de la dernière Échelle adoptée avant l'époque à laquelle la désignation est utilisée. Là où quelque doute pourrait surgir, la désignation doit être précisée sous la forme  $^{\circ}$ C (Int. 1927) ou  $^{\circ}$ C (Int. 1948).



## DEUXIÈME PARTIE.

### DÉFINITION DE L'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE DE 1948.

1. Les températures dans l'Échelle Internationale de Température de 1948 seront désignées par « °C » ou « °C (Int. 1948) » et représentées par le symbole  $t$ .

2. L'Échelle est fondée sur un certain nombre de températures d'équilibre fixes et reproductibles (points fixes) auxquelles sont assignées des valeurs numériques, et sur des formules spécifiées établissant la relation entre la température et les indications des instruments étalonnés au moyen de ces points fixes.

3. Les points fixes fondamentaux et la valeur numérique assignée à chacun d'eux sont donnés dans le Tableau I. Dans chaque cas, à l'exception du point triple de l'eau, ces valeurs définissent la température d'équilibre correspondant à une atmosphère normale, c'est-à-dire par définition 1013 250 dynes/cm<sup>2</sup>. Le dernier chiffre décimal donné pour chacune des valeurs du tableau ne représente que le degré de reproductibilité de ce point fixe.

TABLEAU I.

*Points fixes fondamentaux.*

	Température (°C).
a. Température d'équilibre entre l'oxygène liquide et sa vapeur à une pression d'une atmosphère normale (point d'ébullition de l'oxygène).....	— 182,970
b. Température d'équilibre entre la glace, l'eau et la vapeur d'eau (point triple de l'eau).....	+ 0,0100
c. Température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur à une pression d'une atmosphère normale (point d'ébullition de l'eau).....	100,0000

TABLEAU I (suite).

	Température (°C).
d. Température d'équilibre entre le soufre liquide et sa vapeur à une pression d'une atmosphère normale (point d'ébullition du soufre).....	444,600
e. Température d'équilibre entre l'argent solide et l'argent liquide (point de solidification de l'argent).....	960,80
f. Température d'équilibre entre l'or solide et l'or liquide (point de solidification de l'or).....	1063,00

4. Les procédés d'interpolation conduisent à un partage de l'Échelle en quatre régions :

a. De 0° C au point de solidification de l'antimoine, la température  $t$  est définie par la formule

$$R_t = R_0(1 + A t + B t^2),$$

dans laquelle  $R_t$  est la résistance à la température  $t$  du fil de platine entre les points de bifurcation formés par la soudure du conducteur de courant et du conducteur de potentiel d'un thermomètre étalon à résistance. La constante  $R_0$  est la résistance à 0° C, et les constantes A et B doivent être déterminées à partir des valeurs mesurées de  $R_t$  au point d'ébullition de l'eau et au point d'ébullition du soufre. La pureté et l'état physique du platine d'un thermomètre à résistance étalon doivent être tels que  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit supérieur à 1,3920.

b. Du point de l'oxygène à 0° C, la température  $t$  est définie par la formule

$$R_t = R_0[1 + A t + B t^2 + C(t - 100)t^3],$$

dans laquelle  $R_t$ ,  $R_0$ , A et B ont la signification spécifiée ci-dessus en (a), la constante C étant calculée à partir de la valeur mesurée de  $R_t$  au point d'ébullition de l'oxygène.

c. Du point de solidification de l'antimoine au point de solidification de l'or, la température  $t$  est définie par la formule

$$E = a + bt + ct^2,$$

dans laquelle  $E$  est la force électromotrice d'un thermocouple étalon de platine et platine rhodié, lorsque l'une des soudures est à  $0^\circ\text{C}$  et l'autre à la température  $t$ . Les constantes  $a, b, c$  doivent être calculées à partir des valeurs mesurées de  $E$  aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or. Dans la détermination de ces constantes, la température que l'on doit assigner au point de solidification de l'antimoine utilisé est la valeur déterminée pour cet échantillon particulier avec un thermomètre étalon à résistance, de la façon spécifiée au paragraphe 4a. L'antimoine utilisé doit avoir un point de solidification qui ne soit pas inférieur à  $630^\circ,3\text{C}$ .

Le fil de platine du thermocouple étalon doit être d'une pureté telle que, pour le fil recuit, le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit supérieur à 1,3910. Le fil d'alliage doit contenir nominalemeut 90 p. 100 de platine et 10 p. 100 de rhodium en poids. Le thermocouple achevé doit développer une force électromotrice comprise entre 10280 et 10320 microvolts lorsque l'une des soudures est à  $0^\circ\text{C}$  et l'autre au point de solidification de l'or.

d. Au-dessus du point de solidification de l'or, la température  $t$  est définie par la formule

$$\frac{J_t}{J_{\text{Au}}} = \frac{\frac{C_2}{e^{\lambda(\ell_{\text{Au}} + T_0)} - 1}}{\frac{C_2}{e^{\lambda(\ell + T_0)} - 1}},$$

dans laquelle :

$J_t$  et  $J_{\text{Au}}$  sont respectivement les énergies de rayonnement de longueur d'onde  $\lambda$  par intervalle unité de longueur d'onde émises en une unité de temps par l'unité d'aire d'un corps noir, à la température  $t$  et au point de solidification de l'or,  $\ell_{\text{Au}}$ .

$C_2$  est 1,438 cm. degré.

$T_0$  est la température du point de fusion de la glace en  $^\circ\text{K}$ .

$\lambda$  est une longueur d'onde, en centimètres, du spectre visible.

$e$  est la base des logarithmes népériens.

### TROISIÈME PARTIE.

#### RECOMMANDATIONS.

Les recommandations des paragraphes suivants sont des conseils plutôt que des prescriptions. Les appareils, les méthodes et les modes opératoires recommandés représentent une bonne pratique à l'époque actuelle, mais on n'a pas eu l'intention de retarder la mise au point et l'utilisation d'améliorations et de perfectionnements. L'expérience a montré que ces recommandations sont favorables à l'uniformité et à la reproductibilité dans la réalisation de l'Échelle de Température définie à la deuxième partie.

1. *Thermomètre à résistance étalon.* — Un thermomètre à résistance étalon doit être conçu et construit de façon que le fil résistant de platine soit aussi dépourvu de tension qu'il est possible et garde cet état pendant la suite de son utilisation. Le fil de platine le plus convenable est celui qui est étiré à partir d'un lingot fondu et non d'une mousse martelée.

Des thermomètres satisfaisants ont été fabriqués avec du fil fin de  $0^{\text{mm}},05$  et du fil gros de  $0^{\text{mm}},5$  de diamètre, un court tronçon de chaque conducteur aboutissant à la résistance étant en platine et continuant sous la forme d'un fil d'or à travers la région du gradient de température. La bobine résistante du thermomètre une fois achevée doit être recuite dans l'air à une température qui ne soit pas inférieure à environ  $450^{\circ}\text{C}$ , ou, si elle doit être utilisée à des températures supérieures à  $450^{\circ}\text{C}$ , à une température supérieure à la température la plus élevée à laquelle elle doit être utilisée. Il est recommandé que le tube qui protège la bobine terminée soit rempli d'un gaz contenant un peu d'oxygène.

Un critérium utile qui sert de sauvegarde contre une médiocrité de construction du thermomètre achevé et contre des erreurs dans le calibrage aux points fixes est que  $\frac{R_S - R_0}{R_{100} - R_0}$  (expression dans laquelle  $R_S$  est la résistance au point d'ébullition du soufre) doit être compris entre 4,2165 et 4,2180. D'une façon analogue, si le thermomètre est étalonné pour servir dans le domaine des températures inférieures à  $0^{\circ}\text{C}$ , le rapport  $\frac{R_S - R_{0_2}}{R_{100} - R_0}$  (expression dans laquelle  $R_{0_2}$  est la résistance au point

d'ébullition de l'oxygène) doit être compris entre 6,143 et 6,144. La constante de la résistance à un point de référence, tel que le point triple de l'eau (ou le point de fusion de la glace) avant et après l'utilisation à d'autres températures, est aussi un précieux critérium de l'efficacité du recuit et de la fidélité du thermomètre en usage.

2. *Thermocouples étalons.* — Des thermocouples étalons satisfaisants ont été fabriqués avec des fils dont le diamètre n'était pas inférieur à  $0^{\text{mm}},35$ , ni supérieur à  $0^{\text{mm}},65$ . Avant l'étalonnage, les fils du couple doivent être recuits dans l'air pendant une heure à environ  $1100^{\circ}\text{C}$ . Un critérium utile qui sert de sauvegarde contre les effets possibles des impuretés et les erreurs dans l'étalonnage aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or, est que  $\frac{E_{\text{Au}} - E_{\text{Sb}}}{E_{\text{Au}} - E_{\text{Ag}}}$  doit être compris entre 4,020 et 4,035. Un thermocouple qui est utilisé comme étalon ne doit pas être chauffé au-dessus de  $1100^{\circ}\text{C}$  après son étalonnage initial, et un changement de 5 microvolts dans la force électromotrice au point de solidification de l'or peut être considéré comme le signe d'impuretés initiales ou d'une contamination ultérieure.

3. *Pression.* — A l'exception du point triple de l'eau, chacun des trois points fondamentaux est donné comme la température d'équilibre à une pression de  $1013250$  dynes/cm<sup>2</sup>, ce qui correspond à la pression exercée par une colonne de mercure haute de  $760^{\text{mm}}$ , soumise à une attraction de gravitation de  $980,665$  dynes/gramme et ayant une masse spécifique de  $13,5951$  g/cm<sup>3</sup>, valeur prise pour la masse spécifique moyenne du mercure ordinaire pur à  $0^{\circ}\text{C}$  et à la pression moyenne existant dans une telle colonne de mercure.

Lors de l'étalonnage d'un thermomètre à résistance aux points d'ébullition de l'oxygène, de l'eau et du soufre, plusieurs corrections doivent être appliquées à la hauteur observée de la colonne de mercure, afin d'obtenir la pression qui correspond à la température au point milieu de la résistance de platine. Pour obtenir la pression à la surface inférieure du mercure, la hauteur observée de la colonne de mercure doit subir les corrections suivantes : 1<sup>o</sup> erreurs de division de l'échelle; 2<sup>o</sup> dilatation thermique de l'échelle et changement de longueur de l'échelle

dû à son poids; 3° dépression capillaire du mercure; 4° pression gazeuse résiduelle à la surface supérieure du mercure; 5° valeur de la gravité; 6° dilatation thermique et compressibilité du mercure. Les corrections 5° et 6° peuvent être faites au moyen de la relation

$$p_{\text{Hg}} = \frac{p\mathcal{G}}{\mathcal{G}_0 \left( 1 + \alpha_{\text{Hg}} t_{\text{Hg}} + \frac{\beta_{\text{Hg}}}{2} \frac{760 - p_{\text{Hg}}}{760} \right)},$$

$p_{\text{Hg}}$ , pression en millimètres de mercure à 0° C et sous la gravité normale au niveau inférieur du mercure.

$p$ , pression en millimètres de mercure à  $t^\circ$  C, et sous la gravité locale, ayant subi les corrections (1) à (4) énumérées ci-dessus.

$\beta_{\text{Hg}}$ , coefficient moyen de compressibilité cubique du mercure, environ  $4 \cdot 10^{-6}$  par atmosphère aux températures ordinaires.

$\mathcal{G}$ , valeur locale de la gravité en dynes/gramme.

$\mathcal{G}_0$ , gravité normale 980,665 dynes/gramme.

$\alpha_{\text{Hg}}$ , coefficient moyen de dilatation thermique du mercure entre 0° et  $t^\circ$  C.

Des valeurs de  $\alpha_{\text{Hg}}$  peuvent être obtenues d'après le tableau suivant :

$t^\circ$ C.	$\alpha_{\text{Hg}} \cdot 10^7$ .
10.....	1815
20.....	1816
30.....	1817
40.....	1818

La pression  $p_t$  en millimètres de mercure à 0° C et sous la gravité normale qui correspond à la température d'équilibre  $t_p$  au point milieu de la résistance de platine, peut être obtenue d'après la relation  $p_t = p_{\text{Hg}} + p_f$ , dans laquelle  $p_f$  est la différence de pression (en millimètres de mercure) due à la colonne de fluide qui existe entre le point milieu de la résistance de platine et la surface inférieure du mercure. La pression  $p_{\text{sat}}$  en millimètres de mercure due à une colonne de vapeur saturée haute de  $H^{\text{mm}}$  peut être obtenue d'après la relation  $p_{\text{sat}} = p_{\text{Hg}} HF$ , dans laquelle  $F$  est un facteur représentant le rapport entre la densité de la vapeur saturée et la densité du mercure, divisé par la pression en millimètres de mercure. Des valeurs approchées

de F dans l'intervalle compris entre  $p = 660$  et  $p = 860^{\text{mm}}$  de mercure sont les suivantes :

Vapeur saturée.	F. 10°.
Oxygène.....	38
Eau.....	5,8
Soufre.....	36

Dans les paragraphes suivants concernant les points fixes, les formules représentant la relation entre la pression  $p$ , spécifiée ci-dessus et la température d'équilibre correspondante  $t_p$ , sont données sous deux formes. Le polynome est une forme commode lorsque la pression est voisine de  $760^{\text{mm}}$  de mercure, tandis que la forme logarithmique est applicable, ainsi qu'on le sait, dans un domaine beaucoup plus étendu.

4. *Point d'ébullition de l'oxygène.* — La température d'équilibre entre l'oxygène liquide et sa vapeur est d'ordinaire réalisée par la méthode statique. La résistance de platine du thermomètre étalon et la surface libre de l'oxygène liquide dans son récipient sont amenés à la même température dans un cryostat convenable, qui peut être par exemple un bloc de métal dans un bain bien agité d'oxygène liquide. Le tube qui relie l'espace contenant l'oxygène liquide pur au manomètre utilisé pour la mesure de la pression de vapeur doit être protégé contre des températures inférieures à la température de l'oxygène liquide pur à l'endroit où se trouve le fil résistant du thermomètre étalon.

La température d'équilibre  $t_p$  correspondant à une pression  $p$  (en millimètres de mercure) peut être trouvée avec une exactitude de quelques millièmes de degré dans tout le domaine, compris entre  $p = 660^{\text{mm}}$  et  $p = 860^{\text{mm}}$  au moyen de la formule

$$t_p = -182,970 + 12,54 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 6,44 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2 + 5,1 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^3$$

ou, avec la même exactitude, mais dans un intervalle plus étendu, par la formule

$$t_p = -182,970 + \frac{21,94 \log_{10} \frac{p}{760}}{1 - 0,261 \log_{10} \frac{p}{760}}$$

5. *Point de fusion de la glace.* — Il a été mentionné dans

l'introduction, qu'en vue d'obtenir la précision la plus élevée, 0° C a été défini comme étant la température 0,0100 degré au-dessous du point triple de l'eau. La température 0° C peut être réalisée expérimentalement, avec une précision suffisante dans presque tous les cas, en utilisant un mélange de glace finement divisée et d'eau saturée d'air dans un vase bien isolé tel qu'un vase de Dewar. En observant quelques précautions concernant la pureté de la glace et de l'eau, la saturation de l'eau à 0° C avec de l'air non contaminé et l'effet de la pression, on peut réaliser une température reproductible à quelques dix-millièmes de degré près.

On peut calculer l'effet de la pression par la formule

$$t = 13 \cdot 10^{-6} (760 - p) - 0,7 \cdot 10^{-6} H,$$

dans laquelle  $t$  est la température d'équilibre,  $p$  est la pression barométrique ambiante (en millimètres de mercure) à laquelle l'eau est saturée par l'air,  $H$  est la profondeur en millimètres au-dessous de la surface du mélange eau et glace.

6. *Point triple de l'eau.* — La température d'équilibre entre la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau a été réalisée dans des ampoules de verre ayant 4 à 7<sup>cm</sup> de diamètre, présentant un puits rentrant axial pour les thermomètres et ne contenant que de l'eau d'une grande pureté. La quantité d'eau doit être telle qu'elle permette une immersion convenable du thermomètre et qu'elle assure l'existence des trois phases pendant les mesures. De telles ampoules, lorsqu'elles sont préparées d'une façon convenable pour leur emploi, et qu'elles sont maintenues dans un bain de glace ordinaire, ont été trouvées capables de maintenir une température constante pendant plusieurs jours à 0,0001 degré près.

Des ampoules ont été préparées pour être utilisées en refroidissant leur contenu dans son ensemble jusqu'à ce que de petits cristaux soient présents dans toute la masse du liquide. Une méthode à préférer consiste à congeler un manteau de glace autour du puits par un refroidissement rapide à l'intérieur. Un désavantage de cette méthode est que l'eau au contact de la glace en voie de solidification contient la plus grande partie des impuretés contenues initialement dans l'eau congelée, d'où il résulte un abaissement appréciable de la température, à moins



que la pureté de l'eau ne soit suffisamment élevée. Cet inconvénient est facilement évité en faisant fondre une fine couche de glace pure au contact du puits, ce qui met autour du puits une surface de contact eau-glace très pure et fixe une température qui est constante et reproductible à mieux que 0,001 degré.

La température d'équilibre  $t$  correspondant à la profondeur  $H$  (en mm) au-dessous de la surface vapeur-liquide peut être calculée d'après la formule

$$t = 0,0100 - 0,7 \cdot 10^{-6} H.$$

7. *Point d'ébullition de l'eau.* — La température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur a été réalisée expérimentalement par la méthode dynamique, le thermomètre étant placé dans la vapeur saturée, avec des appareils de conceptions diverses, les uns fermés et les autres ouverts à l'atmosphère. Les systèmes fermés dans lesquels un hypsomètre et un manomètre sont reliés à un manostat de grand volume empli d'hélium sont préférables pour les étalonnages précis au point d'ébullition de l'eau. L'hypsomètre doit être disposé de façon que soient évités une surchauffe de la vapeur autour du thermomètre, une contamination par l'air ou par d'autres impuretés, et les effets de radiation. On peut juger que la température d'équilibre a été atteinte lorsque la température observée, ramenée à une pression constante, est indépendante du temps écoulé, des variations dans le débit de chaleur fourni au liquide, des variations des pertes de chaleur par les parois et de la profondeur d'immersion du thermomètre.

La température d'équilibre  $t_p$  correspondant à une pression  $p$  (en mm de mercure) peut être obtenue avec une exactitude de 0,001 degré dans tout le domaine compris entre  $p = 660$  et  $p = 860^{\text{mm}}$  au moyen de la formule

$$t_p = 100 + 36,858 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 20,16 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2 + 16,2 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^3,$$

où, avec la même exactitude dans un intervalle plus large, par la formule :

$$t_p = 100 + \frac{64,500 \log_{10} \frac{p}{760}}{1 - 0,1979 \log_{10} \frac{p}{760}}.$$

8. *Point d'ébullition du soufre.* — Le soufre utilisé dans un appareil à point d'ébullition du soufre ne devrait pas contenir plus de 0,005 pour 100 d'impuretés. Le sélénium et l'arsenic sont les impuretés dont la présence a été trouvée la plus probable en quantité suffisante pour affecter la température d'équilibre d'une façon notable.

Le type usuel d'appareil pour point d'ébullition du soufre et d'écran contre le rayonnement décrit dans le texte de l'Échelle Internationale de Température de 1927, construit et utilisé convenablement, s'est montré satisfaisant pour une exactitude de 0,01 à 0,02 degré. Dans cet appareil, le soufre est contenu dans un tube de verre, de silice fondue ou d'une substance analogue, ayant un diamètre intérieur de 4 à 5 cm. La longueur du tube est déterminée par la considération que la colonne de vapeur doit être assez longue pour que l'on puisse installer un écran contre le rayonnement et pour permettre la profondeur d'immersion requise du thermomètre à résistance. Un chauffage électrique est préférable. Au-dessus de la source de chaleur, le tube est entouré d'un isolant thermique.

Dans un travail plus récent, dans lequel on désirait une exactitude d'environ 0,001 degré, le thermomètre n'était pas immergé directement dans la vapeur de soufre, mais dans un puits thermométrique en aluminium, ce qui adaptait ainsi l'appareil à son emploi avec un système clos. Le puits thermométrique est muni d'un ou plusieurs écrans contre le rayonnement, conçus de telle sorte que l'intérieur de l'écran soit presque un corps noir, mais avec de larges ouvertures pour la circulation de la vapeur de soufre dans tout l'intérieur. Un chauffage électrique était installé pour régler les pertes de chaleur par les parois.

On peut juger que les températures d'équilibre ont été atteintes lorsque les températures observées, ramenées à une pression constante, sont indépendantes du temps écoulé, des variations du débit de la chaleur fournie au liquide, des variations de pertes de chaleur par les parois et de la profondeur d'immersion du thermomètre.

La température d'équilibre  $t_p$ , qui correspond à une pression  $p$  (en mm de mercure), peut être obtenue avec une exactitude d'environ 0,001 degré dans tout le domaine qui s'étend de  $p = 660^{\text{mm}}$  à  $p = 800^{\text{mm}}$ , au moyen de la formule

$$t_p = 444,6 + 90,803 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 47,57 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2 + 43,6 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^3$$

ou, dans un intervalle plus étendu, par la formule

$$t_p = 444,6 + \frac{158,92 \log_{10} \frac{P}{760}}{1 - 0,234 \log_{10} \frac{P}{760}}$$

9. *Points de solidification de l'argent et de l'or.* — Nos connaissances sur l'effet des impuretés les plus probables dans de l'argent ou de l'or soigneusement purifiés indiquent que l'addition de 0,01 pour 100 d'impureté métallique en poids à de l'argent pur ou de 0,005 pour 100 à de l'or pur ne changent probablement pas le point de solidification de plus de 0,1 degré dans l'un et l'autre cas.

Pour l'étalonnage d'un thermocouple, le métal est contenu dans un creuset de graphite pur ou d'une autre matière réfractaire qui ne le contamine pas. Des creusets de graphite artificiel ayant environ 3<sup>cm</sup> de diamètre intérieur et 15<sup>cm</sup> de profondeur avec une paroi d'environ 1<sup>cm</sup> d'épaisseur, ont été trouvés très satisfaisants. La quantité de métal utilisé dans un tel creuset est environ 1600 grammes d'or, ou environ 900 grammes d'argent. L'argent, pendant qu'il est chaud, doit être protégé contre l'oxygène.

