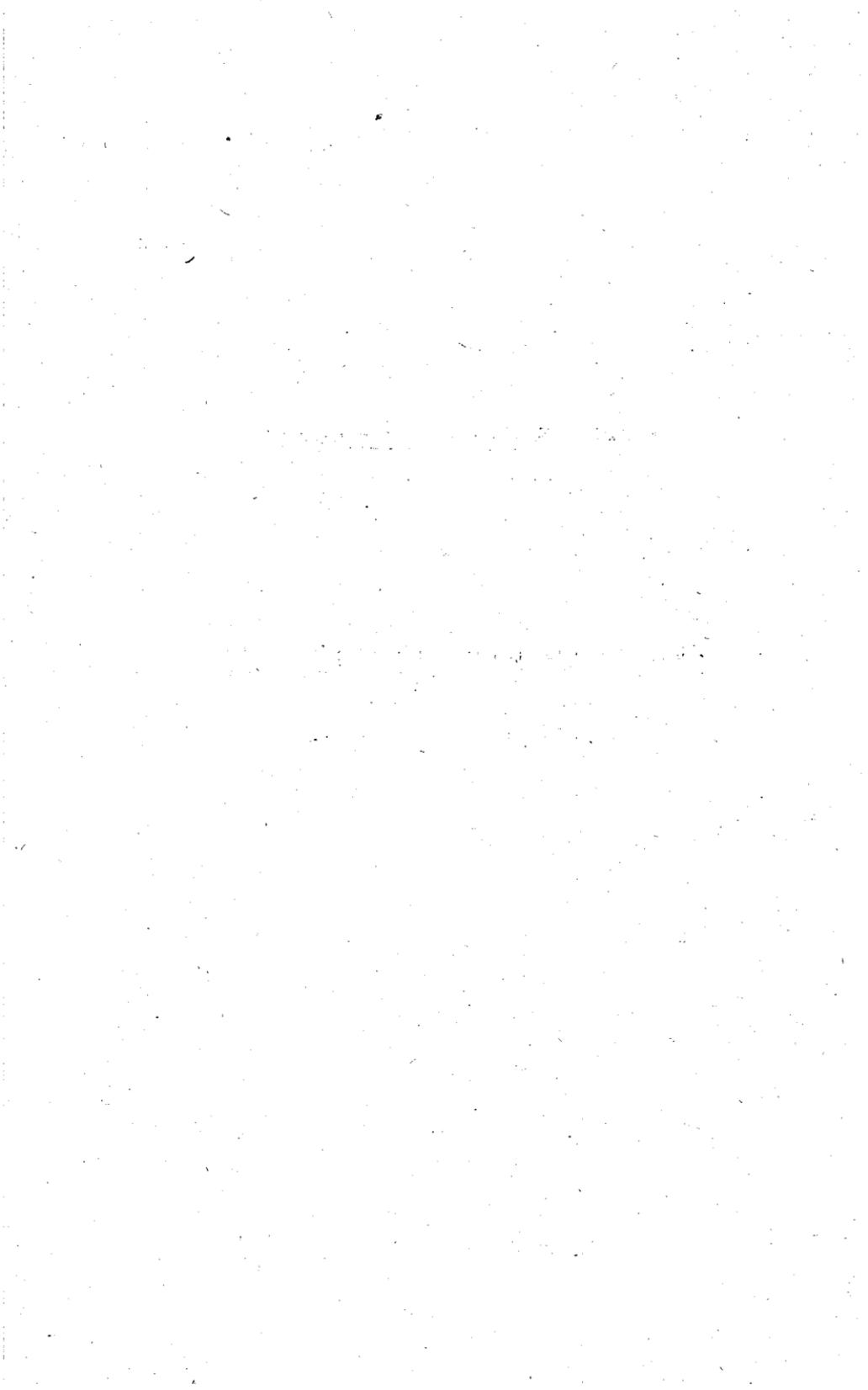


COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ,
SESSION DE 1939.

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES,

RAPPORT ET ANNEXES.



PRÉSIDENT

du Comité international des Poids et Mesures :

M. LE SÉNATEUR V. VOLTERRA

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ.

Président :

M. A. E. KENNELLY, Professeur émérite à l'Université
Harvard.

Président en l'absence de M. Kennelly :

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

Membres :

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :

M. le Prof. H. VON STEINWEHR, Membre de la
Reichsanstalt.

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

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

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

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

Pour l'Institut de Métrologie, *Leningrad* : M. E.
CHRAMKOV, Directeur du Laboratoire magnétique de
l'Institut de Métrologie.

M. le Prof. L. LOMBARDI, Via Tolmino, 5, Viale Gorizia,
Rome.

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

Délégués adjoints des Laboratoires :

M. le D^r SCHULZE, Membre de la Physikalisch-Technische
Reichsanstalt.

M. le D^r L. HARTSHORN, Membre du National Physical
Laboratory.

M. M. PICARD, Membre du Laboratoire central d'Élec-
tricité.

Invités :

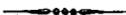
M. C. I. BUDEANU, Professeur à l'École Polytechnique
Roi Carol II, rue Washington, 32, *Bucarest*.
(Excusé.)

M. le D^r A. F. ENSTRÖM, Ingeniors Vetenskaps Akademien-
Grevturegatan, 14, *Stockholm*. (Excusé.)

M. P. TIKHODEEV, Directeur du Laboratoire de Photo,
métrie de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.,
Leningrad.

MM. CH. VOLET et A. BONHOURE, Adjointes du Bureau
international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

MM. M. ROMANOWSKI, M. ROUX et J. TERRIEN, Assistants
du Bureau international des Poids et Mesures,
Sèvres.





COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ.