Le creuset et le métal sont placés dans un four capable de chauffer son contenu à une température uniforme.

Le métal est fondu et amené à une température uniforme, quelques degrés au-dessus de son point de fusion, puis on le laisse refroidir lentement.

Le thermocouple, monté dans un tube de porcelaine comportant des isolateurs de porcelaine qui séparent les deux fils, est immergé dans le métal en fusion à travers un trou ménagé au centre du couvercle du creuset.

La profondeur d'immersion doit être telle que la force électromotrice observée du thermocouple ne change pas de plus de 1 microvolt lorsque la profondeur de l'immersion est augmentée ou diminuée de 1<sup>cm</sup>. Pendant la solidification, la force électromotrice doit rester constante dans les limites de 1 microvolt pendant une durée d'au moins cinq minutes.

10. *Point de solidification de l'antimoine.* — Le mode opératoire à observer pour utiliser le point de solidification de l'an-

timoine comme température d'étalonnage est essentiellement le même que celui qui a été spécifié pour les points de solidification de l'argent et de l'or. L'antimoine a une tendance marquée à rester en surfusion avant de se solidifier. La surfusion ne sera pas excessive si l'on ne chauffe le métal que quelques degrés au-dessus de son point de fusion et si l'on agite le métal liquide. Pendant la solidification, la force électromotrice doit rester constante dans les limites de un microvolt pendant une durée d'au moins cinq minutes.

11. *Température du point de fusion de la glace dans l'échelle Kelvin.* — En vue de l'uniformité, il est recommandé d'adopter comme température du point de fusion de la glace dans l'échelle Kelvin, 273°, 16K.

## QUATRIÈME PARTIE.

### RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES.

1. *Formules résistance-température.* — La formule d'interpolation pour l'intervalle compris entre 0°C et le point de solidification de l'antimoine, qui est la suivante dans la définition de l'échelle :

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

peut être écrite sous la forme de Callendar,

$$t = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

dans laquelle

$$\alpha = \frac{1}{100} \left( \frac{R_{100}}{R_0} - 1 \right).$$

Les relations entre les coefficients sont :

$$\begin{aligned} A &= \alpha \left( 1 + \frac{\delta}{100} \right), & \alpha &= A + 100B, \\ B &= -\frac{\alpha\delta}{100^2}, & \delta &= -\frac{100^2 B}{A + 100B}. \end{aligned}$$

La condition que  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit supérieur à 1,3920 est équivalente à spécifier que  $\alpha$  doit être supérieur à 0,003920. La condition

que  $\frac{R_S - R_0}{R_{100} - R_0}$  soit compris entre 4,2165 et 4,2180 est équivalente à spécifier que  $\delta$  soit compris entre 1,488 et 1,498.

D'une façon analogue, la formule d'interpolation pour l'intervalle compris entre 0°C et le point d'ébullition de l'oxygène, qui est la suivante dans la définition de l'Échelle :

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3],$$

peut être écrite sous la forme de Callendar-Van Dusen :

$$t = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} + \beta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \left( \frac{t}{100} \right)^3.$$

Les relations entre A, B et  $\alpha$ ,  $\delta$  sont les mêmes que ci-dessus et les autres relations sont :

$$C = -\frac{\alpha\beta}{100^4} \quad \text{et} \quad \beta = -\frac{100^4 C}{A + 100B}.$$

2. *Points fixes secondaires.* — En plus des six points fixes fondamentaux, on peut disposer d'un certain nombre d'autres points fixes, qui peuvent être utiles en certaines occasions. Quelques-uns de ces points fixes, parmi les plus constants et reproductibles, ainsi que leur température dans l'Échelle Internationale de Température de 1948, sont groupés dans le Tableau II. Les températures données sont celles qui correspondent à la pression d'une atmosphère normale, excepté pour l'acide benzoïque. Les formules donnant la variation de la température avec la pression sont destinées à être utilisées dans tout le domaine qui s'étend de  $p = 680^{\text{mm}}$  à  $p = 780^{\text{mm}}$  de mercure. Pour les températures au-dessus du point de l'or, les valeurs de  $\frac{J_t}{J_{\text{Au}}}$  et les valeurs de la longueur d'onde effective  $\lambda_e$  utilisées pour leur détermination sont données également.

TABLEAU II.

*Points fixes secondaires.*

Température d'équilibre entre l'anhydride carbonique solide et sa vapeur à une atmosphère.....	Température °C (Int. 1948).
	— 78,51

$$t_p = -78,51 + 15,95 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 11 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2.$$

TABLEAU II (suite).

	Température °C (Int. 1948).
Température de solidification du mercure.....	— 38,86
Température d'équilibre entre la glace et l'eau saturée d'air à une atmosphère.....	0,000
Température de transition du sulfate de sodium décahydraté.....	32,38
Température du point triple de l'acide benzoïque.....	122,36
Température d'équilibre entre le naphthalène et sa vapeur à une atmosphère.....	218,0
$t_p = 218,0 + 58,4 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 33 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2$	
Température de solidification de l'étain.....	231,9
Température d'équilibre entre le benzophénone et sa vapeur à une atmosphère.....	305,9
$t_p = 305,9 + 64,2 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 37 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2$	
Température de solidification du cadmium.....	320,9
Température de solidification du plomb.....	327,4
Température d'équilibre entre le mercure et sa vapeur à une atmosphère.....	356,58
$t_p = 356,58 + 73,095 \left( \frac{p-760}{1000} \right) - 39,87 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^2 + 31,9 \left( \frac{p-760}{1000} \right)^3$	
Température de solidification du zinc.....	419,5
Température de solidification de l'antimoine.....	630,5
Température de solidification de l'aluminium.....	660,1

	$10^4 \lambda_e$ (cm).	J <sub>l</sub> /J <sub>au</sub> .	°C (Int. 1948).
Température de solidification du cuivre en atmosphère réductrice.....	0,6535	1,276	1083,1
Température de solidification du nickel.....	0,6533	41,40	1453
Température de solidification du cobalt.....	0,6532	54,99	1492
Température de solidification du palladium..	0,6530	82,25	1551
Température de solidification du platine....	0,6528	299,0	1769
Température de solidification du rhodium...	0,6527	751	1960
Température de solidification de l'iridium,..	0,6525	4380	2443
Température de fusion du tungstène.....	—	—	3380

3. *Températures au-dessus du point de solidification de l'or.*  
 — Pour la détermination des températures au moyen d'un pyromètre optique, la formule approximative suivante (fondée sur la loi de Wien) :

$$\log_e \frac{J_r}{J_{Au}} = \frac{1,438}{\lambda} \left( \frac{1}{1336} - \frac{1}{t_w + 273} \right),$$

fournira généralement des valeurs qui ne sont pas sensiblement différentes de celles que fournit la formule donnée dans la deuxième Partie.

Dans le Tableau III, les valeurs de  $t_w$  obtenues en utilisant cette formule d'approximation sont comparées aux valeurs correspondantes des Échelles Internationales de Température de 1927 et 1948, en utilisant  $\lambda = 65.10^{-6}$  cm. Les valeurs dans l'Échelle Internationale de Température de 1927 ne sont pas étendues au-delà de la limite supérieure à cette Échelle.

TABLEAU III.

$t^{\circ}\text{C}$ (Int. 1948).	$t_w^{\circ}\text{C}$ .	$t^{\circ}\text{C}$ (Int. 1927).
1063,0	1063,0	1063,0
1500,0	1499,9	1502,3
2000,0	1999,7	2006,4
2500,0	2499,6	2512,1
3000,0	2999,8	3019,8
3500,0	3500,7	3529,8
4000,0	4003,2	4043,0
4500,0	4508,2	—
5000,0	5016,8	—

4. *Relation entre l'Échelle Internationale de Température de 1948 et l'échelle thermodynamique centigrade.* —

A l'époque de l'adoption de l'Échelle Internationale de Température de 1927, les données dont on disposait étaient insuffisantes pour prouver des différences certaines entre cette Échelle et l'échelle thermodynamique centigrade. Les recherches antérieures, telles que celles qui ont été publiées en 1911 par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, n'indiquaient pas de différences dépassant 0,05 degré dans l'intervalle compris entre 0°C et le point du soufre.

Des recherches récentes au Massachusetts Institute of Techno-

logy indiquent des différences plus grandes entre 200°C et le point du soufre. Des comparaisons entre deux thermomètres à azote et des thermomètres à résistance de platine ont été faites à 0°, 25°, 50°, 75°, 100°, 150°, 200°, 250°, 300°, 350°C, au point du mercure, à 400°C et au point du soufre. Les différences trouvées entre  $t$  (échelle thermodynamique) et  $t$  (Échelle Internationale) ont été exprimées de la manière suivante :

$$t(\text{therm.}) - t(\text{Int.}) = \frac{t}{100} \left( \frac{t}{100} - 1 \right) (0,04217 - 7,481 \cdot 10^{-5} t).$$

Le point du soufre dans l'échelle thermodynamique a été trouvé à 444°,74 les résultats obtenus avec les deux thermomètres à gaz présentant une différence d'environ 0,05 degré.

Dans l'intervalle compris entre 0°C et le point de l'oxygène, des intercomparaisons effectuées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt en 1932, et par le Laboratoire de Leyde en 1935, indiquent que les différences entre l'Échelle Internationale et l'échelle thermodynamique sont inférieures à 0,05 degré. On n'est pas d'accord sur le signe de quelques unes des différences mentionnées, qui sont de l'ordre de grandeur des incertitudes possibles des mesures du thermomètre à gaz.

Dans le domaine qui s'étend au-dessous du point de l'oxygène, certains résultats indiquent que les températures de l'Échelle Internationale de Température de 1927 sont progressivement plus élevées que celles de l'échelle thermodynamique d'une quantité qui s'élève à plusieurs centièmes de degré à — 190°C. Pour cette raison, et aussi parce qu'il est avantageux de terminer les diverses parties de l'Échelle à des points d'étalonnage, l'Échelle Internationale de Température de 1948 ne s'étend que jusqu'au point de l'oxygène.

Dans l'intervalle compris entre le point de l'antimoine et le point de l'or, il y a peu de résultats relatifs au signe ou à la grandeur des écarts entre l'Échelle Internationale et l'échelle thermodynamique. La valeur 1063°,0C pour le point de l'or a été acceptée en tant que définition conventionnelle et le restera sans aucun doute jusqu'à l'apparition de résultats fondamentaux nouveaux et plus exacts. Le passage de 960°,5 à 960°,8C est bien dans les limites d'incertitude de la fixation du point de l'argent dans l'échelle thermodynamique. Grâce à ce changement, l'échelle du thermocouple se raccorde d'une façon plus continue, non



seulement avec l'échelle du thermomètre à résistance au point de l'antimoine, mais aussi avec l'échelle du pyromètre optique au point de l'or lorsque l'on emploie la valeur  $C_2 = 1,438$  cm.degré.

Il est intéressant de noter que, la validité de la formule de Planck étant reconnue, les températures supérieures au point de l'or dans l'Échelle Internationale de Température de 1948 ne différeront de celles de l'échelle thermodynamique centigrade que dans la mesure causée par des erreurs sur les constantes  $C_2$ ,  $t_{Au}$  et  $T_0$  utilisées dans la formule.

ANNEXE II.

National Physical Laboratory.

---

COMMENTAIRES SUR LE PROJET  
D'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE  
DE 1948

PROPOSÉ PAR LE  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

(12 JANVIER 1948)

(Traduction)

---

PREMIÈRE PARTIE.

Etant donné que les modifications dans cette section dépendront entièrement des modifications sur lesquelles on pourrait se mettre d'accord dans la deuxième Partie du projet, nous ne nous proposons pas pour le moment de commenter la première Partie.

DEUXIÈME PARTIE.

*Paragraphe 3.* — Nous notons que l'on propose de donner la définition primaire de la pression en dynes par centimètre carré. Nous sommes d'accord avec ce changement, mais nous aurons quelques autres remarques à présenter à la troisième Partie.

*Paragraphe 3 b.* — Nous n'avons pas d'expérience sur l'utilisation du point triple de l'eau en tant que point fixe. Nous nous souvenons pourtant que la P. T. R. a été en faveur de son adoption en 1939, et si vous êtes arrivés maintenant à la conclusion que vous désirez l'adopter, nous n'élèverons pas d'objection.

*Paragraphe 3 e.* — Nous avons entrepris, sur la relation entre la force électromotrice et la température d'un thermocouple étalon dans le domaine compris entre  $0^{\circ}$  et  $1750^{\circ}$  C, une étude qui, nous l'espérons, donnera des résultats utiles sur la valeur la meilleure à adopter pour le point de solidification de l'argent en vue d'assurer un passage continu tant vers l'échelle du thermo-

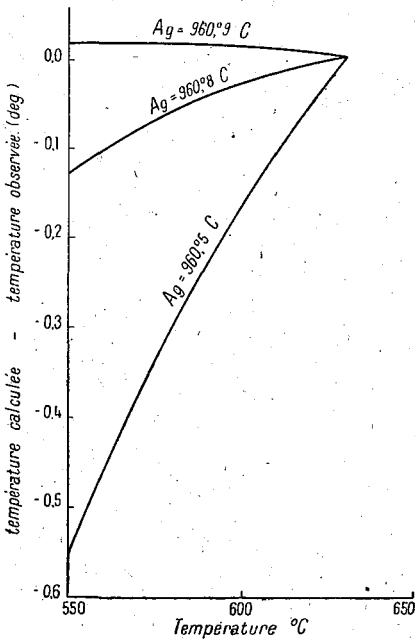


Fig. 1.

mètre à résistance que vers l'échelle définie par le rayonnement. Vingt-quatre thermocouples, douze en alliage classique à 10 p. 100, et douze en alliage à 13 p. 100, alliage utilisé industriellement dans notre pays, provenant des deux fabricants anglais MM. Johnson, Matthey and Co. Ltd. et Sheffield Smelting Co. Ltd., sont employés dans cette étude. Celle-ci consiste à comparer ces thermocouples au thermomètre à résistance étalon entre  $0^{\circ}$  et  $630^{\circ}$  C, à les étalonner aux points de solidification de l'argent et de l'or, et à les comparer à l'échelle définie par le rayonnement au-dessus du point de solidification de l'or.

A l'heure actuelle, six thermocouples à 10 p. 100 de la Sheffield Smelting Co. ont été étudiés comme il vient d'être dit ci-dessus jusqu'au point de solidification de l'or, mais aucune mesure au pyromètre optique n'a été effectuée jusqu'ici. On a établi des équations paraboliques fondées sur les points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or en choisissant successivement, pour l'argent, l'une des valeurs 960°,5, 960°,8 et 960°,9 C; les différences entre les forces électromotrices données par ces équations et celles que l'on obtient dans la comparaison réelle au thermomètre à résistance ont été représentées par les courbes de la figure 1.

Les résultats que nous avons obtenus jusqu'à maintenant indiquent par conséquent qu'une valeur plus élevée attribuée au point de solidification de l'argent conduirait à un meilleur recouvrement de l'échelle du thermomètre à résistance et de celle du thermocouple, et que la valeur la meilleure à cet égard serait 960°,9 C. Ce travail est cependant incomplet, puisque nous n'avons examiné que des fils d'une seule fabrication et que nous n'avons pas encore d'observations montrant comment ce changement affecterait le raccordement avec l'échelle définie par le rayonnement. Nous espérons obtenir des renseignements sur ce point dans les quelques mois à venir.

*Paragraphe 4 a.* — Nous acceptons la valeur minimum proposée de 1,3920 pour le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  relatif au platine à utiliser dans le thermomètre à résistance étalon. Nous notons que vous avez rejeté dans la troisième Partie les rapports correspondants pour les points d'ébullition du soufre et de l'oxygène. D'après notre expérience, avec tous les types de thermomètres que nous avons construits, si le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  est satisfaisant, la condition que vous spécifiez au point d'ébullition du soufre s'ensuit. Néanmoins, nous pensons qu'il pourrait être sage de maintenir, dans les spécifications elles-mêmes concernant le thermomètre à résistance étalon, les rapports correspondants que vous proposez dans la troisième Partie.

*Paragraphe 4 c.* — Pourvu que l'on dispose de moyens satisfaisants pour comparer directement le thermocouple étalon et le thermomètre à résistance étalon à 630° C, nous ne pensons pas que les spécifications doivent être exprimées de façon à rendre

obligatoire l'emploi du point de solidification de l'antimoine. A Teddington, nous trouvons plus commode d'effectuer la comparaison dans un bain de sel agité [Bibl. 1] dans lequel nous trouvons qu'il est possible d'assurer une intercomparaison reproductible à un ou deux centièmes de degré.

Nous aimerions avoir quelques renseignements sur les raisons pour lesquelles on a réduit la tolérance dans la force électromotrice au point de solidification de l'or à un intervalle de 40 microvolts. Nous admettons que les limites anciennes étaient plus lâches qu'il n'est nécessaire, mais l'intervalle de 10280 à 10320 microvolts paraît être indûment restrictif. Si vous voulez bien vous reporter aux comparaisons internationales effectuées en 1930-1931 (*Research Paper* 373, *B. S. Journal of Research*, Vol. 11) vous trouverez les valeurs suivantes (qui évidemment sont données en unités « internationales ») :

Couples P. T. R.....	10255 à 10260,
« N. B. S.....	10305 à 10314,
« N. P. L.....	10312 à 10317.

Les faits suivants donnent des renseignements plus récents sur ce qui a été fait en Grande-Bretagne.

Un lot de couples (fil Johnson-Matthey) utilisés dans un travail du N. P. L. de 1939 [2] s'échelonnaient de 10326 à 10338.

Les tableaux de la force électromotrice normale, fournis par Johnson-Matthey comme représentant des valeurs moyennes pour leurs fils, donnent 10323.

L'étude actuellement en cours au N. P. L., avec deux groupes de six couples dont les fils proviennent de Johnson-Matthey pour l'un et de Sheffield Smelting Co. pour l'autre, donne des valeurs qui s'échelonnent entre 10303 et 10333.

Les valeurs ci-dessus doivent être maintenant augmentées de 4 microvolts à cause du changement en volt « absolu » qui vient d'entrer en vigueur, de telle sorte que, lorsque cette correction est effectuée, la force électromotrice moyenne des fils britanniques se trouve à la limite supérieure des tolérances que vous proposez, ou légèrement au-dessus. Les nouvelles limites proposées excluraient en tout cas des fils allemands d'avant-guerre, mais des renseignements recueillis par l'un de nous chez W. C. Heraeus, au cours d'un voyage récent en Allemagne, laissent penser que leur production courante n'est pas de la

qualité exigée pour l'Échelle Internationale (le chiffre de 1,385 pour  $\frac{R_{100}}{R_0}$  a été mentionné), de telle sorte que cette exclusion n'appelle probablement pas d'objection sérieuse.

Les résultats expérimentaux que nous possédons n'indiquent pas qu'une tolérance aussi étroite soit nécessaire pour assurer que l'échelle soit définie sans ambiguïté. Nous n'avons pas étalonné de couples à 10 p. 100 dont la force électromotrice soit juste en dehors de l'intervalle proposé, mais nous possédons quelques résultats intéressants sur des couples à 13 p. 100. Deux couples, l'un en alliage à 10 p. 100 et l'autre en alliage à 13 p. 100, ont été étalonnés aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or avec les résultats suivants :

	Sb.	Ag.	Au.
10 p. 100.....	5543,7	9136,8	10324,9
13 p. 200.....	5922,1	9988,0	11350,5

Ils ont été aussi comparés entre eux à deux températures intermédiaires entre les points de solidification de l'antimoine et de l'argent, et les valeurs des forces électromotrices correspondantes ont été 7240,5 et 7830 d'une part, 8284 et 9014 d'autre part. En utilisant une loi quadratique déduite des trois points fixes dans chaque cas, nous trouvons les températures suivantes : 790°,4<sub>2</sub> et 790°,3<sub>0</sub> d'une part, 885°,0<sub>7</sub> et 884°,9<sub>5</sub> C d'autre part. Ces résultats laissent penser que des couples de platine pur et d'alliage platine-rhodium pur définiraient la même échelle dans un domaine assez large de la composition du fil de l'alliage, de sorte que, à ce point de vue en tout cas, la restriction ne paraît pas nécessaire, mais nous serions disposés à admettre une tolérance de  $\pm 50$  sur 10300 microvolts.

Cependant, la seule limitation de la force électromotrice au point de solidification de l'or n'est pas suffisante pour garantir qu'un couple est très satisfaisant, car il serait possible d'ajuster le contenu en rhodium d'un fil d'alliage très impur de façon à se conformer à une force électromotrice spécifiée au point de solidification de l'or, et dans de telles conditions la forme de l'échelle différerait sans aucun doute de la normale.

Il semble, par conséquent, que l'on pourrait admettre une tolérance plus large, mais qu'une certaine prescription additionnelle devrait être imposée afin d'assurer une forme satisfaisante

de la courbe. Dans ce but, votre proposition pour limiter la valeur du rapport  $\frac{E_{Au} - E_{Sb}}{E_{Au} - E_{Ag}}$  s'offre à l'esprit, mais nous discutons le mérite d'un critère différent dans notre commentaire de la troisième Partie.

### TROISIÈME PARTIE.

Nous avons l'impression que la tentative pour donner un résumé très bref des meilleures techniques actuelles n'a pas été entièrement satisfaisante et a conduit à une présentation du sujet quelque peu déséquilibrée. Par exemple, la technique de la manipulation des instruments de mesure de température proprement dite et les sources d'erreurs susceptibles de se présenter dans leur usage sont à peine mentionnées, tandis que les erreurs possibles dans les mesures auxiliaires de pression (bien qu'il faille admettre qu'elles sont importantes) sont traitées tout au long.

Il nous semble qu'il n'est guère possible de donner dans ce memorandum des renseignements suffisants pour répondre à toutes les exigences sans se référer aux travaux originaux publiés, et nous suggérons que cette section pourrait être quelque peu abrégée, mais qu'elle devrait être accompagnée d'une bibliographie annotée de toutes les publications capables de fournir un guide de quelque valeur sur les meilleures techniques à adopter.

Nous donnons en Appendice une liste de quelques articles émanant du N. P. L., qu'il pourrait être utile d'inclure dans une telle bibliographie, si cette idée vous agréait.

En dehors de cette question de la façon générale de rédiger cette troisième Partie, nous désirons soulever quelques points de détail.

*Section 2.* — Nous aimerions avoir quelques renseignements sur la façon dont vous êtes arrivés à la tolérance de 4,020 à 4,035 pour le rapport  $\frac{E_{Au} - E_{Sb}}{E_{Au} - E_{Ag}}$ .

En utilisant les résultats expérimentaux auxquels nous avons déjà fait allusion, nous obtenons les valeurs suivantes :

*Comparaisons internationales de 1933.*

P. T. R.....	4,028 et 4,018	} d'après les observations du N. P. L.
N. B. S.....	4,040 et 4,036	
N. P. L.....	4,022 et 4,037	

*Étude du N. P. L. en 1939.*

4,033, 4,028 et 4,030.

La valeur obtenue, d'après le tableau des forces électromotrices que nous utilisons pour les couples étalons employés dans notre travail d'étalonnage courant est 4,024.

Le critère proposé aurait, par conséquent, pour effet d'exclure quelques couples tout à fait satisfaisants, tandis que, en même temps, il ne nous paraît pas fournir une épreuve suffisamment sensible de la pureté des fils du thermocouple et de la technique expérimentale, ce à quoi il est destiné. Par exemple, si un couple avait été étalonné correctement aux points de solidification de l'or et de l'antimoine, et si la valeur correcte de ce rapport était voisine d'une des limites, l'écart possible sur la valeur vraie du point de solidification de l'argent pourrait être 4 microvolts sans que le rapport soit pris en dehors des limites proposées. D'une façon correspondante, si les points de solidification de l'or et de l'argent étaient corrects, le point de solidification de l'antimoine pourrait être erroné de 18 microvolts.

Nous avons examiné le résultat de l'étalonnage d'un grand nombre de couples d'origines diverses aux trois points fixes, et nous sommes arrivés à la conclusion qu'il y a une relation définie entre  $E_{Au}$  et  $(E_{Au} - E_{Ag})$  et entre  $E_{Au}$  et  $(E_{Au} - E_{Sb})$ . Ainsi, lorsqu'on trace ces courbes, les points se disposent à très peu de chose près sur les lignes droites de la figure 2 (les droites moyennes ont été déterminées par la méthode donnée par Awbery, *Proc. Phys. Soc.*, 41, 1929, p. 384), et ceci suggère que l'on pourrait obtenir un contrôle très précis de la qualité du thermocouple et de la validité des observations en déterminant si les valeurs des forces électromotrices sont conformes à cette relation. Les critères peuvent être exprimés sous la forme suivante :

$$(1) \quad E_{Au} - E_{Ag} = 1185 + 0,158(E_{Au} - 10310) \pm 3$$

et

$$(2) \quad E_{Au} - E_{Sb} = 4774 + 0,631(E_{Au} - 10310) \pm 3.$$



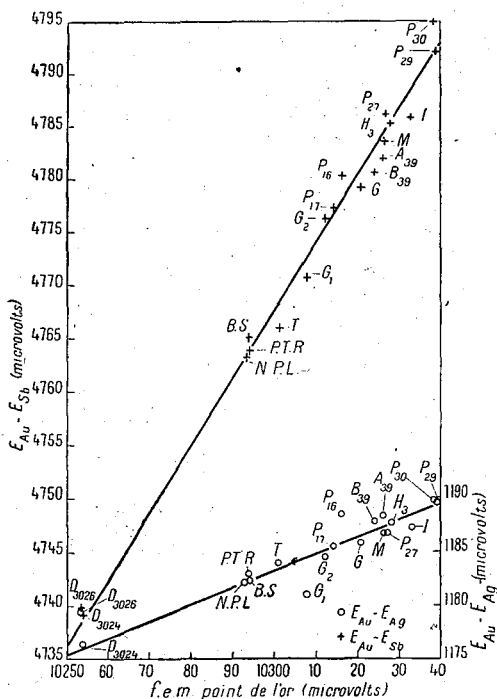


Fig. 2.

Couple	Manufacture	Référence
D 3024..	Allemagne 1930	Comparaisons internationales
D 3026..		
G <sub>1</sub> .....	États-Unis 1930	B. S. J. R. RP 573
G <sub>2</sub> .....		
P <sub>16</sub> .....	Grande-Bretagne 1930	Observat. N. P. L.
P <sub>17</sub> .....		
P. T. R..	Moyenne des 6 couples précédents	Obsv. P. T. R. (corrigé)
B. S.....	"	" B. S. ( " )
N. P. L..	"	" N. P. L. ( " )
P <sub>27</sub> .....	Grande-Bretagne 1938	Proc. Phys. Soc. 1939, 51, 695.
P <sub>29</sub> .....		
P <sub>30</sub> .....		
H <sub>3</sub> .....	Grande-Bretagne 1939	Étalons N. P. L.
A <sub>39</sub> .....		
B <sub>39</sub> .....	Grande-Bretagne 1946	Observat. N. P. L.
G.....		
I.....	S. S. Co	Observat. N. P. L. (Moy. de 6 couples)
M.....	Grande-Bretagne 1946	
T.....	S. S. Co	Tabl. de Réf. B. S. J. R. R. P. 530, 1933
	États-Unis 1933	

On remarquera que, d'après la figure 2, un seul des thermocouples donne une valeur qui tombe en dehors de ces limites, à savoir : le couple G<sub>1</sub> du National Bureau of Standards, d'après les observations du N. P. L. (comparaisons internationales déjà citées), l'écart étant environ 3,4 microvolts. Si l'on utilise cependant les observations finales du Bureau of Standards faites avec de l'argent d'inquartation, la discordance est réduite à 0,6 microvolts.

Les équations (1) et (2) ci-dessus peuvent être exprimées en fonction des constantes de l'équation parabolique de la façon suivante :

$$\begin{aligned} (1 \alpha) \quad & a + 4,1424 \cdot 10^2 b + 1,8275 \cdot 10^5 c = 2810 \\ (2 \alpha) \quad & a + 3,7812 \cdot 10^2 b + 0,2987 \cdot 10^5 c = 2750. \end{aligned}$$

Comme l'une quelconque de ces deux équations implique la détermination des trois points fixes, il semblerait que l'usage de l'une d'elles seulement serait un critère satisfaisant. Nous donnons ci-après (p. T 81) quatre exemples du calcul du premier membre de ces équations en utilisant les formules paraboliques pour des fils d'origines différentes.

Comme les équations (1) et (2) peuvent être utilisées directement d'après les observations aux points de solidification de l'antimoine, de l'argent et de l'or, tandis que les équations (1  $\alpha$ ) et (2  $\alpha$ ) nécessitent le calcul de l'équation quadratique comme étape préliminaire, nous sommes en faveur de l'utilisation des premiers critères en tant que moyen de déterminer la qualité du thermocouple et la validité des observations pour définir l'Échelle de Température.

Nous pensons que le dernier paragraphe de cette section pourrait peut-être être reconsidéré. Nous admettons que le couple étalon ne doit pas être chauffé au-dessus de 1100° C, et nous comprenons que vous n'avez pas l'intention de suggérer qu'un chauffage à cette température pourrait par lui-même provoquer un changement de 5 microvolts dans la force électromotrice. Nous hésitons beaucoup cependant à adopter la proposition selon laquelle on permettrait un changement de presque 5 microvolts dans la force électromotrice d'un thermocouple étalon ayant été porté à la température de solidification de l'or. Dans notre travail d'étalonnage courant, nous n'utiliserions pas un couple dont la force électromotrice au point de solidifi-

Origine du fil	Renseignements numériques tirés de	Equation parabolique $E = a + bt + ct^2$	Valeur du premier membre de l'équation	
			1 a.	2 a.
U. S. A. (N. B. S.).....	B. S. Reference Tables B. S. J. R. RP. 530 1933	$E = -333,29$ $+8,291\ 75\ t$ $+0,001\ 610\ 80\ t^2$	2807	2754
Angleterre (Johnson Matthey).....	N. P. L. Reference Table 1942	$E = -337,0$ $+8,3022\ t$ $+0,001\ 625\ t^2$	2805	2753 <sub>s</sub>
Angleterre (Sheffield Smelting Co).	N. P. L. 1947 (Moy. de 6 couples)	$E = -379,0$ $+8,403\ 23\ t$ $+0,001\ 568\ 74\ t^2$	2815 <sub>s</sub>	2751 <sub>s</sub>
Allemagne (Heraeus).....	N. P. L. (Couple D 3024) B. S. J. R. RP. 573 1931	$E = -337,20$ $+8,287\ 33\ t$ $+0,001\ 576\ 83\ t^2$	2807 <sub>s</sub>	2749 <sub>s</sub>

cation de l'or aurait changé de plus de 3 microvolts depuis sa force électromotrice initiale, et pour des étalonnages de premier ordre nous imposerions une tolérance plus sévère, par exemple ne dépassant pas un microvolt.

*Section 3.* — Ainsi que nous l'avons déjà dit dans notre commentaire de la deuxième Partie, nous sommes d'accord pour exprimer la pression normale en dynes par  $\text{cm}^2$ . Nous avons l'impression cependant qu'il y a une sorte d'incohérence dans la rédaction lorsque nous arrivons à la troisième Partie. Dans cette dernière on donne des équations qui relient la température d'équilibre à la pression qui règne au moment de l'observation.

En utilisant ces équations il faudra substituer à  $1013250$  dynes/ $\text{cm}^2$  une pression de  $760^{\text{mm}}$  de mercure à  $g = 980,665$  dynes/g et à  $0^\circ \text{C}$ , où ayant une densité de  $13,5951$  g/ $\text{cm}^3$ , sans que le choix entre les deux soit bien clair.

Nous préférons que la pression normale soit exprimée en dynes/ $\text{cm}^2$ , parce qu'elle est alors fondée uniquement sur les étalons primaires de masse, de longueur et de temps, éliminant ainsi toute incertitude sur l'expression de la pression en mercure ordinaire à  $0^\circ \text{C}$  ou en mercure de densité  $13,5951$  g/ $\text{cm}^3$ . Pour rendre effective la définition en dynes/ $\text{cm}^2$ , les équations thermométriques données dans la troisième Partie devraient être corrigées et rendues conformes à l'expression des pressions dans ces unités. La pression normale serait alors définie sans ambiguïté, et tout progrès dans la technique des mesures de pression, en particulier grâce à une meilleure connaissance de la densité et de la composition isotopique du mercure, serait sans répercussion sur la définition fondamentale.

Pour répondre aux besoins dans lesquels on n'exige pas la précision la plus élevée, on peut estimer désirable de maintenir en plus de la définition et des équations en dynes/ $\text{cm}^2$ , une référence à  $760^{\text{mm}}$  de mercure à  $0^\circ \text{C}$  et  $g = 980,665$  dynes/g, ainsi qu'à la valeur admise pour la densité et le coefficient thermique du mercure, et aux équations sous leur forme actuelle. Ceci serait possible, mais nous proposons de le faire d'une façon entièrement séparée des définitions et des recommandations.

Nous aimerions nous référer aux renseignements que vous donnez au sujet des corrections à appliquer à la hauteur observée de la colonne de mercure. Ceux-ci sont trop détaillés pour qui utilise un baromètre de conception ordinaire, étalonné directe-

ment ou indirectement par rapport à un baromètre normal primaire, et peut amener des confusions. D'un autre côté, les détails fournis sont insuffisants pour qui désire mesurer la pression d'après les principes fondamentaux. Nous pensons que ceci illustre nos remarques antérieures, d'après lesquelles il serait désirable de renvoyer à des références bibliographiques pour les renseignements sur les détails de technique.

---

ANNEXE III.

National Bureau of Standards

---

MÉMORANDUM RELATIF A UNE 5<sup>e</sup> SECTION

POUR LA QUATRIÈME PARTIE DU PROJET

D'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE

DE 1948

(24 JANVIER 1948)

(Traduction)

---

Les résultats de la comparaison de six thermomètres à résistance de platine avec un thermomètre à hélium dans le domaine de température qui s'étend de 10° à 90° K sont donnés dans le *Research Paper RP 1188, J. Research NBS, 1939, 22, 351*. Sauf à la partie inférieure de ce domaine de température, on a trouvé que la précision du thermomètre à résistance était environ dix fois la précision du thermomètre à gaz. On a pensé par conséquent qu'il était très désirable d'étendre l'Échelle Internationale de Température aux températures inférieures au point d'ébullition de l'oxygène, et que l'on devrait inclure dans le projet de 1948 des propositions qui étendraient, jusqu'aux températures voisines de 10° K, le domaine utile du thermomètre à résistance de platine.

Depuis 1939, environ quinze thermomètres à résistance ont été étalonnés par comparaison avec un ou plusieurs des six thermomètres qui avaient été précédemment étalonnés au moyen d'un thermomètre à hélium. Ces comparaisons ont été effectuées entre 10° et 90° K, en un nombre de points suffisant pour qu'on puisse établir un tableau ou un graphique d'après lesquels on peut déterminer la température en fonction de la résistance mesurée, ainsi qu'il est expliqué dans RP 1188.

Une étude récente des résultats obtenus dans ces intercompa-

raisons a montré qu'à toute température le rapport  $\frac{R_T - R_T}{R_{O_2} - R_{T_1}}$  est à peu près constant pour différents thermomètres,  $R_{O_2}$  étant la résistance au point d'ébullition de l'oxygène,  $R_{T_1}$  la résistance à un point d'étalonnage quelconque de température inférieure, et  $R_T$  la résistance à une température intermédiaire quelconque. Par exemple, lorsque  $R_{T_1}$  est le point triple de l'oxygène (54°,36 K), on a trouvé que le rapport ci-dessus a la même valeur, avec une exactitude de quelques millièmes de degré pour presque tous les thermomètres, à toute température comprise entre 54°,36 et 90°,19 K. Lorsque  $R_{T_1}$  est le point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre (20°,273 K), on a obtenu des résultats analogues pour tous les thermomètres dont le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  était supérieur à 1,3920. On a trouvé des différences beaucoup plus considérables, en particulier dans le domaine de 20° à 40° K, pour des thermomètres dont le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  était inférieur à 1,3920, ce qui souligne combien il est important et désirable d'adopter ce critère pour des thermomètres étalons. Celui-ci paraît être un critère nécessaire et suffisant de la pureté et de l'état physique du platine des divers thermomètres afin qu'ils suivent étroitement la même relation résistance-température.

Si l'on admet que le rapport  $\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$  est une fonction univoque de la température pour des thermomètres étalons, il fournit un moyen commode et reproductible pour interpoler toute température intermédiaire avec une précision bien meilleure qu'il n'a été possible avec les thermomètres à gaz. On peut attribuer des valeurs numériques à ce rapport, de telle sorte que la température dans cet intervalle soit aussi étroitement conforme à l'échelle Kelvin qu'il est possible dans l'état actuel de nos connaissances.

Jusqu'à présent aucune formule simple n'a été proposée pour représenter la relation résistance-température aux températures inférieures au point d'ébullition de l'oxygène. Dans la plupart des cas, un tableau est plus commode qu'une formule, surtout si la formule est compliquée. On propose, ci-après, un tableau donnant des valeurs échelonnées de degré en degré. Les valeurs numériques contenues dans le tableau sont fondées sur la valeur assignée à la température des deux points fixes et sur des inter-

comparaisons d'un thermomètre étalon avec l'un des thermomètres précédemment étalonnés au moyen d'un thermomètre à hélium. Un autre tableau donnant des températures échelonnées selon des intervalles égaux de  $\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$  serait plus commode pour déterminer la température d'après des mesures de résistance.

Les équations proposées pour la tension de vapeur de l'hydrogène en équilibre peuvent être utilisées pour étalonner des thermomètres à résistance de platine dans le domaine des températures comprises entre 22° et 11° K environ. La justification de ces équations, y compris celle de la valeur 20°,273 K pour la température du point normal d'ébullition de l'hydrogène en équilibre, paraîtra dans une prochaine publication du National Bureau of Standards, actuellement sous presse.

#### Paragraphe additionnel proposé.

5. *Températures inférieures au point d'ébullition de l'oxygène.* — Pour mesurer des températures inférieures au point d'ébullition de l'oxygène, on peut utiliser des thermomètres étalons à résistance de platine munis d'un tube protecteur contenant un peu d'hélium, sans avoir à les comparer à un thermomètre à gaz ou à des thermomètres qui auraient été contrôlés de cette façon. Entre le point d'ébullition de l'oxygène et celui de l'hydrogène, on peut obtenir la température en étalonnant un thermomètre à résistance de platine à un seul point fixe additionnel et en utilisant pour l'interpolation le rapport  $\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$  dans lequel  $R_{O_2}$  est la résistance au point d'ébullition de l'oxygène (90°,19 K ou —182°,97 C),  $R_{H_2}$  la résistance au point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre (20°,273 K), et  $R_T$  la résistance à une température intermédiaire quelconque T. On a trouvé que ce rapport a la même valeur pour tous les thermomètres étalons, avec une approximation d'environ 0,01 degré ( $\frac{R_{100}}{R_0}$  étant supérieur à 1,3920), à une température quelconque comprise entre ces points d'étalonnage. D'après la résistance observée, on peut obtenir la température dans ce domaine en



employant le tableau suivant qui donne, de degré en degré, la valeur de  $\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$ .

$^{\circ}$ K.	$\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$	$^{\circ}$ K.	$\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$	$^{\circ}$ K.	$\frac{R_T - R_{H_2}}{R_{O_2} - R_{H_2}}$
20,273..	0,000 00	44.....	0,208 38	68.....	0,599 61
21.....	002 41	45.....	222 35	69.....	617 37
22.....	006 10	46.....	236 63	70.....	635 17
23.....	010 25	47.....	251 19	71.....	653 02
24.....	014 87	48.....	266 02	72.....	670 90
25.....	019 98	49.....	281 11	73.....	688 81
26.....	025 59	50.....	296 43	74.....	706 76
27.....	031 70	51.....	311 98	75.....	724 73
28.....	038 31	52.....	327 75	76.....	742 73
29.....	045 44	53.....	343 70	77.....	760 76
30.....	053 07	54.....	359 84	78.....	778 80
31.....	061 21	55.....	376 15	79.....	796 88
32.....	069 85	56.....	392 62	80.....	814 97
33.....	078 99	57.....	409 24	81.....	833 08
34.....	088 61	58.....	426 01	82.....	851 21
35.....	098 71	59.....	442 90	83.....	869 35
36.....	109 26	60.....	459 93	84.....	887 51
37.....	120 27	61.....	477 07	85.....	905 67
38.....	131 70	62.....	494 32	86.....	923 85
39.....	143 54	63.....	511 67	87.....	942 03
40.....	155 78	64.....	529 11	88.....	960 21
41.....	168 40	65.....	546 64	89.....	978 39
42.....	181 39	66.....	564 23	90.....	996 55
43.....	194 72	67.....	581 89	90.19...	1,000 00

Aux températures comprises entre 22° K environ et 11° K environ, on peut étalonner un thermomètre à résistance de platine par la tension de vapeur de l'hydrogène liquide ou solide en équilibre en utilisant les équations suivantes, dans lesquelles P est la pression en millimètres de mercure et T est exprimé en degrés K :

Liquide.....  $\log_{10} P = 4,64392 - 44,3450/T + 0,02093 T$   
 Solide.....  $\log_{10} P = 4,62438 - 47,0172/T + 0,03635 T$

L'expression « hydrogène en équilibre » utilisée ici se rapporte à l'hydrogène composé de parahydrogène en équilibre avec l'ortho-hydrogène à la température T. D'ordinaire, la transformation de l'ortho en parahydrogène est lente, mais en présence d'un bon catalyseur, tel que le chromite de zinc ( $ZnCrO_2$ ) finement pulvérisé et activé par un chauffage à environ  $400^\circ C$  sous vide, l'équilibre est atteint en quelques minutes.

Le point triple de l'oxygène ( $54^\circ,363 K$ ) et le point triple de l'hydrogène en équilibre ( $13^\circ,813 K$ ) sont des points fixes additionnels qui peuvent être utiles dans ce domaine de température

---

ANNEXE IV

National Physical Laboratory.

---

NOTE SUR

LE THERMOCOUPLE ÉTALON EN PLATINE  
ET PLATINE A 10 POUR 100 DE RHODIUM

DÉFINITION DE LA COURBE : FORCE ÉLECTROMOTRICE-TEMPÉRATURE

(19 MAI 1948)

(Traduction)

---

Dans les commentaires du N. P. L. sur les propositions faites par le National Bureau of Standards pour l'Échelle Internationale de Température de 1948, on avait proposé que des relations entre la force électromotrice du thermocouple étalon en platine et platine à 10 p. 100 de rhodium aux points de solidification de l'or, de l'argent et de l'antimoine puissent être spécifiées dans des limites étroites, afin de donner un contrôle de la validité des observations et de la pureté des fils du thermocouple. D'après l'examen des valeurs de la force électromotrice obtenues au N. B. S., au N. P. L. et à la P. T. R. sur des thermocouples d'origine américaine, britannique et allemande, 8 lots différents de thermocouples ayant été examinés, on a déduit les critères suivants :

$$E_{Au} - E_{Ag} = 1185 + 0,158 (E_{Au} - 10310) \pm 3 \text{ microvolts,}$$

$$E_{Au} - E_{Sb} = 4774 + 0,631 (E_{Au} - 10310) \pm 3 \text{ microvolts.}$$

(4776 unités absolues).

Depuis que ces commentaires ont été faits, on a pu disposer de quelques résultats supplémentaires, qui sont d'un intérêt consi-

dérable pour démontrer la valeur de ces critères. On a trouvé six thermocouples, deux provenant de chacun des trois lots, qui satisfaisaient la condition relative à  $E_{Au} - E_{Ag}$ , mais qui donnaient des valeurs quelque peu supérieures à celle qui est indiquée par l'équation relative à  $E_{Au} - E_{Sb}$ . Les résultats étaient les suivants :

Thermocouple n <sup>o</sup> ..	Microvolts (Unités internationales).					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$E_{Au}$ .....	10316,7	10323,7	10328,7	10325,4	10303,3	10305,8
$E_{Ag}$ .....	9129,4	9137,0	9140,1	9136,8	9119,7	9121,0
$E_{Au} - E_{Ag}$ .....	1187,3	1186,7	1188,6	1188,6	1183,6	1184,8
Critérium.....	1186,1	1187,2	1188,0	1187,4	1183,9	1184,3
$E_{Sb}$ .....	5529,6	5535,9	5535,2	5535,3	5529,9	5528,3
$E_{Au} - E_{Sb}$ .....	4787,1	4787,8	4793,5	4790,1	4773,4	4777,5
Critérium.....	4778,2	4782,6	4785,8	4783,7	4769,8	4771,3
Différence observa- tion-critérium...	+8,9	+5,2	+7,7	+6,4	+3,6	+6,2
Différ. moyenne...	6,3					

En utilisant la valeur moyenne des forces électromotrices données par les six thermocouples mentionnés ci-dessus aux points de solidification de l'or, de l'argent et de l'antimoine, on a déterminé l'équation quadratique, et l'on a trouvé qu'il était nécessaire d'assigner au point de solidification de l'argent une valeur de  $961^{\circ},0$  C pour pouvoir obtenir un accord à  $0,1$  degré près avec l'échelle du thermomètre à résistance, en descendant jusqu'à  $55^{\circ}$  C. On avait montré, cependant, dans nos commentaires, auxquels nous faisons allusion ci-dessus, qu'un lot de six thermocouples qui satisfaisaient au critérium exigeaient pour le point de solidification de l'argent une valeur de  $960^{\circ},9$  C pour que soit réalisé l'accord avec l'échelle du thermomètre à résistance.

De bonnes raisons apparaissent d'après ces résultats, pour supposer qu'il y avait une différence de pureté dans les fils des deux lots de thermocouples, et ceci a été contrôlé par l'examen spectrographique de cinq thermocouples choisis de la façon suivante : les numéros 3 et 4 du tableau ci-dessus, G et H parmi les six thermocouples mentionnés dans nos commentaires précédents, et B. 39 extrait des étalons du N. P. L. Le rapport du spectroscopiste sur les analyses est reproduit ci-dessous :

Élément et raie décelés.	Thermocouple n°				
	G.	II.	3.	4.	B. 39.
<i>Fils de platine.</i>					
Or 2675.....	> 0,001 %	0,001 %	< 0,001 %	< N° 3	< N° 4
Argent 3280.....	à peine visible	à peine visible	à peine visible	très faiblement visible	faiblement visible
» 3382.....	non décelé	non décelé	non décelé	»	»
Cuivre 3273, 3274.....		raies faibles; pas de différences sensibles.			
<i>Fils de platine-rhodium.</i>					
Or 2675.....	à peine visible	à peine visible	faiblement visible	faiblement visible	à peine visible
Cuivre 3273, 3274.....		faiblement visible; pas de différences sensibles.			
Argent 3382.....	non décelé	à peine visible	à peine visible	faiblement visible	faiblement visible
Fer 3020, 3021, 2599, 2598, 2488....		faiblement visible; pas de différences sensibles.			
Palladium 3404, 3242.....	faiblement visible	faiblement visible	> G et H	> 3	très faiblement visible
Magnésium 2852, 2802, 2795.....		faiblement visible; pas de différences sensibles.			

Les éléments suivants ont été également recherchés mais n'ont été décelés dans aucun des échantillons : Al, B, Bi, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Sn, Ti, V, Zn, Ir, Os, Ru.

Les échantillons 3 et 4 étaient moins purs que les autres.

Le rapport ci-dessus a été établi par MM. Johnson-Matthey and Co. Ltd. d'après des résultats obtenus dans leur section de recherches. Avant que le rapport n'ait été achevé, on n'a pas révélé quels étaient les échantillons analysés. Parmi les cinq thermocouples examinés, G, H et B. 39 satisfaisaient au critérium, mais non 3 et 4, et ceux-ci se sont montrés moins purs, l'impureté étant du palladium dans le fil de platine-rhodium. Il est intéressant que les thermocouples qui ne satisfaisaient pas aux critères proposés étaient précisément ceux-là mêmes qui se sont montrés impurs à l'analyse spectrographique et présentaient une anomalie appréciable de courbure entre 550° et 630° C.

ANNEXE V

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

---

NOTES SUR LE PROJET DE RÈGLEMENT

DE

L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

DE TEMPÉRATURE DE 1948

ÉTABLI PAR LE

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS DES ÉTATS-UNIS

(21 MAI 1948)

(Traduction remise).

---

Le projet de « Règlement sur l'Échelle Internationale de Température de 1948 », proposé par le National Bureau of Standards, correspond en général au projet élaboré à la première session du Comité Consultatif de Thermométrie en 1939 et peut servir de base à la discussion sur l'échelle de température à la prochaine session du Comité Consultatif de Thermométrie.

Pourtant nous jugeons nécessaire de faire sur le projet du N. B. S. les quelques remarques suivantes et les propositions qui en résultent.

PARTIE 2.

3 b. N'ayant pas assez d'expériences dans la réalisation du point triple de l'eau, il serait plus sage de maintenir l'ancienne définition du point zéro. La relation du point zéro avec le point triple pourrait être donnée sous forme de remarque.

3 e. Il serait rationnel, selon notre opinion, de mettre le point de solidification de l'argent dans le groupe des points auxiliaires à

cause de l'incertitude considérable ( $\pm 0,3$  degré) avec laquelle on connaît à présent la valeur de ce point sur l'échelle thermodynamique; ainsi qu'à cause de la nécessité de maintenir rigoureusement au cours de la fusion de l'argent l'atmosphère de réduction intense ou le vide, pour garantir la précision nécessaire du résultat.

4. Il convient d'introduire ici un certain nombre de perfectionnements essentiels. Tout d'abord, il faut indiquer, pour le thermomètre de platine, les formules des différences, car la pratique de plusieurs années dans l'emploi des thermomètres de résistance en platine a montré que la constance des valeurs  $R_{100} - R_0$ ,  $\delta$  et  $\beta$  est observée à un plus haut degré que celle des valeurs  $R_0$ , A, B et C. Les formules des différences sont en outre plus commodes pour le calcul de la température.

4 a. Le texte de ce paragraphe devrait être formulé comme suit :

« Depuis  $0^\circ\text{C}$  jusqu'au point de solidification de l'antimoine la température  $t$  est définie à l'aide de la formule

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} 100 + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

dans laquelle  $R_t$  est la résistance, à la température  $t$ , du thermomètre à résistance-étalon en platine;  $R_0$  et  $R_{100}$  sont les résistances du thermomètre à  $0^\circ$  et  $100^\circ$ . La constante  $\delta$  est déterminée<sup>3</sup> au moyen de la mesure de la résistance au point d'ébullition du soufre.

La pureté et les propriétés physiques du platine dont le thermomètre est fait, doivent être telles que le rapport  $\frac{R_{100}}{R_0}$  soit plus grand que 1,3920.

La relation  $\frac{R_s - R_0}{R_{100} - R_0}$  ( $R_s$  = résistance au point d'ébullition du soufre) du thermomètre-étalon doit être comprise entre 4,2165 et 4,2180 ».

4 b. La limitation de ce domaine au point d'ébullition de l'oxygène ne trouve pas d'objections. Le texte du paragraphe doit être formulé comme suit :



« Du point d'ébullition de l'oxygène à 0°C la température est définie à l'aide de la formule

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} 100 + \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} + \beta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \left( \frac{t}{100} \right)^3,$$

dans laquelle  $R_t$ ,  $R_0$  et  $R_{100}$  ont le sens indiqué au paragraphe 4a.

La constante  $\delta$  est déterminée au moyen de la mesure de la résistance du thermomètre au point d'ébullition du soufre en se servant de la formule, sans le terme contenant  $\beta$ . La constante  $\beta$  est déterminée au moyen de la mesure de la résistance au point d'ébullition de l'oxygène.

Le thermomètre employé dans ce domaine doit conduire à un rapport

$$\frac{R_0 - R_{0_2}}{R_{100} - R_0}$$

( $R_{0_2}$  = résistance au point d'ébullition de l'oxygène) compris entre 1,926 et 1,928 ».

4c. Nos recherches ont démontré qu'à cause de la proximité des températures de solidification de l'or et de l'argent, ainsi qu'à cause des valeurs considérables d'incertitudes avec lesquelles les valeurs de ces températures sont admises dans l'échelle thermodynamique, la méthode actuelle de définition de l'échelle d'après les points Sb, Ag et Au a pour résultat des écarts très grands entre l'Échelle pratique internationale et l'échelle thermodynamique, ces déviations atteignant  $\pm 0,54$  degré dans le domaine de 800 à 850°C. Nous jugeons rationnel d'exclure le point de solidification de l'argent et de réaliser la construction de la région thermodynamique de l'échelle d'après les points Zn, Sb et Au et la température de solidification des échantillons donnés, Zn et Sb étant définis au moyen d'un thermomètre à résistance étalon au point d'ébullition du soufre et les points de solidification Sb et Au. Les déviations probables d'une pareille échelle avec l'échelle thermodynamique dans la région de 800 à 850°C ne dépassent pas  $\pm 0,26$  degré.

Également, pour définir la température  $t$  d'après la force électromotrice d'un thermocouple en platine platine-rhodié, nous jugeons rationnel d'employer la formule analogue à celle de Callendar pour le thermomètre en platine :

$$t = t_{Zn} + \frac{e_t - e_{Zn}}{e_{Sb} - e_{Zn}} (t_{Sb} - t_{Zn}) + \epsilon \left( \frac{t}{t_{Zn}} - 1 \right) \left( \frac{t}{t_{Sb}} - 1 \right),$$

où  $\epsilon$  est une constante déterminée au moyen des observations au point de solidification de l'or.

L'emploi de cette formule établit l'uniformité des formules d'interpolation.

4 d. La proposition du Bureau of Standards concernant le changement de la valeur  $C_2$ , 1,432 pour 1,438 cm.degré nous semble ne pas être assez fondée. C'est pourquoi nous jugeons rationnel de nous abstenir pour le moment du changement de la valeur admise de  $C_2$  jusqu'à ce qu'on ait obtenu des données expérimentales plus sûres.

### PARTIE 3.

1. Il faudrait transférer les exigences aux relations des intervalles dans les paragraphes correspondants de la partie 2. La nécessité de se servir du critère  $\frac{R_S - R_0}{R_{100} - R_0}$  n'est pas fondée.

3. Il n'est pas nécessaire de traiter en détail l'introduction des corrections au baromètre.

11. La valeur que nous avons admise cette année pour la température absolue du point de glace  $T_0 = 273^{\circ},16$  avec l'erreur probable  $\pm 0^{\circ},01$  correspond complètement à la recommandation de ce paragraphe.

### PARTIE 4.

1. Ce paragraphe doit être exclu, car il n'y a pas de raisons de garder dans le texte du « Règlement » deux genres de formules d'interpolation.

2. D'après notre expérience, il faut attribuer au point de solidification du mercure la valeur  $-38^{\circ},86$ .

4. Ce paragraphe, qui concerne la divergence entre l'Échelle Internationale jusqu'à  $400^{\circ}$  C et l'échelle thermodynamique, devrait, selon notre opinion, être exclu, malgré l'importance de la question posée. Les données citées dans cette partie ne touchent qu'une région comparativement petite de l'échelle de température, et, outre cela, elles ne sont pas assez incontestables pour qu'on puisse les introduire dans le « Règlement sur l'Échelle Internationale de Température ».

ANNEXE VI.

Laboratoire Électrotechnique de Tokio.

SUR L'ERREUR CAUSÉE

PAR LA

CONDUCTION THERMIQUE DU THERMOCOUPLE

ET SON INFLUENCE SUR L'ÉCHELLE  
INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE

Par le Dr. M. TANAKA et M. K. OKADA

(1<sup>er</sup> AVRIL 1948).

1. *Introduction.* — Quand on mesure la température d'équilibre d'un métal en fusion ou en solidification par un thermocouple, différentes valeurs de la température ( $T_J$ ) sont obtenues qui s'approchent de la valeur ultime ( $t_0$ ) à mesure qu'augmente la profondeur d'immersion dans le métal.

Le présent article expose une méthode pour déceler et pour compenser l'erreur susmentionnée ( $\theta_0 = T_J - t_0$ ), afin que la valeur ultime ( $t_0$ ) soit obtenue.

Les causes<sup>(1)</sup> du changement de la température observée sont les suivantes :

a. Changement de la répartition de la température dans les bras du couple dont la propriété thermoélectrique n'est pas strictement homogène.

---

<sup>(1)</sup> *Researches of the Electrotechnical Laboratory*, n° 404, p. 3-16 (août 1936); *Electrotechnical Journal*, Vol. 1, n° 2, p. 42-48 (juillet 1937).

b. Changement de la température à la soudure de mesure avec le changement du courant de chaleur dû à la conduction thermique.

Les auteurs de cette Note ont étudié le traitement thermique des fils conducteurs et ont découvert une nouvelle méthode pour examiner strictement l'homogénéité de ces fils. En utilisant des fils ainsi obtenus, ils ont construit un thermocouple d'un type spécial qu'ils appellent le thermocouple à trois bras.

Au moyen de ce thermocouple, les auteurs ont réussi à compenser l'erreur causée par conduction thermique dans la détermination des températures, c'est-à-dire que les températures obtenues s'accordent, dans la limite des erreurs d'observation, malgré le changement de la profondeur d'immersion, de la condition du four et de la répartition de la température dans les bras.

De plus, il a été démontré que la température d'équilibre est bien la même au moment de la solidification et de la fusion d'un métal.

II. *L'erreur causée par la conduction thermique.* — Quand les conditions dans le four sont maintenues constantes autant qu'il est possible, les températures d'équilibre observées dans les fusions répétées d'un métal varient régulièrement avec la profondeur d'immersion. La relation entre l'immersion ( $a$ ) et l'erreur  $\theta_{0,a}$  est représentée par la courbe F de la figure 1.

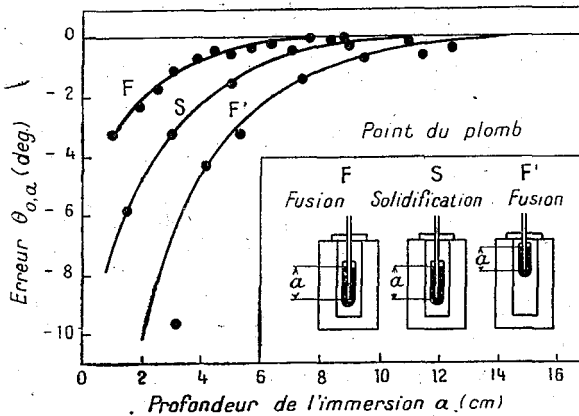


Fig. 1. — Relation entre l'immersion et l'erreur causée par la conduction thermique.

La courbe S est obtenue lors de solidifications répétées, et la courbe F', lors de fusions répétées en élevant le creuset plus haut que dans le premier cas.

Dans toutes ces conditions la température observée ( $T_J$ ) s'est approchée de la même température ultime ( $t_0$ ) à mesure qu'on augmentait la profondeur de l'immersion.

Désignant la profondeur de l'immersion par  $a$ , et les erreurs causées par la conduction par  $\theta_{0,a}$ , la relation suivante pourra être déduite de ces courbes :

$$(1) \quad \theta_{0,a} = \theta_0 e^{-\alpha a}.$$

Dans cette formule,  $\theta_0$ , erreur correspondant à une profondeur

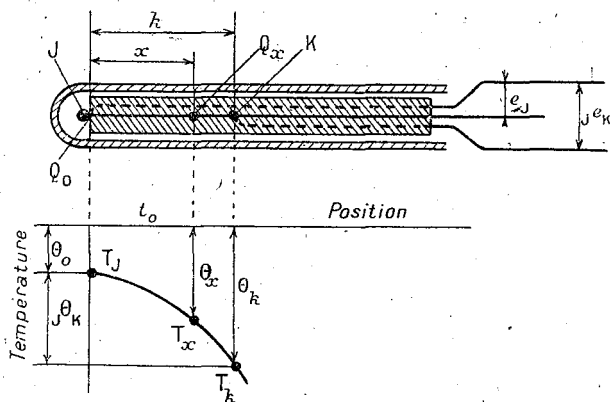


Fig. 2. — Schéma du thermocouple à trois bras.

nulle, est déterminé par les conditions extérieures, et  $\alpha$  est une constante propre définie par la matière et par la construction du thermocouple.

La relation établie par l'équation (1) s'accorde avec les considérations théoriques développées par un des auteurs (1).

3. *Principe du thermocouple à 3 bras.* — Le thermocouple à 3 bras possède 3 fils conducteurs et une soudure auxiliaire K, séparée de  $k$  cm. de la soudure de mesure J, comme il est montré dans la figure 2.

(1) *Denkishikenjo-icho*, p. 310, n° 8, 1945 (en japonais).

On peut mesurer les forces électromotrices ( $e_J$  et  $e_{J,K}$ ) qui correspondent respectivement à la température ( $T_J$ ) de la soudure de mesure J et à la différence de température ( $\theta_{J,K}$ ) entre J et K.

Dans une partie infinitésimale de longueur  $dx$  (cm) d'un fil élémentaire on exprime la résistance thermique en direction axiale, la résistance entre l'extérieur du tube protecteur et la surface du fil  $dx$ , et la résistance à l'extrémité du tube protecteur, respectivement par  $\gamma dx$ ,  $\frac{dx}{\rho}$  et  $\Gamma$  (degré/W).

La relation entre Q et  $\theta$  peut être représentée par des équations telles que

$$(2) \quad \begin{cases} Q_x = Q_0 + \int_0^x \frac{\theta_x}{\rho} dx \\ \theta_x = \theta_0 + \int_0^x \gamma Q_x dx, \end{cases}$$

où la différence des températures  $T_x$  et  $t_0$  est  $\theta_x$  (degré), et le courant thermique de conduction est  $Q$  (W), et la variable  $x$  représente la distance entre le point considéré et la soudure de mesure (J).

En tenant compte de la condition extérieure  $\theta_0 = \Gamma Q_0$ , la solution de  $\theta_x$  peut être obtenue, et l'équation suivante peut en être déduite :

$$(3) \quad \frac{\theta_0}{\theta_{J,K}} = \frac{\theta_0}{\theta_k - \theta_0} = \frac{1}{\cos h \alpha k + \beta \sin h \alpha k - 1} = K,$$

où

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} = \alpha, \quad \frac{\sqrt{\gamma}}{\Gamma} = \beta.$$

Ainsi, K devient une constante parce que  $\alpha$  est une constante. Donc, on peut avoir

$$(4) \quad t_0 = T_J + K(\theta_{J,K}),$$

$$(5) \quad e_0 = e_J + K(e_{J,K}).$$

La valeur de  $e_0$  ne peut être mesurée directement, mais elle peut être calculée en utilisant les valeurs mesurées de  $e_J$  et de  $e_{J,K}$ , parce que la valeur de K peut être obtenue à partir du résultat de plus de deux mesures.

Voici un exemple de la détermination de  $e_0$  d'après la méthode susmentionnée.

La figure 3 montre le cas de la courbe de fusion et de celle de solidification au point de l'or, et la figure 4 prouve que toutes les valeurs de  $e_j$  en fonction de  $e_{j,k}$  se trouvent sur une ligne droite inclinée, et ainsi la valeur ultime de  $e_0$  peut être trouvée au point d'intersection de cette ligne avec l'axe des ordonnées ( $e_{j,k} = 0$ ).

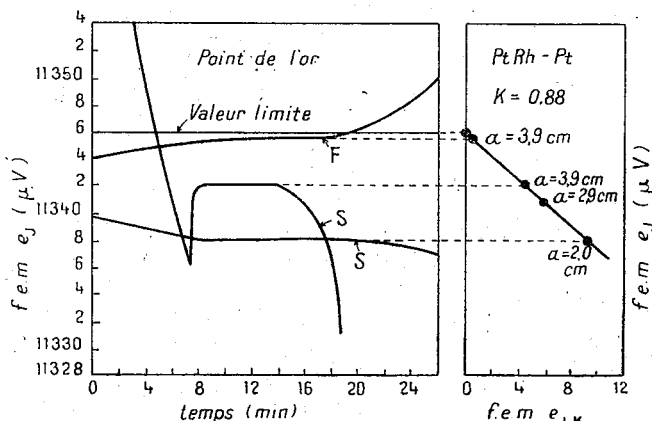


Fig. 3 et 4. — Relation entre les températures apparentes de fusion et de solidification de l'or et la valeur limite.

4. *Vérification expérimentale de l'utilité du thermocouple à 3 bras.* — Afin de vérifier l'utilité du thermocouple à 3 bras, les trois expériences suivantes ont été exécutées avec succès.

A. La température de l'huile (200° C environ) chauffée uniformément dans un épais creuset a été mesurée avec un thermocouple à 3 bras; d'autre part, la température ( $t_{01}$ ) de la même huile a été mesurée directement avec un autre thermocouple mince et nu qui est enroulé autour du tube protecteur.

Les résultats sont montrés dans la figure 5, où  $\theta_0$  désigne la différence de température ( $T_j - t_{01}$ ).

On trouvera que chaque température déduite des résultats observés avec le thermocouple à 3 bras s'accorde presque avec celle qui a été mesurée directement.

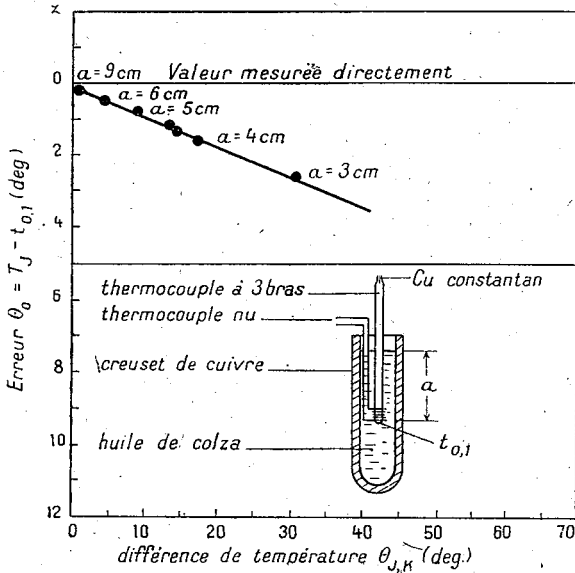


Fig. 5. — Relation entre l'erreur  $\theta_0$  et la différence de température  $\theta_{J,K}$ .

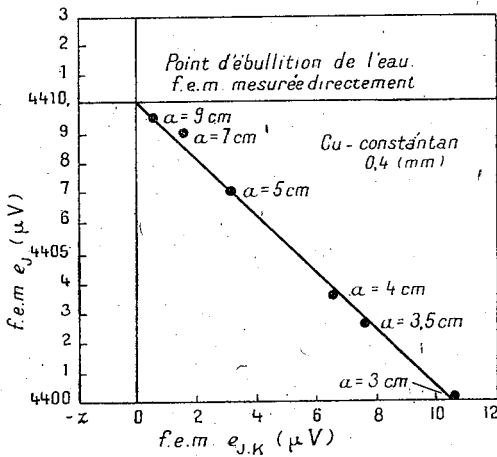


Fig. 6. — Comparaison de la valeur limite obtenue avec le thermocouple à trois bras, à la valeur mesurée directement.



B. Une autre expérience similaire a été exécutée au point d'ébullition de l'eau. Cette fois, pour mesurer la température de vapeur directement, on a utilisé le même thermocouple à 3 bras, sans tube protecteur, et le résultat a été inscrit dans la figure 6.

La valeur obtenue par le thermocouple à 3 bras et celle qui est mesurée directement se sont accordées à 4410,1  $\mu$ V.

C. La troisième expérience est la mesure de la température d'équilibre au point de l'antimoine, l'erreur causée par conduction thermique étant compensée par le thermocouple à 3 bras. La valeur obtenue a été trouvée la même à n'importe quelle profondeur d'immersion.

*Valeurs obtenues au point de solidification de l'antimoine.*

Métal.	Profondeur d'immersion (cm).	$e_J$ ( $\mu$ V).	$e_{J,K}$ ( $\mu$ V).	K.	$e_0$ ( $\mu$ V).
Antimoine (Schering Kahlbaum) 99,99 %.	1,9	5918,3	10,9	0,34	5922,0
	2,7	5919,8	7,0	»	5922,2
	3,2	5920,9	3,6	»	5922,1
	4,3	5921,1	2,3	»	5922,0
			Moyenne.....		5922,1
	1,9	5920,3	6,2	0,21	5922,1
	2,7	5921,5	3,5	»	5922,2
	3,2	5921,7	2,5	»	5922,2
	5,4	5921,5	2,2	»	5922,0
			Moyenne.....		5922,1
	4,3	5921,3	2,2	0,35	5922,1
	2,1	5918,1	11,3	»	5922,1
	3,2	5920,1	3,7	»	5922,1
	2,7	5919,4	7,7	»	5922,1
			Moyenne.....		5922,1
	4,3	5921,4	2,3	0,33	5922,2
3,2	5921,3	2,6	»	5922,2	
2,7	5920,6	4,6	»	5922,1	
2,1	5919,4	8,4	»	5922,2	
		Moyenne.....		5922,2	
		Moyenne générale...		5922,1	

5. *Erreur causée par conduction thermique dans la reproduction de l'Échelle Internationale de Température.* — Désignons par  $\theta_{0,a}$  l'erreur du thermocouple immergé dans un métal à la profondeur de  $a$  cm et par  $\Delta\theta_0$  le changement de la température indiquée lors de l'augmentation de  $1^{\text{cm}}$  de la profondeur de cette immersion; la relation entre ces deux grandeurs peut s'exprimer par

$$(8) \quad \theta_{0,a} = \frac{\Delta\theta_0}{1 - e^{-\alpha}}$$

Dans l'article 5 des spécifications détaillées du texte corrigé concernant l'adoption d'une Échelle Internationale de Température (1933), la clause suivante est spécifiée.

*« La profondeur de l'immersion doit être telle que, pendant le temps de solidification, on puisse élever ou abaisser le thermocouple d'au moins  $1^{\text{cm}}$  à partir de sa position normale, sans changer d'un microvolt la force électromotrice. »*

Quand la limite admissible de déplacement ( $1^{\text{cm}}$ ) et celle de changement de la force électromotrice ( $1 \mu\text{V}$ ) sont appliquées à l'équation (8), on voit que l'erreur peut atteindre  $1,6 \mu\text{V} \sim 1,1 \mu\text{V}$ , puisque la valeur de  $\alpha$  varie de 1,0 à 2,0 pour un thermocouple précis de platine et platine-rhodié.

Donc, il peut arriver que la reproductibilité à moins de 0,1 degré, ne soit pas réalisée à la limite admise dans les spécifications.

De plus, la clause suivante est indiquée dans les mêmes spécifications :

*« On peut aussi, au lieu de déplacer le thermocouple pour constater qu'il n'y a pas d'influence des conditions extérieures sur la température observée, déterminer les points de congélation et de fusion; si ceux-ci ne diffèrent pas de plus de 2 microvolts, les points de congélation peuvent être considérés comme satisfaisants. »*

D'après l'opinion des auteurs de cette Note, l'existence d'une différence entre ces deux forces électromotrices prouve la présence d'une erreur causée par la conduction. Lorsque la limite admissible de la différence susmentionnée est de  $2 \mu\text{V}$ , l'erreur du point de congélation se monte à plus de  $2 \mu\text{V}$  assurément.

Par conséquent, la reproductibilité à 0,1 degré près ne peut être obtenue.

Il n'est donc pas nécessaire de distinguer les points de solidification et de fusion dans les spécifications détaillées de l'Échelle Internationale de Température, parce qu'ils s'accordent étroitement, l'erreur causée par conduction pouvant être compensée comme il est décrit ci-dessus.

Les auteurs de cette Note proposent de réviser la rédaction de l'article 5 des spécifications détaillées dans le texte corrigé (1933) de l'Échelle Internationale de Température, et de recommander l'adoption du thermocouple à 3 bras.

Ils voudraient que ce problème soit étudié de façon plus approfondie dans tous les laboratoires nationaux dont ils espèrent le concours pour soutenir cette proposition.



ANNEXE VII.

National Bureau of Standards.

---

SUR LE CHOIX DE LA CONSTANTE  $C_2$

PAR M. H. F. STIMSON

Extrait d'une lettre adressée au Directeur du Bureau International  
des Poids et Mesures (Traduction).

---

Washington, le 6 avril 1948.

.....

Depuis que le projet d'une Échelle Internationale de Température de 1948 a été distribué en octobre dernier, on a mis en doute les fondements de la valeur 1,438 adoptée pour la constante  $C_2$  de la loi du rayonnement et la confiance que l'on pouvait avoir en cette valeur. Le choix de la valeur proposée reposait principalement sur le poids des arguments apportés par l'examen critique minutieux des constantes physiques du Professeur R. T. Birge, mais notre confiance a été quelque peu renforcée par un article récent de Van Dusen et Dahl, dans lequel la valeur moyenne de  $C_2$  a été trouvée 1,4382, le domaine d'incertitude s'étendant, il est vrai, de 1,4364 à 1,4396.

Depuis l'établissement du projet du National Bureau of Standards, nous avons reçu quelques exemplaires d'une mise au point sur « Notre connaissance des constantes atomiques F, N,  $m$  et  $h$  en 1947 et d'autres constantes qui s'en déduisent » par DuMond et Cohen. Cette mise au point tient grand compte de celle du Professeur Birge, mais y incorpore les résultats d'expériences nouvelles et d'améliorations dans la technique expérimentale, et paraît être par conséquent la mise au point la plus digne de confiance que nous connaissions à l'heure actuelle.

.....

*Note du Bureau International :*

D'après les documents joints à cette lettre, qui constituent une mise au point de Jesse W. M. DuMond et E. Richard Cohen, la valeur la plus probable de la deuxième constante de la loi de Planck est

$$C_2 = 1,43847 \pm 0,00019 \text{ cm. degré.}$$

Le nombre qui suit le signe  $\pm$  est l'erreur probable qui découle de l'emploi de la méthode des moindres carrés pour le calcul des constantes  $F$ ,  $N$ ,  $m$  et  $h$  d'après les données expérimentales choisies.

La valeur 1,438, proposée par le National Bureau of Standards dans son projet d'une Échelle Internationale de Température de 1948, se trouve donc confirmée par l'étude récente de DuMond et Cohen.

23 avril 1948.

ANNEXE VIII.

---

OBSERVATIONS SUR L'ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE  
ET SUR L'UNITÉ DE CHALEUR

présentées

PAR M. W. SWIETOSLAWSKI.

(14 AVRIL 1948)

---

*Thermométrie des très basses températures.*

Je suis d'accord en principe avec la proposition du National Bureau of Standards de Washington D. C., mais je considère comme utile d'annexer à la décision une instruction avec indications sur le mode des mesures de températures à l'aide de thermomètres électriques à résistance, pour éviter des erreurs systématiques ou accidentelles qui seraient dues à l'introduction de chaleur par le courant électrique parcourant le thermomètre à résistance. Cette source d'erreurs peut être pratiquement éliminée par l'usage d'un amplificateur et par la réduction de l'intensité du courant au minimum possible.

Des fautes appréciables de ce genre ont été commises dans la pratique, fautes qui étaient dues au manque de corrections pour la chaleur de Joule.

*Question du point triple de l'eau.*

Je ne vois pas en principe de difficulté pour la substitution du point triple de l'eau au point de fusion de la glace comme point fixe fondamental, mais il faudrait, à mon avis, souligner le fait que nous possédons aujourd'hui des appareils cryométriques permettant de constater le point triple de l'eau sans aucune difficulté. Ne devrait-on donc pas ajourner la décision pour ne pas se voir

obligés de la changer prochainement, surtout lorsque ces appareils seront en usage courant aux laboratoires?

*Unité de chaleur.*

Comme président des Commissions réunies :

1<sup>o</sup> Commission des Constantes Physico-Chimiques du Conseil International des Unions Scientifiques,

2<sup>o</sup> Commission des Données Physico-Chimiques,

3<sup>o</sup> Commission du Bureau des Étalons Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie,

je vous communique que la séance commune des trois Commissions susdites a conçu la résolution suivante :

*a.* L'unité de quantité de chaleur est la quantité de chaleur équivalente à l'unité d'énergie, désignée sous le nom de joule et égale à  $10^7$  ergs.

*b.* Lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision, par comparaison avec la chaleur spécifique de l'eau à une certaine température  $\theta^{\circ}$ , elles seront évaluées en « calories à  $\theta^{\circ}$  ».

L'auteur des mesures devra indiquer dans sa publication le facteur de conversion qu'il a choisi pour lier le joule à la calorie.

*c.* Les termes précédemment employés de « Calorie Kilogramme » et « Grande Calorie » seront remplacés par celui de « Kilocalorie ».

Nous voyons que les points *a.* et *c.* de cette résolution, à laquelle s'est jointe aussi la Commission permanente de thermo-chimie et qui a été approuvée par le Conseil de l'Union Internationale de Chimie, sont identiques à la proposition du Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie).

Le point *b.* présente une modification sérieuse de la motion du Comité Consultatif de Thermométrie. Je mentionne qu'elle a été acceptée à l'unanimité non seulement par les chimistes mais aussi par la Commission des Constantes Physico-Chimiques du Conseil International des Unions Scientifiques, où ont participé les physiciens prenant part à cette Commission de la part de l'Union Internationale de Physique.

La question d'une nouvelle définition de l'unité de chaleur se heurte à une résistance accentuée de maints spécialistes de divers pays et cet état de chose devrait être pris en considération par le Comité Consultatif de Thermométrie.

Les résolutions sus-mentionnées, ont été publiées dans les Comptes Rendus de la XIV<sup>e</sup> conférence, Londres 17-24 juillet 1947 (p. 72).



ANNEXE 'IX.

Scientific Research Institute, Ltd., Tokio.

(précédemment : Institute of Physical and Chemical Research)

SUR LA TEMPÉRATURE DE FUSION DE LA GLACE  
DANS L'ÉCHELLE KELVIN

PAR M. MASAO KINOSHITA

Extrait d'une lettre adressée au Président du Comité Consultatif  
de Thermométrie et Calorimétrie (Traduction).

31 Komagome Kamifujimae-cho,  
Bunkyo-ku, Tokyo.

5 mai 1948.

.....  
En ce qui concerne la valeur la plus probable de  $T_0$ , Oishi et moi-même sommes d'avis que les résultats obtenus depuis 1929 sont suffisants pour qu'on en tienne compte.

En utilisant les valeurs moyennes  $[d(pv)/dp]_0$  et  $[d(pv)/dp]_{100}$  adoptées à la P. T. R., à Leyde et au M. I. T., on obtient :

$T_0 = 273^{\circ},152$  par 37 points (1929-1937),

$T_0 = 273^{\circ},155$  par 47 points (1929-1939) y compris  
10 points obtenus par Beattie,

$T_0 = 273^{\circ},154$  par 55 points (1929-1942) y compris

8 points obtenus par Oishi sur He, H<sub>2</sub>, Ne et A.

On obtient les valeurs moyennes suivantes pour chacun des expérimentateurs :

Auteurs.	T <sub>0</sub> .	Méthodes.
Heuse et Otto, 1929, 1930.	273, 147	$\alpha$ et $\beta$ pour He, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> et Ne
Keesom et autres, 1934.	273, 149	$\beta$ pour He
Kinoshita et Oishi, 1937.	273, 165	$\alpha$ et $\beta$ pour He, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> et Ne
Beattie et autres, 1939.	273, 170	$\beta$ pour N <sub>2</sub>
Oishi, 1942.	273, 145	$\alpha$ et $\beta$ pour He, H <sub>2</sub> , Ne et A
Moyenne.....	273, 155	

Les mesures sur Ne et A ne sont pas nombreuses. Si l'on met à part ces deux gaz, les nombres deviennent les suivants :

Heuse et Otto.....	273, 150
Keesom et autres.....	149
Kinoshita et Oishi.....	163
Beattie et autres.....	170
Oishi.....	147
Moyenne.....	273, 156

La valeur de la pente des isothermes obtenue par Oishi en 1942 sur six gaz comprenant l'air et CO<sub>2</sub>, étudiés à des pressions inférieures à deux atmosphères, ne s'accorde pas avec celle qui a été adoptée dans les trois laboratoires. Mais, comme il est peu probable qu'une erreur systématique soit présente dans la méthode des isothermes qu'il a employée, on devrait accorder la considération qui lui est due à la valeur qu'il a obtenue 273<sup>o</sup>, 148, valeur moyenne tenant compte de l'air et de CO<sub>2</sub>.

#### APPENDICE.

Le tableau suivant est extrait d'un Mémoire de M. Jiro Oishi, intitulé *Isothermes à 0° C et 100° C de l'hélium, de l'hydrogène, du néon, de l'argon, de l'air et du gaz carbonique aux pressions inférieures à deux atmosphères, et température absolue du point de fusion de la glace* et publié dans le *Bulletin of the Institute of Physical and Chemical Research*, Volume 21, N° 11, novembre 1942.

L'auteur a déterminé des isothermes à 0° et 100° et à des pressions inférieures à deux atmosphères. Leurs équations peuvent être écrites comme suit :

$$(p\nu)_{0,p} = a_0 + K_0.p,$$

$$(p\nu)_{100,p} = a_{100} + K_{100}.p.$$

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Gaz.	$K_0 \cdot 10^5 (1/\text{mHg})$ .	$K_{100} \cdot 10^5 (1/\text{mHg})$ .	$\alpha_0$ .	$\alpha_{100}$ .	$T_0$ .
He...	$60 \pm 1$	$58 \pm 3$	0,99940	1,36528	273,15
H <sub>2</sub> ...	$72 \pm 4$	$79 \pm 2$	0,99928	1,36511	273,15
Ne...	$51 \pm 1$	$60 \pm 3$	0,99949	1,36542	273,14
A....	$-133 \pm 2$	$-29 \pm 2$	1,00133	1,36790	273,16
Air..	$-80 \pm 2$	$21 \pm 1$	1,00080	1,36721	273,14
CO <sub>2</sub> ..	$-921 \pm 1$	$-446 \pm 1$	1,00921	1,37868	273,15
Moyenne.....					273,15

Considérant les résultats trouvés depuis 1929, la meilleure valeur de  $T_0$  est prise égale à

$$T_0 = 273^{\circ},155 \pm 0,015.$$

ANNEXE X.

---

L'ÉCHELLE ABSOLUE DES TEMPÉRATURES D'APRÈS GIAUQUE

PAR M. W. J. DE HAAS

(Extrait d'une lettre adressée au Directeur du Bureau International).

Leiden, 30 avril 1948.

.....

1° D'abord, je crois qu'il n'y a pas beaucoup de discordance à propos du point triple de l'eau. Je pense que ce sujet ne donnera pas beaucoup de difficultés. En réalité la détermination est tellement sûre et précise qu'on préférera le point triple au point de fusion de la glace. Reste la réduction du point de fusion de la glace au point triple.

2° L'échelle absolue d'après M. Giauque (*Nature*, 16 avril 1939, vol. 143, p. 623).

J'ai étudié cette question soigneusement, et il y a beaucoup à dire pour l'adoption d'une échelle absolue avec un seul point fixe. En développant le  $p\nu$  en série, on a

$$(1) \quad p\nu = A + Bp + Cp^2 + Dp^3,$$

A, B, C sont seulement des fonctions de T.

En adoptant avec la précision actuelle

$$(2) \quad p\nu = A + Bp$$

pour  $p$  infiniment petit,

$$p\nu = A.$$

$Bp$  a la dimension de  $p\nu$ , alors  $B \ll \nu$ .

$p\nu = A$  donne la température Kelvin, qui donne ensuite l'échelle thermodynamique.

La valeur d'un degré est adoptée arbitrairement :

$$T_{\text{vapeur à 1 atmosphère}} - T_{\text{glace}} = 100 \text{ degrés.}$$

Il faut remarquer que les points  $T_{\text{vap}}$  et  $T_{\text{gl}}$  ne sont pas fixés sur l'échelle.

On peut remarquer

$$(3) \quad \frac{T}{T_1} = \frac{A}{A_1} \quad \text{pour } T = 0, \quad A = 0, \\ \text{zéro abs} \\ A = p(\nu - B)$$

et ensuite,

$$\frac{T}{T_1} = \frac{p(\nu - B)}{p_1(\nu_1 - B_1)}$$

Pour un point  $T_x$  arbitraire on aura

$$(4) \quad T_x = \frac{A_x}{A_{100} - A_0} (T_{\text{vap}} - T_{\text{gl}}) = \frac{p_x(\nu_x - B_x) \cdot 100}{p_{100}(\nu_{100} - B_{100}) - p_0(\nu_0 - B_0)}$$

Pour déterminer exactement une température  $T_x$ , il faut déterminer soit les  $B_x$ ,  $B_0$  et  $B_{100}$  avec une grande exactitude, soit le  $B_x$  en adoptant les  $B_0$  et  $B_{100}$ . Cela dépendra.

Pour toutes les mesures qui ne demandent pas une exactitude excessive, on adoptera le  $B_0$  et  $B_{100}$ , qui sont à présent connus avec une grande précision.

Quand il sera nécessaire d'avoir la plus grande précision il faudra déterminer trois nombres fondamentaux  $B_x$ ,  $B_0$  et  $B_{100}$ .

$$(5) \quad T_{\text{glace}} = \frac{A_0 \cdot 100}{A_{100} - A_0} = \frac{p_0(\nu_0 - B_0) \cdot 100}{p_{100}(\nu_{100} - B_{100}) - p_0(\nu_0 - B_0)}$$

*Système Giauque.* — Adoptons le point triple (pour fixer les idées) à 273,1600.

Pour déterminer une température quelconque on aura

$$(6) \quad T_x = \frac{A_x}{A} T_0 = \frac{p(\nu - B)}{p_{\text{tr}}(\nu_{\text{tr}} - B_{\text{tr}})} 273,1600.$$

Dans le système de Giauque le nombre 273,1600 est fixe.

Comme on voit, quand on veut déterminer avec la plus grande exactitude une température  $T_x$ , on a besoin seulement de deux valeurs  $B$  et  $B_{tr}$  et non pas trois comme dans le système ancien.

Pour

$$\begin{aligned} T_{\text{vap}} - T_{\text{gl}} &= \frac{A_{100} - A_0}{A_{tr}} 273,1600 \\ &= \frac{p_{100}(\nu_{100} - B_{100}) - p_0 \nu_0}{p_{tr}(\nu_{tr} - B_{tr})} 273,1600. \end{aligned}$$

Maintenant  $T_0$ ,  $T_{\text{vap}} - T_{\text{gl}}$ ,  $T_{\text{vap}}$ ,  $T_{\text{gl}}$  peuvent changer.

Cependant, il faut remarquer qu'en adoptant le  $T_{\text{gl}}$  à 273,1500 (comme on le fait à présent) rien ne changera. Quand on déterminera des isothermes avec une précision excessive, de sorte que le  $B_{tr}$  change un peu, toutes les températures changeront. Mais dans le système qui est en vigueur à présent ce sera la même chose.

.....

ANNEXE XI.

National Bureau of Standards.

---

SUR LA DÉPENDANCE DES COEFFICIENTS  
DANS LES FORMULES D'INTERPOLATION

Par M. H. F. STIMSON.

(17 mai 1948 - Traduction)

---

Il est quelquefois difficile de déterminer pratiquement le point d'ébullition du soufre à l'aide d'un thermomètre à résistance conçu pour n'être employé qu'aux basses températures. On a trouvé qu'au moyen d'étalonnages aux points d'ébullition de l'eau, de fusion de la glace et d'ébullition de l'oxygène et en faisant usage de la relation empirique  $0,5852 \delta - \beta = 0,7622$ , on pouvait déduire des valeurs, pour les constantes  $R_0$ ,  $\alpha$ ,  $\delta$  et  $\beta$ , qui suffisent à interpoler toutes les températures de l'Échelle Internationale de Température, en dessous du point de fusion de la glace, avec un écart ne dépassant pas 0,01 degré.

---

ANNEXE XII.

SUR L'OPPORTUNITÉ DU CHANGEMENT DE LA DÉFINITION  
DE L'UNITÉ DE CHALEUR

BREF RAPPORT ET DEMANDE D'AVIS  
A LA COMMISSION DES DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES  
DE L'UNION INTERNATIONALE DE CHIMIE

Par Albert PÉRARD,  
*Directeur du Bureau International.*

3 mai 1947.

En 1938, sur les instances des Instituts nationaux de certains pays, le Comité International des Poids et Mesures avait chargé son Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie) d'étudier la question de l'unité de chaleur.

Le Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie) auprès du Comité International des Poids et Mesures est composé, comme les Comités Consultatifs semblables d'Électricité et de Photométrie, des délégués des six grands Laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis d'Amérique, de France, de Grande-Bretagne, du Japon, de l'U. R. S. S., et de spécialistes nominativement désignés.

Avant la session, la discussion avait été amorcée par correspondance, et elle avait abouti à un Rapport signé du savant spécialiste, alors Président du Comité Consultatif, le Professeur Keesom. Ce Rapport (*voir* Comité Consultatif de Thermométrie de 1939, p. T 110) doit servir de préambule au texte actuel.

Le Comité Consultatif a tenu session les 11 et 12 juillet 1939, et l'on avait prié d'y assister, à titre consultatif, MM. Cabrera, Fabry, membres du Comité International, et M. Abraham, alors



Secrétaire Général de l'Union Internationale de Physique, qui, les uns et les autres, ont pris une part active à la discussion.

Tous les membres présents se sont trouvés de l'avis qu'il convenait de réaliser la substitution d'une unité d'énergie (le joule) à l'unité spéciale de chaleur (la calorie), et, après des modifications de détail au texte présenté, on a abouti à la Résolution suivante, votée à l'unanimité :

#### RÉSOLUTION.

*a. L'unité de quantité de chaleur est la quantité de chaleur équivalente à l'unité d'énergie désignée sous le nom de « joule », égale  $10^7$  ergs.*

*b. La calorie est équivalente à 3600/860 joules ou 1/860 watt-heure.*

*c. Les termes précédemment employés de « calorie-kilogrammè » et « grande calorie » sont remplacés par celui de « kilocalorie ». La kilocalorie se trouve ainsi égale à 1/860 kilowattheure.*

REMARQUE 1. — *Le kilojoule est très voisin de l'unité de chaleur britannique*

$$1 \text{ BTU} = 1,055 \text{ kilojoule.}$$

REMARQUE 2. — *La calorie est pratiquement égale à l'ancienne calorie dite « à 15° C ».*

REMARQUE 3. — *En l'état actuel de la technique, la manière la plus précise de mesurer les quantités de chaleur est d'opérer par comparaison avec les quantités équivalentes d'énergie électrique.*

Cependant, il a été spécifié que cette Résolution, avec les remarques qui l'accompagnent, ne serait pas présentée pour sanction au Comité International des Poids et Mesures, avant que les autres organismes que la question intéressait aient été consultés. Ces organismes étaient au nombre de trois : l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, la Conférence des Steam Tables, et la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie.

Rien à dire de la Conférence des Steam Tables. Au moment où se faisait la consultation en 1939-1940, cette Conférence, dont le secrétariat était assuré par les Tchécoslovaques, avait cessé d'exister. A l'heure actuelle, il ne semble pas qu'elle ait été reconstituée.

Pour l'Union Internationale de Physique, M. Abraham, dans une lettre du 14 juillet 1939, répondait :

« ...Je vous prie de vouloir bien vous assurer, en comparant ce texte avec celui que la dernière Assemblée Générale de l'Union de Physique avait adopté en 1934, qu'il n'y a entre ces deux textes que des différences de rédaction absolument insignifiantes ; les deux textes sont en réalité identiques quant au fond.

« Dans ces conditions, il me semble que je n'outrepasse pas les devoirs de mes fonctions de Secrétaire Général de l'Union en vous demandant de considérer que l'Union Internationale de Physique est d'accord avec le Comité Consultatif de Thermométrie ».

A la session que vient de tenir, en janvier 1947, l'Union Internationale de Physique, la question n'a pas été abordée.

Quant à la Commission des Données Physico-Chimiques, son Secrétaire, M. Timmermans, en procédant, en 1939, à une enquête auprès de ses membres, a reçu des réponses favorables à la Résolution du Comité International, sauf deux oppositions individuelles de personnalités marquantes : celle de l'éminent Président lui-même de la Commission, M. Swietoslawski, et celle de M. Edgar Reynolds Smith. Les deux avis défavorables se trouvent résumés, par leur auteur, dans des Notes annexées au présent Rapport.

Le signataire du présent Rapport n'est aucunement compétent sur la question de l'unité de chaleur. Sans doute, ayant assisté à la discussion du Comité Consultatif de 1939, il s'est laissé entraîner par la conviction unanime de tous les spécialistes qui se trouvaient là, et il lui semble que les raisons des deux personnalités d'un avis opposé reposent sur la constatation de ce fait général dans tous les domaines des connaissances humaines, que les comparaisons entre grandeurs identiques sont<sup>6</sup> infiniment plus précises que les déterminations en valeur absolue ou les comparaisons entre grandeurs de constitutions différentes. Un

tel phénomène par exemple, qui se retrouve dans les grandeurs électriques, n'a pas empêché d'adopter les unités absolues.

Cependant, son opinion personnelle, qui est celle d'un profane, n'a qu'un faible poids, et la mission que lui a confiée le Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie) est seulement de solliciter, auprès de la Commission des Données Physico-Chimiques, une approbation éventuelle, sans laquelle ce Comité Consultatif ne voudra pas présenter, au Comité International des Poids et Mesures, la Résolution qu'il préconise.

ALBERT PÉRARD,

*Membre de la Commission  
des Données Physico-Chimiques.*

---

## COMMENTAIRES SUR LA RÉOLUTION DU COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE AU SUJET DE L'UNITÉ DE CHALEUR.

Par M. Edgar Reynolds SMITH,

MEMBRE DU COMITÉ POUR LES DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES

(28 août 1939)

En ce qui concerne le paragraphe (a), qui définit le joule égal à  $10^7$  ergs comme unité de quantité d'énergie thermique, je suis complètement d'accord.

Au sujet du paragraphe (b), qui définit la calorie comme étant égale à  $3600/860$  joules, et de la remarque 2, qui affirme que cette calorie est pratiquement égale à la calorie  $15^\circ$ , je pense que c'est une erreur d'introduire cette unité additionnelle et arbitraire et ceci pour les raisons suivantes :

1. Beaucoup de savants considèrent le terme calorie comme un nom pour la capacité calorifique de l'eau. A ce point de vue il ne faudrait pas assigner à la calorie une valeur n'ayant aucune relation avec la capacité calorifique de l'eau. Il pourrait se créer une confusion entre ceux qui adoptent cette « calorie » comme une unité définie d'énergie thermique, et ceux qui considèrent

la calorie comme un nom pour la capacité thermique de l'eau dont la valeur doit être déterminée par expérience.

2. Lorsqu'un expérimentateur mesure un effet calorifique en fonction des volts, des ohms et du temps, il exprime ses valeurs d'abord en joules. Ensuite, s'il désire les exprimer en calories ayant une signification en rapport avec la chaleur spécifique de l'eau, il peut utiliser le facteur de conversion pour la calorie 15° adopté par l'Union Internationale de Chimie en 1934, ou il peut choisir un autre facteur de conversion, y compris celui qui fait l'objet de cette discussion, à condition qu'il spécifie le facteur utilisé. On peut discuter si la proposition d'un facteur nouveau et dépourvu de signification produira l'uniformité ou augmentera la discordance dans la manière de présenter les résultats. Il semble trop optimiste de supposer que chaque expérimentateur abandonnera la vieille calorie en faveur de cette calorie nouvelle.

3. Il existe déjà en usage limité en Amérique une autre « calorie » arbitraire ayant une valeur définie de 4,1833 joules internationaux correspondant à une valeur intermédiaire entre 4,1837 et 4,1846 (en admettant que le facteur pour convertir le joule international en joule absolu est situé entre 1,00019 et 1,00031) au lieu de  $3600/860 = 4,1860$  joules.

4. Cette proposition ajoutera une nouvelle unité au nombre d'unités inutiles qui se trouvent dans la littérature. Il semblerait meilleur de proposer que la calorie soit abandonnée comme unité d'énergie thermique et de travailler vers l'obtention graduelle de ce but.

Mon opinion est que les paragraphes (b) et (c) soient remplacés par une recommandation que la calorie en tant qu'unité d'énergie thermique soit abandonnée en faveur d'une adoption universelle du joule. Jusqu'à ce que ce but soit atteint, la Commission Permanente de Thermochimie de l'Union Internationale de Chimie Pure, si elle le juge nécessaire, publiera de temps en temps un rapport sur la valeur de la calorie 15° en fonction du joule, ainsi qu'elle l'a déjà fait en 1934.

EDGAR REYNOLDS SMITH,

*Membre du Comité  
pour les Données Physico-Chimiques.*

REMARQUES  
CONCERNANT LA DÉFINITION DE LA CALORIE

Par M. W. SWIETOSLAWSKI

(29 mars 1947.)

Au sujet de la réunion du Comité de Thermométrie tenu en 1939 et de la proposition de changer la définition de la calorie, il semble que les considérations suivantes devraient être examinées avant que l'on accepte une décision finale :

1. Les recherches calorimétriques récentes sont pour la plupart basées sur la méthode des mesures comparatives (1). Cette méthode consiste à effectuer les mesures de façon à éliminer un certain nombre de corrections thermométriques et calorimétriques. Pour cette raison, un accroissement considérable dans la précision et l'homogénéité des données numériques obtenu par divers auteurs utilisant des appareils différents, a été accompli. Ceci fut possible, parce que la quantité de chaleur mesurée était comparée dans des conditions expérimentales identiques à une quantité de chaleur connue cédée par la substance reconnue comme étalon, ou à une quantité connue d'énergie électrique cédée par un courant (2).

2. L'utilisation d'étalons thermochimiques (acide benzoïque et hydrogène pour la chaleur de combustion des composés organiques) a produit un accroissement de précision des données aussi bien que de leur homogénéité. Par exemple l'erreur  $\pm 0,3$  p. 100 admise dans le passé a été réduite à  $\pm 0,03$  p. 100 (3).

---

(1) W. SWIETOSLAWSKI, *General principles relating to the application of comparative measurements* (Comptes Rendus de la reprise de contact, Union Internationale de Chimie, Paris, 1946).

(2) W. SWIETOSLAWSKI, *A proposal for determining the energy equivalent of certain calorimeters by the comparative method* (Comptes Rendus de la reprise de contact, Paris, 1946).

(3) *First report of the Standing Committee on Thermochemistry of the International Union of Chemistry*, Paris, 1934.

3. La capacité calorifique des substances peut être mesurée au moyen de méthodes strictement comparatives (1). L'eau est utilisée comme substance de référence depuis des années. Le rapport  $\frac{c_x}{c_w}$ , dans lequel  $c_x$  représente la valeur mesurée et  $c_w$  la capacité calorifique de l'eau, peut souvent être déterminé avec une exactitude plus grande que l'équivalent mécanique de la chaleur, par ce que ce dernier doit être mesuré en employant la méthode absolue de mesure. Pour ces expériences il est important de fixer la valeur  $c_w$  d'une façon convenable, sans s'occuper de savoir si des unités de mesures conventionnelles ou absolues doivent être utilisées.

Prenant ces faits en considération, il semble que la solution proposée, qui consiste en une nouvelle définition de la calorie, va produire plutôt une confusion parmi les expérimentateurs et spécialement parmi ceux qui sont en train de publier des données numériques et des constantes physicochimiques.

Il semble que la seule solution du problème consiste :

1° à publier de temps en temps des Tables contenant des données numériques pour la capacité calorifique de l'eau et son enthalpie pour une région de température comprise entre 0° et 40° C ou au-dessus. Ceci peut être réalisé d'une façon analogue à ce qui a été fait par N. S. Osborne (2).

2° à recommander l'eau comme étalon primaire pour les mesures dans lesquelles la chaleur spécifique d'une substance est comparée à celle de l'eau.

W. SWIETOSLAWSKI.

---

(1) W. SWIETOSLAWSKI, *Microcalorimetry*, pp. 28-41, Reinhold Publishing Corp., New-York, 1946.

(2) [Voir référence (?) de la page précédente.]

ANNEXE XIII.

LETTRE

DU PROFESSEUR D<sup>r</sup> J. DE BOER  
Secrétaire de la Commission S. U. N.  
de l'Union Internationale de Physique,

AU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

(Extrait.)

Amsterdam, le 21 janvier 1948.

.....  
La Commission des Symboles, Unités et Nomenclature de l'Union Internationale de Physique s'est réunie récemment en même temps que la Commission de Thermodynamique et les Commissions apparentées de l'Union de Chimie, à Londres.

Nous voudrions connaître vos critiques au sujet des propositions suivantes, qui ont été adoptées par l'unanimité des membres présents, et qui seront soumises à l'approbation de l'Assemblée générale de l'Union de Physique en juillet 1948 à Amsterdam.

PROPOSITION I, CONCERNANT L'UNITÉ DE QUANTITÉ DE CHALEUR.

a. *L'unité de quantité de chaleur est le joule, égal à  $10^7$  ergs.*  
(N. B. — Cette proposition confirme celle déjà adoptée en 1934 par l'Assemblée générale de l'Union de Physique).

b. *Il est demandé que tous les résultats d'expériences calorimétriques soient exprimés en joules, et que, si les expériences ont été faites par comparaison avec un échauffement d'eau, les températures extrêmes et le facteur de conversion utilisé soient indiqués.*

c. *Si pour une raison quelconque on ne peut éviter l'usage d'une « calorie », le facteur de conversion admis devra être indiqué.*

d. Il est demandé que la Commission mixte des Constantes physicochimiques du Conseil International des Unions Scientifiques provoque si possible une entente entre les spécialistes des mesures de précision pour qu'ils emploient les mêmes facteurs de conversion.

PROPOSITION II, CONCERNANT L'ÉCHELLE ABSOLUE DE TEMPÉRATURE.

a. La Commission approuve le principe, proposé par W. F. Giaque (*Nature*, t. 143, 1939, p. 623 à 626) d'après lequel les températures absolues doivent être rattachées à un point fixe (et non à deux).

b. Elle propose que ce point fixe soit le point triple de l'eau pure.

c. Elle propose que la température adoptée pour ce point fixe soit choisie une fois pour toutes par le Comité International des Poids et Mesures, de façon à concorder le mieux possible avec l'échelle centigrade actuelle.

---



ANNEXE XIV.

RÉPONSE .

DU DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL  
DES POIDS ET MESURES

A L'UNION INTERNATIONALE DE PHYSIQUE.

(Extrait.)

Sèvres, le 2 mars 1948.

.....

C'est évidemment l'avis du Comité International des Poids et Mesures, plutôt que celui du Bureau, qui est ainsi sollicité. Précisément, le Comité Consultatif de Thermométrie (et Calorimétrie), constitué auprès du Comité International, est convoqué pour le 25 mai, et vous verrez, d'après l'Ordre du Jour, dont copie ci-incluse, qu'il ne manquera pas de s'intéresser aux deux premières propositions de la lettre. Le Comité International lui-même doit tenir session au début du mois d'octobre; j'aurai soin de lui remettre la lettre en question et, en attendant, je vais seulement, si vous le permettez, vous donner mon impression personnelle sur ces importantes propositions.

*Proposition I.* — Je remarque d'abord que le texte de cette proposition, tel qu'il figure dans la lettre, est très différent de celui que m'avait communiqué M. Timmermans dans son avis du 25 septembre, et de celui qui se trouve imprimé à la page 72 des Comptes Rendus de la quatorzième Conférence de l'Union de Chimie, ces deux derniers concordant entre eux. Cependant, l'esprit général est à peu près le même.

J'avais établi, au mois de mai dernier, un « Bref Rapport » que j'avais adressé, par l'intermédiaire de M. Delaby, à la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie. Ce Rapport demandait l'adoption de la Résolution proposée par notre Comité Consultatif; et j'ai été un

peu surpris, et même ennuyé, de ce que, contrairement à l'avis de feu M. Abraham dans la lettre insérée à mon Rapport, les propositions entières du Comité Consultatif n'aient pas recueilli l'approbation totale de votre Commission. Je comprend bien que le paragraphe *b* des deux rédactions, *c* et *d* de la rédaction de la lettre, se ressentent de l'impossibilité où l'on s'est trouvé d'obtenir un accord sur l'équivalence précise de la calorie et du joule. C'est peut-être regrettable, parce que la « calorie à  $n$  degrés » ( $n$  étant d'ailleurs variable d'un auteur à l'autre) s'en trouverait moins bien définie, que par la Résolution du Comité Consultatif.

*Proposition II a.* — Une telle proposition avait été déjà présentée au Comité Consultatif de Thermométrie de 1939 par le délégué du NBS; mais « il avait été spécifié que le Comité des « Échelles des Basses Températures présentait cette question « bien plutôt en vue d'une discussion que dans le but de faire « prendre une décision formelle à la réunion de cette année » (Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures, 2<sup>e</sup> série, t. 19, 1939, p. T 55). J'avais moi-même attiré l'attention du Comité Consultatif sur l'inconvénient qu'il pourrait y avoir à créer une incertitude sur la température de définition des calibres et sur les formules de dilatation des étalons de précision du Bureau International. Le Comité Consultatif avait écarté la proposition comme prématurée à cette époque, se réservant d'y réfléchir pour y revenir dans une prochaine session.

Cette disposition serait évidemment favorable et très commode pour les usagers des températures voisines du zéro absolu; mais par contre, l'imprécision sur la position du point zéro (glace fondante) dans l'échelle Kelvin serait reportée proportionnellement sur toutes les températures supérieures à 0°, qui sont tout de même celles où la plus haute précision est indispensable.

*Proposition II b.* — Il semble en effet que l'unanimité des physiciens soit à peu près acquise pour reconnaître la supériorité en précision du point triple de l'eau sur le point de fusion de la glace, pour la définition d'un point fixe. Des expériences sont encore faites en ce moment précis au Bureau International pour s'assurer que l'écart de température entre le fil résistant du thermomètre et l'eau à son point triple est négligeable en toute

rigueur, malgré l'enveloppe de verre qui les sépare et la conductibilité propre du thermomètre.

*Proposition II c.* — La proposition précédente étant acquise, le Comité Consultatif ne manquera pas ensuite de déterminer la température qu'il convient d'admettre pour ce nouveau point fixe.

ANNEXE XV.

RÉSUMÉ CHRONOLOGIQUE  
DE DEUX QUESTIONS FIGURANT A L'ORDRE DU JOUR

PAR ALBERT PÉRARD,  
*Directeur du Bureau International.*

(31 mars 1948.)

UNITÉ DE CHALEUR

I. Peu avant la session du Comité consultatif de 1939, avaient été adressés, à tous les Membres, les Rapports intéressant l'unité de chaleur, qui figurent en Annexes T 11, T 12, T 13, aux Procès-Verbaux du Comité consultatif de Thermométrie<sup>(1)</sup> de 1939. Parmi eux se trouvait l'important Rapport de M. W. H. Keesom, intitulé « Note sur la calorie » (Annexe T 11 de 1939).

Au cours de la session, cette question a été discutée (*voir* pages T 26 à T 32), et les Résolutions adoptées à l'unanimité par le Comité consultatif se trouvent dans le « Bref Rapport » du 3 mai 1947 (*voir* Annexe XII, p. T 119).

II. Les divers organismes intéressés ayant été sollicités de donner leur avis à ce sujet, on a reçu seulement deux critiques : celle de M. E. R. Smith datée du 28 août 1939 (*voir* p. T 121) et celle de M. W. Świetosławski en date du 29 mars 1947 (*voir* p. T 123).

En vue de la réunion, au mois de juillet 1947, à Londres, de la Commission des Données Physico-Chimiques de l'Union internationale de Chimie, le signataire du présent résumé a adressé au Secrétaire général de cette Union le « Bref Rapport » du

---

(1) Publiés au tome XIX, 2<sup>e</sup> série de la collection des *Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures.*

3 mai 1947, qui présentait la question et était accompagné des documents auxquels il vient d'être fait allusion.

III. A cette réunion de la Commission des Données Physico-Chimiques, a été adopté le texte suivant avec le Projet de Résolution, communiqué d'abord par une lettre du Secrétaire de cette Commission, M. J. Timmermans, en date du 18 septembre 1947, et reproduit dans les Comptes Rendus de la XIV<sup>e</sup> Conférence de l'Union Internationale de Chimie, page 72 :

« M. Pérard a communiqué à la Commission, pour avis, différentes notes et rapports sur la définition de l'Unité de chaleur qui ont été présentés à la dernière réunion du Comité Consultatif de Thermométrie et de Calorimétrie du Bureau international des Poids et Mesures.

« Après un échange de vues entre les physiciens et les physico-chimistes assistant à la réunion, leur accord s'est fait pour proposer au dit Comité Consultatif de modifier son projet de résolution antérieur de la manière suivante :

#### PROJET DE RÉOLUTION.

*a. L'unité de quantité de chaleur est la quantité de chaleur équivalente à l'unité d'énergie, désignée sous le nom de joule et égale à  $10^7$  ergs.*

*b. Lorsque les quantités de chaleur sont déterminées avec une haute précision, par comparaison avec la chaleur spécifique de l'eau à une certaine température  $\theta^{\circ}$ , elles seront évaluées en calories à  $\theta^{\circ}$ . L'auteur des mesures devra indiquer dans sa publication le facteur de conversion qu'il a choisi pour lier le joule à la calorie.*

*c. Les termes précédemment employés de « calorie kilogramme » et « grande calorie » seront remplacés par celui de « kilocalorie ».*

« Les paragraphes *a* et *c* sont le texte primitif du Comité Consultatif, le changement proposé ne portant que sur le paragraphe *b*. »

IV. Simultanément, la Commission des Symboles, Unités et Nomenclature (Commission S. U. N.) de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, tenait session et aboutissait à une proposition peu différente de la précédente, que l'on trouvera (voir Annexe XIII, p. T 125) dans l'Extrait de la lettre écrite en date du 21 janvier 1948 par le Secrétaire de cette Commission, M. de Boer, au Bureau international des Poids et Mesures. Le 2 mars 1948, le Directeur du Bureau international a fait seulement à cette lettre une réponse d'attente, dont on trouvera un extrait ci-joint (Annexe XIV, p. T 127).

Le Comité Consultatif de Thermométrie aura à décider, s'il maintient, pour la proposer au Comité international d'octobre 1948, sa Résolution de 1939, ou s'il veut l'amender pour tenir compte des suggestions que lui apportent les autres rédactions. Il y a d'ailleurs lieu de signaler que dans l'intervalle, au mois de juillet, doit se réunir de nouveau, à Amsterdam, l'Union Internationale de Physique, dont la Commission S. U. N. ne manquera pas de reconsidérer sa propre Résolution à la lumière des délibérations nouvelles de notre Comité Consultatif.

#### ECHELLE DE TEMPÉRATURE A UN SEUL POINT FIXE ET POINT TRIPLE DE L'EAU.

I. Une proposition tendant à supprimer l'un des deux points fixes de l'échelle thermométrique avait été présentée au Comité Consultatif de Thermométrie de 1939 par le délégué du N. B. S., avec l'avis qu'il ne s'agissait pas de faire prendre une décision formelle à la réunion de cette année-là (Comité Consultatif de Thermométrie 1939, ou Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures, 2<sup>e</sup> série, tome XIX, 1939, p. T 55). Cette proposition avait été discutée (pp. T 10 et T 11) sans qu'aucune décision ne suivît, mais avec l'intention d'y revenir ultérieurement.

II. La proposition a été reprise à la Commission S. U. N. de l'Union Internationale de Physique, et figure en *b* (Proposition II) dans la lettre susmentionnée du Secrétaire de cette Commission, adressée au Bureau international. La réponse provisoire qui lui a été faite figure dans la lettre du 2 mars 1948 (voir p. T 127).

Le Comité Consultatif de Thermométrie aura donc à étudier cette fois de plus près, la double question qui lui est ainsi sou-

mise, de la réduction à un seul du nombre des points fixes de l'échelle de température (le zéro absolu tenant lieu du second) et aussi du remplacement du point de fusion de la glace par le point triple de l'eau, avec fixation, dans l'échelle absolue, de la position exacte de ces deux points.

ANNEXE XVI.

COMMENTAIRES SUR LES PROJETS DE RÉOLUTION

Par M. J. DE BOER,

Secrétaire de la Commission des Symboles, Unités et Nomenclature  
de l'Union Internationale de Physique

(Extrait d'une lettre adressée au Directeur du Bureau International).

Amsterdam, le 19 avril 1948.

.....

Le texte précis de la proposition I acceptée par la Conférence est celui donné dans ma lettre et non pas celui publié par M. Timmermans dans les Comptes Rendus de la XIV<sup>e</sup> Conférence de l'Union de Chimie, mais je crois qu'il n'y a pas beaucoup de différences entre les deux textes. Le texte (b) de Timmermans demande aussi d'exprimer les résultats en joules, même dans le cas où les mesures sont faites par comparaison avec la chaleur spécifique de l'eau et de publier alors le facteur de conversion pour lier la calorie au joule.

Je crois qu'il n'y a pas un grand désaccord avec la « Résolution II » acceptée par le Comité Consultatif de Thermométrie le 12 juillet 1939. La différence est seulement qu'on ne veut pas exprimer les résultats directement en joules mais en  $\frac{3600}{860}$  joules = 1 « calorie ». Je crains que ce nom n'apporte beaucoup de confusion et pense qu'une calorie liée au joule devrait être nommée peut-être « calorie absolue » (cal. abs.).

La résolution I de la Commission S. U. N. avait simplement pour but de stimuler les discussions sur ce point et d'exprimer son désir (et, puisque cette proposition a été acceptée aussi par l'assemblée de juillet 1948, aussi le désir de l'Union de Physique) d'abandonner aussitôt que possible la « calorie à t<sup>o</sup>C ».



.....

En ce qui concerne la proposition II, il y a essentiellement deux propositions :

*a.* La proposition de Giauque, qui est présentée par le « Comité des Échelles des Basses Températures du National Research Council des États-Unis » au Comité Consultatif de juillet 1939.

*b.* La proposition de prendre comme point fixe le point triple et non pas le point de fusion de l'eau.

La proposition (*a*) est discutée dans la lettre du National Research Council « Proposition relative à la définition de l'échelle thermodynamique absolue » qui se trouve dans les Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures 1939, p. T 55.

La proposition (*b*) ne donnerait pas lieu à beaucoup de discussion. Aux États-Unis, ainsi que dans les autres laboratoires, on considère le point triple comme un point fixe très reproductible et aisément réalisable. Au laboratoire Van der Waals par exemple, on peut réaliser le point triple avec une reproductibilité de 0,0002 degré pendant quelques heures.

La distance entre le point triple et le point de fusion de la glace peut être déterminée avec beaucoup de précision, avec la valeur  $\frac{dP}{dT}$  de la courbe de fusion, à 0,0001 degré près.

La dernière valeur du point de fusion de l'eau étant environ 273°,15 K, on pourrait fixer le point triple comme point fixe fondamental de l'échelle des températures absolues à (273,1500 +  $\Delta t$ ) degrés absolus,  $\Delta t$  étant la distance du point de fusion au point triple, avec une précision de 0,0001 degré.

---

ANNEXE XVII.

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

---

SUR LA DÉTERMINATION  
DE  
L'UNITÉ DE QUANTITÉ DE CHALEUR.

(21 MAI 1948)

(Traduction remise).

---

Dans son communiqué à la VIII<sup>e</sup> Conférence générale des Poids et Mesures, l'auteur <sup>(1)</sup> a proposé de prendre en qualité d'unité principale de quantité de chaleur l'unité absolue d'énergie, le joule, en conservant l'unité pratique, la calorie, comme facultative.

Le choix de l'unité pratique de chaleur est déterminé par le choix de l'unité de masse, de l'échelle de température et de la température à laquelle on rapporte l'unité de chaleur. Les conventions et accords internationaux déterminèrent le choix de la calorie, comme d'une unité rapportée à l'unité métrique de masse et basée sur l'échelle centigrade internationale. L'admission de la température de 20° C en qualité de température normale pour la plupart des mesures résout la question en faveur de la calorie, rapportée à la même température.

L'établissement de la calorie, comme une unité, déduite de

---

(<sup>1</sup>) S. LIPINE, *Sur la valeur numérique de l'équivalent mécanique de la chaleur et sur la corrélation entre la calorie 15° C et la calorie 20° C.* (Édition WJMS, n° 130, 1933).

l'unité absolue d'énergie, exige la détermination de la valeur exacte de l'équivalent mécanique de chaleur. L'examen fait par l'auteur, dès travaux sur la détermination de cet équivalent, l'a conduit à la conclusion, que seules les déterminations effectuées par Jäger et Steinwehr, Laby et Jessel, peuvent être considérées comme étant d'accord avec l'état actuel de la métrologie. C'est pourquoi l'auteur, dans son exposé au Comité international des Poids et Mesures en 1935 <sup>(2)</sup>, a proposé de prendre pour l'équivalent mécanique de la chaleur la valeur de  $4,1812 \times 10^7$  ergs : moyenne des déterminations faites par les auteurs déjà mentionnés en prenant le joule international égal à 1,00035 joule absolu.

La différence trop grande trouvée par Jessel <sup>(3)</sup> pour l'eau distillée ordinaire et pour l'eau ne contenant pas d'air, a provoqué les critiques de Laby et Hercus <sup>(4)</sup>. Ces critiques ont forcé l'auteur de traiter avec quelque prudence les données de Jessel et de ne pas les prendre en considération dans le calcul de la valeur moyenne.

C'est pourquoi, dans son troisième communiqué <sup>(5)</sup>, présenté au Comité Consultatif de Thermométrie en 1939, l'auteur a proposé de prendre en qualité d'unité facultative la calorie à 20° C, égale à  $4,1807 \times 10^7$  ergs.

Cette valeur était la moyenne des données de Jäger et Steinwehr, Laby et Hercus, en prenant comme base, la valeur du joule international égale à 1,00024 joule absolu, déduite des corrélations entre les unités électriques absolues et internationales, établies par le Comité international des Poids et Mesures en 1937.

En 1939, déjà après la présentation par l'auteur du susdit communiqué, Osborne, Stimson et Ginnings ont fait la nouvelle détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur, répondant par sa précision à l'état actuel de la technique des mesures. Cette circonstance et l'établissement des corrélations nouvelles entre les unités électriques absolues et internationales qui

---

<sup>(2)</sup> S. LIPINE, *Sur l'unité de la chaleur. Les travaux de WJMS*, 9 (25), 1935, p. 75.

<sup>(3)</sup> JESSEL, *Proc. Phys. Soc.*, 46, 1935, p. 747.

<sup>(4)</sup> LABY et HERCUS, *Proc. Phys. Soc.*, 47, 1934, p. 1003; HERCUS, *Ibid.*, 48, 1936, p. 282.

<sup>(5)</sup> S. LIPINE, *La calorie 20° C et sa corrélation avec l'unité absolue de l'énergie. (L'exposé de WNJJM au Comité Consultatif de Thermométrie, 1939).*

doivent être sanctionnées par la IX<sup>e</sup> Conférence internationale des Poids et Mesures, nous force au nouvel examen des valeurs probables de l'équivalent mécanique de la chaleur déduites antérieurement des résultats des trois recherches déjà mentionnées.

Jæger et Steinwehr (6) ont déterminé l'équivalent mécanique de la chaleur par la méthode électrique et ont trouvé pour la calorie à 15° C la valeur correspondante, égale à 4,1842 joules internationaux. Birge (7) a montré que la formule quadratique d'interpolation déduite par ces auteurs, exprime avec une précision insuffisante les résultats trouvés et il a proposé une formule d'interpolation du quatrième degré. En utilisant cette formule Birge a trouvé d'après les données de Jæger et Steinwehr, que la calorie à 15° C est équivalente à 4,1832, ± 0,0008, joules internationaux.

Laby et Hercus ont déterminé l'équivalent mécanique de la chaleur par la méthode mécanique et ont trouvé sa valeur pour la température de 17°,7 C égale à 4,1841 × 10<sup>7</sup> ergs. Birge a corrigé les données des susdits auteurs et en a déduit la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur pour 15° C, en utilisant la formule d'interpolation calculée d'après les données de Jæger et Steinwehr. Il a trouvé de cette façon que la calorie à 15° C est équivalente à 4,1852, ± 0,0008, joules absolus.

En 1939, Osborne, Stimson et Ginnings ont publié (8) les résultats de la détermination de la capacité calorifique de l'eau faits par eux par la méthode électrique dans l'intervalle de 0° à 100° C. Ils ont trouvé qu'à 15° C, la capacité calorifique de l'eau est égale à 4,1850, ± 0,0004, joules internationaux (9).

Pour la réduction des données de Jæger et Steinwehr et les résultats des déterminations d'Osborne, Stimson et Ginnings au système absolu des unités, l'auteur a pris comme base les corrélations suivantes entre les unités absolues et internationales : corrélations présentées à la IX<sup>e</sup> Conférence générale des Poids et Mesures pour être sanctionnées :

$$\begin{aligned} 1 \text{ volt inter. moyen} &= 1,00034 \text{ volt absolu,} \\ 1 \text{ ohm } \text{ » } \text{ » } &= 1,00049 \text{ ohm absolu,} \end{aligned}$$

---

(6) JÆGER et STEINWEHR, *Ann. der Phys.*, 64, 1921, p. 305.

(7) BIRGE, *Rev. Mod. Phys.*, 1, 1929, p. 1.

(8) OSBORNE, STIMSON et GINNINGS, *B. S. Journ. Res.*, 23, 1939, p. 197.

(9) BIRGE, *Proc. Phys. Soc. London*, 8, 1941, p. 3.

d'où

1 joule inter. moyen = 1,00019 joule absolu.

D'après les données mentionnées, nous pouvons calculer les valeurs suivantes pour la calorie 15° C en unités absolues :

Jæger et Steinwehr .....	(4,1840 <sub>6</sub> ± 0,0008) 10 <sup>7</sup> ergs,
Laby et Hercus .....	(4,1852 <sub>6</sub> ± 0,0008) 10 <sup>7</sup> ergs,
Osborne, Stimson et Ginnings. ....	(4,1858 <sub>2</sub> ± 0,00040) 10 <sup>7</sup> ergs,
Moyenne.....	(4,1850 <sub>3</sub> ± 0,00067) 10 <sup>7</sup> ergs,
Moyenne avec les poids .....	(4,1854 <sub>3</sub> ± 0,0003 <sub>2</sub> ) 10 <sup>7</sup> ergs.

La valeur arrondie de la calorie à 15° C, calculée d'après les résultats des trois déterminations contemporaines, est égale à

$$1 \text{ calorie à } 15^{\circ} \text{ C} = (4,1854 \pm 0,0003) 10^7 \text{ ergs.}$$

La valeur trouvée est d'accord avec la valeur de 4,1855 ± 0,0004 joules absolus, calculée par Birge à partir des mêmes déterminations.

En admettant plus loin, d'après les recherches de l'auteur (1), le rapport entre les calories 20° C et 15° C comme égal à 0,9990, nous trouvons pour la calorie 20° C la valeur

$$1 \text{ calorie à } 20^{\circ} \text{ C} = (4,1812 \pm 0,0003) 10^7 \text{ ergs.}$$

La valeur trouvée de la calorie à 20° C coïncide avec la valeur calculée par l'auteur en 1935, comme moyenne des données de Jæger et Steinwehr, Laby et Hercus, et Jessel (1).

En 1930, la Conférence internationale Énergétique à Londres a établi la kilocalorie électrique, égale à  $\frac{1}{860}$  kilowattheure international, c'est-à-dire,

$$1 \text{ kcal} = \frac{3600}{860} = 4,18605 \text{ kjoules internationaux.}$$

En prenant la corrélation mentionnée entre les unités électriques absolues et internationales, nous trouvons comme valeur correspondante de la calorie, exprimée en unités absolues,

$$1 \text{ cal} = 4,18685 \times 10^7 \text{ ergs.}$$

En 1939, le Comité Consultatif de Thermométrie a reçu outre la proposition de l'auteur sur l'établissement de la calorie à 20° C en qualité d'unité facultative, la proposition de Keesom, faite par lui au nom de Stark, sur l'établissement en qualité d'unité facultative de la calorie, égale à  $\frac{1}{860}$  wattheure absolu, soit  $4,18605 \times 10^7$  ergs.

Toutes les valeurs mentionnées des différentes calories et les corrélations entre elles sont données dans le tableau suivant. Ces corrélations restent les mêmes pour les valeurs différentes de la kilocalorie et du kilojoule.

On voit d'après ce tableau que pas une seule des valeurs trouvées de la calorie n'est égale à  $\frac{1}{860}$  wattheure absolu; on doit ajouter encore que les différences sortent des limites de l'erreur probable du résultat. En prenant en considération cette circonstance et en n'oubliant pas que la température normale pour la plupart des mesures est la température de 20° C, l'auteur est partisan de la calorie à 20° C.

PROPOSITIONS DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE MENDELÉEF  
DE L'U. R. R. S.

1. En qualité d'unité de quantité de chaleur, nous proposons le joule =  $10^7$  ergs.

2. En qualité d'unité pratique, nous proposons la

calorie = 4,1812 joules.

TABLEAU.

	Joule	Cal. 20°	Cal. 15°	$\frac{1}{860}$ int. Wh.	$\frac{1}{860}$ abs. Wh.
Joule.....	1	0,23916	0,23892	0,23884	0,23888
Calorie 20°...	4,1812	1	0,9990	0,9987	0,9988
Calorie 15°...	4,1854	1,0010	1	0,9997	0,9999
$\frac{1}{860}$ Wh. int..	4,18685	1,0013	1,0003	1	1,0002
$\frac{1}{860}$ Wh. abs.	4,18605	1,0012	1,00015	0,9998	1

ANNEXE XVIII.

NOTE SUR LE POINT TRIPLE DE L'EAU  
ET LA CALORIE A 0°

Par M. le Professeur E. PERUCCA

(Commentaires rédigés à la suite de la séance du 25 mai 1948  
du Comité Consultatif de Thermométrie).

Paris, le 26 mai 1948.

1. *Point triple de l'eau.* — Avec l'appareil décrit par M. Stimson, si l'on veut atteindre le 0,0001 degré il faudra fixer la profondeur du thermomètre à quelques centimètres près et l'on mesurera la température d'équilibre non du point triple mais de l'eau-glace à la pression correspondante à cette profondeur. Encore faut-il s'assurer de l'absence de tensions dans la couche de glace.

Si ma mémoire ne me trompe pas, il y a déjà un travail ancien (1910 ?) d'un physicien belge sur cette cause d'erreur dans la constance du point fixe de la glace.

La difficulté d'assurer la saturation de l'eau par l'air dans le point actuel de la glace m'encourage à revenir sur l'idée déjà exprimée à M. Stimson que le même appareil pour le point triple pourrait servir à réaliser avec la même précision le point d'équilibre eau-glace sous pression normale en absence de l'air, en y faisant entrer du mercure par le bas jusqu'à la pression normale.

2. *Calorie à la température 0.* — Je dois insister sur son inopportunité. Rien n'empêche qu'un expérimentateur emploie cette série d'unités (une pour chaque température); mais je crains que, par l'adoption du projet de résolution A<sub>2</sub>, b, elles soient encouragées à être reconnues officiellement.

Ce serait comme si, par exemple, dans les mesures interférométriques de haute précision on reconnaissait les unités *longueur d'onde rouge du cadmium à la température  $\theta$  dans l'air*; ou, dans les mesures manométriques de haute précision on reconnaissait les unités *centimètre de mercure à la température  $\theta$  et latitude, et altitude, etc.*

Les physiciens emploient ces unités en laboratoire, mais ils les abandonnent dans leur rapport définitif.

Enfin, si la calorie conventionnelle (3600/860 joules) et les calories à  $\theta^\circ$  sont des unités de chaleur on écrira :

$$Q = m \Delta\theta \cdot C_{H_2O, \theta};$$

exemple :

$$Q = 305 \text{ g. } 1,5 \text{ degré. } C_{H_2O, \theta}$$

( $Q$ , quantité de chaleur;  $m$ , masse d'eau;  $\Delta\theta$ , variation de  $\theta$ ;  $C_{H_2O, \theta}$ , chaleur spécifique de l'eau à  $\theta^\circ$ ) et l'on pourra même dire que  $C_{H_2O, \theta}$  est une unité, mais elle doit être une  $\frac{\text{quantité de chaleur}}{\text{g. degré}}$  afin que  $Q$  soit une quantité de chaleur.

Si donc on veut introduire les calories à  $\theta^\circ$ , il faudra auparavant ou en même temps accepter la résolution que *la calorie est une unité de chaleur spécifique* (et non de quantité de chaleur) *choisie afin que la chaleur spécifique de l'eau soit mesurée par la valeur 1 à une température quelconque.*

Voir les discussions analogues (plus simples parce que indépendantes de la température) pour la perméabilité magnétique du vide.



ANNEXE XIX.

BIBLIOGRAPHIE RELATIVE

A L'ÉCHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE.

National Bureau of Standards, Washington.

- E. F. MUELLER, Wheatstone bridges and some accessory apparatus for resistance thermometry, *Bul. BS* 13, 1916-1917, p. 547.
- T. S. SLIGH Jr., Recent modifications in the construction of platinum resistance thermometers, *Sci. Pap.*, BS 17, 1922, p. 49.
- C. H. MEYERS, Coiled-filament resistance thermometers, *BS J. Research*, 9, 1932, p. 807.
- E. F. MUELLER, Precision Resistance Thermometry. « Temperature, Its Measurement and Control in Science and Industry », p. 162 (*Reinhold Publishing Corp.* New York, N. Y., 1941).
- Harold J. HOGE and Ferdinand G. BRICKWEDDE, Intercomparison of platinum Resistance Thermometers between  $-190^{\circ}$  and  $445^{\circ}$  C. *J. Research NBS* 28, 1942, p. 217.
- Wm. F. ROESER, F. H. SCHOFIELD, and H A. MOSER, An international comparison of temperature scales between  $660^{\circ}$  and  $1063^{\circ}$  C. *BS J. Research*, 11, 1933, p. 1.
- Paul D. FOOTE, « Center of gravity » and « effective wave length » of transmission of pyrometer color screens, and the extrapolation of the high temperature scale, *Bul. BS* 12, 1915-1916, p. 483.
- Paul D. FOOTE, F. L. MOHLER, and C. O. FAIRCHILD, The proper type of an absorption glass for an optical pyrometer, *J. Wash. Acad. Sci.* (450 Ahnaip St., Menasha, Wis.), 7, 1917, p. 545.
- C. O. FAIRCHILD and W. H. HOOVER, Disappearance of the filament and diffraction effects in improved forms of an optical pyrometer, *J. Opt. Soc. Am. and Rev. Sci. Insts.* (Cornell Univ., Ithaca, N. Y.), 7, 1923, 543.
- R. B. SCOTT and F. G. BRICKWEDDE, A precision cryostat with automatic temperature regulation, *BS J. Research*, 6, 1931, p. 401.
- James L. THOMAS, Reproducibility of the ice point. *BS J. Research*, 12, 1934, p. 323.

- R. M. WILHELM, Freezing point of mercury, *Bul.* BS 13, 1916-1917, p. 655.
- E. F. MUELLER and H. A. BURGESS, Standardization of the sulphur boiling point, *Sci. Pap.* BS 15, 1919-1920, p. 163.
- C. O. FAIRCHILD, W. H. HOOVER and M. F. PETERS, A new determination of the melting point of palladium, *BS J. Research* 2, 1929, p. 931.
- H. T. WENSEL and W. F. ROESER, The freezing point of nickel as a fixed point on the international temperature scale, *BS J. Research*, 5, 1930, p. 1309.
- Wm. F. ROESER, F. R. CALDWELL, and H. T. WENSEL, The freezing point of platinum, *BS J. Research*, 6, 1931, p. 1119.
- Wm. F. ROESER and A. I. DAHL, Conditions affecting the freezing temperature of silver, *BS J. Research*, 10, 1933, p. 661.
- F. HENNING and H. T. WENSEL, The freezing point of iridium, *BS J. Research*, 10, 1933, p. 809.
- Wm. F. ROESER and H. T. WENSEL, The freezing point of rhodium, *BS J. Research*, 12, 1934, p. 519.
- Wm. F. ROESER and H. T. WENSEL, Freezing Temperatures of High-Purity Iron and of some Steels, *J. Research*, NBS, 26, 1941, p. 273.

#### National Physical Laboratory, Teddington.

- (1) J.-A. HALL, A bath for use in the graduation and testing of thermometers. *Journ. Sci. Inst.*, 20, 1943.  
(Bain utilisé à Teddington pour les intercomparaisons précises jusqu'à 650°C.)
- (2) M. de SÉLINCOURT, The reproducibility of the platinum thermocouple at the freezing points of gold, silver and antimony. *Proc. Phys. Soc.*, 51, 1939.
- (3) F. H. SCHOFIELD, The Melting Point of Palladium. *Proc. Roy. Soc.*, A, 125, 1929.
- (4) F. H. SCHOFIELD, The Freezing Point of Platinum. *Proc. Roy. Soc.*, A, 146, 1934.
- (5) F. H. SCHOFIELD, The Freezing Point of Palladium, *Proc. Roy. Soc.*, A, 155, 1936.
- (6) C. R. BARBER and F. H. SCHOFIELD, The Freezing Point of Rhodium. *Proc. Roy. Soc.*, A, 173, 1939.
- (7) J.-A. HALL, A design for precision platinum resistance thermometers. *Journ. Sci. Inst.*, 10, 1933.  
(Construction de la monture en quartz pour les thermomètres à résistance.)

- (8) J.-A. HALL, The International Temperature Scale between 0°C and 100°C. *Phil. Trans. Roy. Soc., A*, 229, 1929.  
(Comparaison entre les thermomètres à résistance et les thermomètres à mercure étalons primaires du B. I. P. M.)
- (9) J. E. SEARS and J. S. CLARK, A new primary standard barometer. *Proc. Roy. Soc., A*, 139, 1933.
- (10) J. C. EVANS, The determination of thermal lagging times. *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947.  
(Étude de l'effet du retard sur la mesure de la température d'une colonne barométrique.)
- (11) F. E. SMITH, On Bridge Methods for Resistance Measurements of High Precision in Platinum Thermometry. *Phil. Mag.*, 24, 1912, p. 561.

### Laboratoire Kamerlingh Onnes, Leiden.

#### POINTS FIXES.

- W. H. KEESOM, H. van der HORST, *Comm. L.*, 188*a*; *Proc. Amst.*, 30, 1927, p. 970 (100°).
- H. KAMERLINGH ONNES, C. BRAAK, *Comm. L.*, 107*a*, 1908 (O<sub>2</sub>).
- P. G. CATH, *Comm. L.*, 152*d*, 1918; *Proc. Amst.*, 21, 1929, p. 656 (O<sub>2</sub>).
- W. H. KEESOM, H. van der HORST, A. F. J. JANSEN, *Comm. L.*, 203*b*, 1929 (O<sub>2</sub>).
- W. H. KEESOM, B. G. DAMMERS, *Comm. L.*, 239*d*, 1935 (O<sub>2</sub>); *Physica*, 2, 1935, p. 1051.
- W. H. KEESOM, B. G. DAMMERS, *Comm. L.*, 239*e*, 1935; *Physica*, 2, 1935, p. 1080.
- W. H. KEESOM, B. G. DAMMERS, Rapport n° 3 du VII<sup>e</sup> Congrès Intern. du Froid, 1936 (résumé).
- W. H. KEESOM, Rapport n° 5 du VII<sup>e</sup> Congrès Intern. du Froid, 1936; *Comm. Suppl.*, 80 (therm. des basses températures).
- J. M. van SANTEN, *Thèse*, Leiden, 1934.
- B. G. DAMMERS, *Thèse*, Leiden, 1936.
- H. van der HORST, *Thèse*, Leiden, 1940.

#### THERMOMÉTRIE DES GAZ.

- W. H. KEESOM, W. TUYN, *Comm. Suppl.*, 78, *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (résumé).

#### Hélium :

- W. H. KEESOM, H. van der HORST, *Comm. L.*, 188*a*, 1927.
- W. H. KEESOM, H. van der HORST, K. W. TACONIS, *Comm. L.*, 230*d*

1934; *Physica*, 1, 1934, p. 324; *Physica*, 4, 1937, p. 494.  
W. H. KEESOM, J. J. M. van SANTEN, *Comm. L.*, 227b, 1933.

*Hydrogène :*

H. KAMERLINGH ONNES, C. BRAAK, *Comm. L.*, 101b, 1907.

H. KAMERLINGH ONNES, M. BOUDIN, *Comm. L.*, 60, 1900.

**Divers.**

BEATTIE, TZU-CHING HUANG and MANSON BENEDICT, Reproducibility of the Ice Point and Triple Point of Water. *Proc. Amer. Acad. of Sc.*, 72, 1938, p. 137.

BEATTIE, BENEDICT, BLAISDELL, Reproducibility of the Sulphur Point. The Effect of Pressure on the Sulphur Point. *Proc. Amer. Acad. of Sc.*, 71, 1937, pp. 327-360.

BEATTIE and BLAISDELL, Reproducibility of the Steam Point. The Effect of Pressure on the Steam Point. *Proc. Amer. Acad. of Sc.*, 71, 1937, pp. 361-374.

BEATTIE, BLAISDELL and KAMINSKY, Reproducibility of the Mercury Boiling Point. The Effect of Pressure on the Mercury Boiling Point. *Proc. Amer. Acad. of Sc.*, 71, 1937, pp. 375-385.

BIRGE, Eighth Report on Progress in Physics. London, 1942, p. 90.

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages.
Liste des Membres du Comité International .....	v
Liste du personnel du Bureau .....	vii

### PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1948.

<b>Procès-verbal de la première séance, mardi 5 octobre 1948 .....</b>	<b>1-58</b>
Ouverture de la session .....	1
Excuses de MM. Roš et Stănescu. Télégramme de vœux adressé à M. Châtelain, souffrant .....	1
Nomination de M. Sears comme Président du Comité à titre définitif .....	2
<b>RAPPORT DU SECRÉTAIRE DU COMITÉ SUR LA GESTION DU BUREAU ENTRE LE 29 OCTOBRE 1946 ET LE 31 AOUT 1948.</b>	<b>3-8</b>
Rappel des avancements du personnel scientifique du Bureau .....	3
Élection, à prévoir, du Président du Comité à titre définitif .....	3
Reconstitution de la Commission Administrative Permanente ajournée .....	3
Démission de M. Romanowski .....	3
Prolongation de congé à M. Cabrera .....	4
Recrutement de nouveaux assistants .....	4
Actif du Bureau. — Versements des contributions dans les cinq dernières années .....	4
Dévaluation du franc français. — Établissement d'un marché libre de l'or et du dollar .....	4
Calcul des traitements du personnel du Bureau .....	6
Augmentation de la dotation du Bureau à soumettre à la Conférence Générale .....	7
Réunion du Comité Consultatif de Thermométrie en mai 1948 .....	8

RAPPORT PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR SUR LA GESTION DU BUREAU PENDANT LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE LE 1 <sup>er</sup> SEPTEMBRE 1946 ET LE 31 AOUT 1948.....	9-54
I. — <i>Personnel</i> . — Nomination de M. Volet comme Sous-Directeur et de M. Terrien comme Adjoint. — Avancement de MM. Leclerc, Hamon et Girard. — Démission de M. Romanowski. — Séjour de M. Cabrera en Angleterre prolongé d'une année.....	9-10
II. — <i>Bâtiments</i> . — Réparations au petit pavillon et ravalement de la façade ouest; remise en état partielle des logements du Sous-Directeur et du gardien. — Travaux de peinture dans les bureaux et dans l'appar- tement du Directeur; installation de tubes fluorescents dans la bibliothèque, entraînant le remplacement du compteur d'éclairage; ravalement de la façade sud du grand pavillon. — Réfections diverses à l'observatoire. — Transformation de l'atelier de menuiserie. — Remise en état de la conduite d'évacuation des eaux de l'ob- servatoire. — Remplacement partiel de la clôture du parc.....	10-12
III. — <i>Machines et instruments</i> .....	12-20
Prototypes métriques.....	12
Base géodésique.....	12
Métallisation des surfaces.....	13
Masses.....	13
Accélération de la pesanteur.....	13
Électricité.....	14
Photométrie (Assèchement. — Banc photométrique et accessoires. — Photomètre à photopile. — Sphère d'Ulbricht. — Secteur photométrique tournant. — Photomètre visuel à cube de Lummer. — Monochro- mateur double. — Pile thermoélectrique et galvano- mètre. — Photomultiplicateur électronique).....	16
Thermométrie.....	18
Outils d'atelier.....	19
IV. — <i>Travaux</i> .....	20-48
Calculs théoriques.....	20
Mètres prototypes.....	20
Longueurs diverses.....	22
Alliages.....	24
Fils géodésiques.....	24
Longueurs d'onde lumineuses.....	25
Couches solides minces.....	26
Masses.....	27
Gravité.....	31

Thermométrie (Verre Vycor. — Point zéro de thermomètres en verre d'Iéna 16 <sup>III</sup> . — Études courantes. — Thermométrie à résistance).....	32
Barométrie.....	34
Études diverses (Petit comparateur d'étalonnage. — Note sur le calcul des étalonnages et calibrages) ..	35
Mesures électriques (Travaux expérimentaux. — Travaux théoriques).....	36
Photométrie (Comparaisons photométriques internationales. — Température de couleur. — Diffraction par cubes de Lummer. — Documentation).....	39
Participation aux Assemblées s'intéressant aux questions d'unités.....	41
Divers (Conférences au Bureau International. — Publications du Bureau International. — Publications extérieures).....	42
Liste des Certificats et Notes d'étude.....	46
<b>V. — Comptes.....</b>	<b>49-54</b>
1. Fonds disponibles. — 2. Fonds de réserve. — 3. Caisse de retraites.....	49
Bilan (Actif. — Titres des Comptes I, II et III) ....	50
Mouvements des valeurs.....	52
Tableaux résumant le compte « Fonds disponibles »..	53
Constitution des Commissions.....	55
Examen préliminaire de certaines questions figurant à l'ordre du jour.....	55
<i>Personnel du Bureau.</i> — (Engagement à prévoir d'un nouvel assistant).....	55
<i>Unités.</i> — (Système international d'unités de mesure). ..	56
<i>Rapports avec l'UNESCO</i> .....	56
<i>Renouvellement par moitié du Comité International.</i> — (Proposition d'élection d'un représentant de l'Amérique du Sud).....	57
<i>Comités Consultatifs.</i> — (Représentation du Japon et de l'Allemagne).....	57
<b>Procès-verbal de la deuxième séance, vendredi 8 octobre 1948.....</b>	<b>59-72</b>
Premier Rapport de la Commission des Compets et des Finances (Situation des paiements des contributions. — Répartition des contributions de l'Allemagne et du Japon. — Renonciation aux contributions dues par certains États pendant l'occupation de leur territoire. — Projet de résolution concernant l'augmentation de la dotation du Bureau. — Avancement, augmentations de	

traitement et affiliation du personnel du Bureau à la Sécurité Sociale. — Travaux d'entretien des bâtiments. — Projet de budget pour 1949 et 1950, et commentaires).	59-63
Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances (Approbation des comptes).....	63
Approbation de ces Rapports.....	63
Rapport de la Commission des Travaux (Présentation d'un rapport de la Physikalisch-Technische Anstalt sur l'Échelle Internationale de Température. — Sanction, par la Conférence, des nouvelles valeurs des Mètres et Kilogrammes prototypes nationaux. — Possibilité d'achat de Mètres prototypes en platine iridié par cession. — Date des comparaisons internationales des unités électriques et photométriques. — Radiateur intégral. — Définition du Mètre par une longueur d'onde). Approbation du Rapport .....	64-65
Approbation des Rapports du Secrétaire du Comité et du Directeur du Bureau.....	65
<i>Efficiencé de la clause-or.</i> — (Projet de résolution sur la valeur en devises monétaires des contributions fixées en francs-or).....	65
<i>Unités électriques.</i> — (Substitution définitive des unités électriques absolues au système international).....	66
<i>Unités photométriques.</i> — (Adoption du terme « candela » et symbole. — Discussion sur le pluriel des unités et des symboles. — Approbation concernant échanges et intercomparaisons de verres colorés).....	67
<i>Thermométrie et calorimétrie.</i> — (Adoption du titre officiel du Comité Consultatif).....	68
<i>Représentation de certains Laboratoires aux Comités Consultatifs.</i> — (Japon et Allemagne)....	68
<i>Recommandations du Comité Consultatif de Thermométrie.</i> — (Résolution à présenter à la Conférence Générale. — Établissement de tables indiquant les chaleurs spécifiques de l'eau aux diverses températures).....	69
<i>Échelle Internationale de Température.</i> — (Adoption sans discussion).....	71
<i>Propagation et perfectionnement du Système Métrique.</i> — (Présentation des « Récents Progrès du Système Métrique ». — Propositions des Gouvernements Belge et Portugais relatives au marquage et à la graduation en unités métriques).....	71
<b>Procès-verbal de la troisième séance, samedi 9 octobre 1948</b> .....	



Souhaits de bienvenue à MM. Roš et Siegbahn.....	73
Établissement d'un projet de résolution résumant les propositions présentées par les Gouvernements Belge et Portugais.....	73
<i>Étalon primaire de longueur.</i> — (Adoption du projet de résolution).....	74
<i>Système pratique international d'unités.</i> — (Résolution de l'Union Internationale de Physique. — Propositions de la Délégation française. — Nomination d'une Commission d'enquête).....	74
<i>Systèmes de numération.</i> — (Proposition du Bureau des Longitudes. — Adoption de la règle N par les nations européennes).....	76
<i>Symboles d'unités</i> — (Liste des symboles. — Nouveaux symboles du lumen et du stère. — Proposition de symbole pour le stéradian. — Séparation des nombres en tranches de trois chiffres. — Projets de préfixes présentés par l'Union Internationale de Physique et par M. Wennerberg).....	77
<i>Rapports avec l'UNESCO</i> .....	79
<i>Renouvellement du Comité</i> (Proposition de nomination de M. Isnardi).....	80
<b>Procès-verbal de la quatrième séance, samedi 16 octobre 1948.</b> .....	81-87
Souhaits de bienvenue à M. Rauszer. Remercements à M. le D <sup>r</sup> Condon et à Sir Darwin pour leur présence aux sessions.....	81
Examen des propositions de la Délégation soviétique. — (Adoption par l'U. R. S. S. des unités électriques et magnétiques absolues. — Introduction de nouvelles unités photométriques en U. R. S. S. — Définition du Mètre par une longueur d'onde lumineuse. — Mesure absolue de l'intensité de la pesanteur. — Remarques sur l'activité du Comité et du Bureau International).....	82
Proposition de la Hongrie concernant l'unification du pesage d'un hectolitre de blé (non retenue)....	83
Lecture de la proposition de la Délégation espagnole sur la nouvelle détermination de <i>g</i> en valeur absolue.....	84
Élaboration d'un texte invitant les Laboratoires à effectuer des déterminations de l'intensité absolue de la pesanteur.....	84
Projet de résolution sur le système international d'unités, et discussion.....	84

Adoption du projet de contrat avec l'UNESCO et du projet de résolution autorisant le Comité à conclure un accord avec cet organisme .....	85
Mode de renouvellement par moitié du Comité International et approbation de la candidature de M. Isnardi.....	86
Décision concernant les propositions belge et portugaise.....	87
<b>Procès-verbal de la cinquième séance, jeudi 21 octobre 1948.....</b>	<b>88-91</b>
Regrets de M. Kargatchin de ne pouvoir assister aux réunions.....	88
Adoption de l'appellation « Celsius ».....	88
Projet de résolution se rapportant au système international d'unités.....	88
Texte relatif aux expériences calorimétriques.....	90
Ajournement d'une décision concernant l'extension des attributions du Bureau, et accord sur une retouche de la Convention du Mètre, demandées par la Délégation soviétique.....	91
Dispositions complémentaires visant la transmission des vœux ou propositions à la Conférence Générale.....	91
<b>Procès-verbal de la sixième séance, vendredi 23 octobre 1948.....</b>	<b>92-96</b>
Élection du Président et du Secrétaire du Comité..	92
Démission de M. Nagaoka et nomination de ce savant comme Membre honoraire .....	92
Mise au point intéressant la nomination d'un nouveau Membre du Comité succédant à un membre démissionnaire .....	93
Prêt accordé à M. Moreau.....	93
Décision relative au versement, par le Bureau, de l'impôt sur les traitements du personnel.....	94
Projet de résolution recommandant le paiement des contributions en dollars ou en francs suisses.....	95
Approbation du calcul des traitements du personnel du Bureau.....	95
La résolution concernant la valeur en devises monétaires des contributions fixées en francs-or n'a pas été soumise au vote de la Conférence.....	95

Dates des prochaines sessions des Comités Consultatif et du Comité International.....	96
<b>Annexes des Procès-Verbaux des séances de 1948.</b>	97-107
I. <i>Dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures</i> .....	97-100
Lettre-circulaire à tous les Membres du Comité.	97
Rapport.....	98
II. <i>Résolutions concernant la Thermométrie et la Calorimétrie</i> (telles qu'elles ont été votées par la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures).	101
III. <i>Projet d'accord provisoire (Formal Agreement) entre l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO) et le Comité International des Poids et Mesures (CIPM)</i> .....	103
IV. <i>Proposition de M. John Wennerberg : Nom des unités de mesure impliquant des puissances de 10. Résumé et Propositions</i> .....	105

**COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE**  
Session de 1948.

Liste des Membres du Comité consultatif de Thermométrie.....	T 3
<b>Procès-verbal de la première séance, mardi 25 mai 1948</b> .....	T 7-T 15
Bienvenue aux Membres du Comité consultatif de Thermométrie .....	T 7
Élection du Secrétaire et du Rapporteur .....	8
Thermométrie des basses températures (Échelle à un seul point fixe) .....	8
Point triple de l'eau .....	10
L'unité de chaleur.....	12
<b>Procès-verbal de la deuxième séance, jeudi 27 mai 1948</b> .....	T 16-T 23
Résolution relative au point triple.....	16
Résolution relative à l'échelle thermodynamique.....	18
Résolution relative à l'unité de chaleur.....	19

	Pages.
Échelle Internationale de Température .....	T 19
Pureté du platine et du platine-rhodié .....	20
La constante $C_2$ .....	20
Montage du thermocouple .....	21
Pureté de l'eau .....	21
Point de l'argent .....	21
Références bibliographiques .....	22
Échange de publications .....	22
Clôture de la session .....	23
<b>Deuxième Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie au Comité International des Poids et Mesures; par M. J. A. Hall .....</b>	T 24-T 49
Texte de l'Échelle Internationale de Température de 1948 .....	30
<b>Annexes des procès-verbaux du Comité Consul- tatif de Thermométrie .....</b>	T 50-T 142
I. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Mémo- randum relatif au projet d'une Échelle Internationale de Tempé- rature de 1948.</i> .....	50
Première Partie : Introduction .....	53
Deuxième Partie : Définition de l'Échelle Interna- tionale de Température de 1948 .....	55
Troisième Partie : Recommandations .....	58
Quatrième Partie : Renseignements supplémentaires .....	66
II. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Com- mentaires sur le projet d'Échelle Internationale de Température de 1948 proposé par le National Bureau of Standards.</i> .....	72
III. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Mémo- randum relatif à une 5<sup>e</sup> Section pour la quatrième partie du projet d'Échelle Internationale de Température de 1948.</i> .....	84
IV. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — <i>Note sur le thermocouple étalon en platine et platine à 10 % de rhodium. Défini- tion de la courbe : force électromotrice- température.</i> .....	89

V. INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S. — <i>Notes sur le projet de règlement sur l'Échelle Internationale de Tempé- rature de 1948 établi par le National Bureau of Standards des États-Unis.</i>	T 93
VI. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur l'erreur causée par la conduc- tion thermique du thermocouple et son influence sur l'Échelle Internationale de Température; D<sup>r</sup> M. Tanaka et M. K. Okada.....</i>	97
VII. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Sur le choix de la constante <math>C_2</math>; par M. H. F. Stimson.....</i>	106
VIII. <i>Observations sur l'Échelle Thermomé- trique et sur l'unité de chaleur; pré- sentées par M. W. Swietoslowski.....</i>	108
IX. SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE LTD, TOKIO. — <i>Sur la température de fusion de la glace dans l'échelle Kelvin; par M. M. Kinoshita .....</i>	111
X. <i>L'échelle absolue des températures, d'après GIAUQUÉ; par M. W. J. de Haas.</i>	114
XI. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Sur la dépendance des coefficients dans les formules d'interpolation; par M. H. F. Stimson.....</i>	117
XII. <i>Sur l'opportunité du changement de la définition de l'unité de chaleur. Bref rapport et demande d'avis à la Com- mission des Données Physico-Chimiques de l'Union Internationale de Chimie; par M. A. Pérard.....</i>	118
<i>Commentaires sur la Résolution du Comité Consultatif de Thermométrie au sujet de l'unité de chaleur; par M. E. R. Smith.....</i>	121
<i>Remarques concernant la définition de la calorie; par M. W. Swietoslowski.</i>	123

XIII. <i>Lettre du Professeur D<sup>r</sup> J. de Boer, Secrétaire de la Commission S. U. N. de l'Union Internationale de Physique, au Bureau International des Poids et Mesures</i> .....	T 125
XIV. <i>Réponse du Directeur du Bureau International des Poids et Mesures à l'Union Internationale de Physique.</i>	127
XV. <i>Résumé chronologique de deux questions figurant à l'Ordre du Jour; par M. A. Pérard</i> .....	130
XVI. <i>Commentaires sur les projets de Résolution; par M. J. de Boer</i> .....	134
XVII. INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S. — <i>Sur la détermination de l'unité de quantité de chaleur</i> .....	136
XVIII. <i>Note sur le point triple de l'eau et la calorie à 0°; par M. E. Perucca</i> .....	141
XIX. <i>Bibliographie relative à l'Échelle Internationale de Température</i> .....	143
TABLES DES MATIÈRES .....	I-X

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.