SESSION DE 1939

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL,

le mardi 6 juin 1939.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

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

MM. CHRÁMKOV, CRITTENDEN, HAYASHI, JOUAUST, LOMBARDI, PÉRARD, VON STEINWEHR, membres du Comité consultatif ;

MM. HARTSHORN, PICARD et SCHULZE, adjoints ;

MM. TIKHODEEV, VOLET, ROMANOWSKI, ROUX, TERRIEN, invités.

Sont excusés : MM. BUDEANU, ENSTRÖM.

La séance est ouverte à 15^h.

M. PÉRARD souhaite la bienvenue aux membres du Comité consultatif d'Électricité, dont certains sont venus de bien loin. Il rappelle que le Président nommé par le Comité international des Poids et Mesures, M. Kennelly,

est assez gravement malade et ne pourra présider les séances du Comité. M. Volterra, Président du Comité international des Poids et Mesures, a désigné M. Sears pour remplacer M. Kennelly dans les fonctions de président. M. Sears a bien voulu accepter cette mission qu'il avait déjà si bien remplie il y a deux ans.

M. SEARS remercie M. Pérard de ses aimables paroles.

M. CABRERA rappelle que M. Volterra a l'habitude d'assister à la première réunion du Comité consultatif; la maladie l'empêche cette année de se conformer à cette heureuse tradition; mais il a adressé au Comité par télégramme un message auquel M. Cabrera propose de répondre de même, en exprimant à M. Volterra les vœux que forme le Comité pour le rétablissement de sa santé.

M. LOMBARDI a vu récemment M. Volterra qui l'a chargé de transmettre au Comité consultatif ses salutations bien cordiales.

Le Comité décide d'envoyer également à M. Kennelly un télégramme lui disant les vœux qu'il forme pour sa prompte guérison.

M. le PRÉSIDENT, après avoir transmis au Comité les excuses de MM. Budeanu et Enström, qui ne pourront assister aux séances de la session, adresse ses souhaits de bienvenue à MM. Chranikov, Hartshorn, Hayashi, Schulze et Tikhodeev, qui participent pour la première fois aux travaux du Comité.

ÉLECTION D'UN SECRÉTAIRE ET D'UN RAPPORTEUR.
DOCUMENTS REMIS.

M. le PRÉSIDENT propose comme secrétaire M. VOLET, et comme rapporteur M. VON STEINWEHR.

Ces propositions sont adoptées à l'unanimité.

M. PÉRARD signale au Comité consultatif que plusieurs des rapports qui vont lui être soumis sont parvenus au Bureau international depuis moins de trois jours. Malgré toute la diligence qui a été faite pour traduire, corriger les traductions, faire les copies et les tirages, il a été impossible de préparer convenablement les discussions. M. Pérard demande aux membres du Comité consultatif de vouloir bien, à l'avenir, prendre soin que les documents parviennent au Bureau international quinze jours au moins avant les réunions.

COMPARAISONS FAITES PAR LE BUREAU INTERNATIONAL
DES POIDS ET MESURES, ENTRE LES ÉTALONS DES DIVERS
LABORATOIRES NATIONAUX (OHM, VOLT).

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Romanowski, qui présente le rapport du Bureau sur les dernières comparaisons des étalons de résistance électrique exécutées par M. Pérard et lui-même (Annexe E 8, p. E 62).

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Roux, qui présente le rapport du Bureau sur les dernières comparaisons des étalons de force électromotrice exécutées par M. Romanowski et lui-même (Annexe E 9, p. E 69).

DÉTERMINATIONS FAITES DANS LES DIVERS LABORATOIRES
NATIONAUX, DES RAPPORTS DES UNITÉS INTERNATIONALES
AUX UNITÉS ABSOLUES.

M. CRITTENDEN présente le rapport sur la détermination de l'ohm effectuée au National Bureau of Standards.

Cette étude offre le grand intérêt d'avoir été faite au moyen de deux méthodes entièrement différentes. M. Crittenden précise qu'elles ont conduit à des résultats concordants, auxquels il convient d'attribuer un poids égal (Annexe E 2, p. E 43 et Annexe E 3, p. E 48).

M. VON STEINWEHR attire l'attention sur le fait que les résultats apportés par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt ne sont pas définitifs, les mesures n'étant pas encore terminées. Elles doivent être refaites avec deux groupes différents de bobines en ruban d'aluminium. Néanmoins, M. von Steinwehr présume dès maintenant que les nombres définitifs seront peu différents de ceux auxquels on est arrivé au moyen du premier groupe de bobines (Annexe E 1, p. E 41).

M. JOUAUST signale quelques causes d'erreur systématique qu'il a eu l'occasion d'étudier, à la suite d'une correspondance avec M. Curtis, et qui l'ont amené à corriger légèrement le résultat primitif de ses mesures (Annexe E 4, p. E 49).

M. CRITTENDEN présente le rapport sur les mesures de l'ampère faites au National Bureau of Standards. Il précise que les résultats obtenus en 1939 sont plus exacts que ceux de 1937 et doivent seuls être retenus (Annexe E 6, p. E 56).

M. VON STEINWEHR dit que les déterminations de l'ampère entreprises à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Annexe E 5, p. E 51) n'ont pas encore conduit à des résultats définitifs. Des écarts dont il n'a pas été possible de déceler la cause ont été observés dans les mesures. Des améliorations dans la construction et la détermination des bobines sont en cours d'étude. De plus, des comparaisons directes avec les bobines du National Bureau of Standards sont prévues, ce qui permettra d'établir un très utile recouplement.

M. HAYASHI informe aussi le Comité que les expériences faites par l'Electrotechnical Laboratory ne sont pas terminées. En attendant qu'elles aient conduit à des résultats définitifs, M. Hayashi demande au Comité de prendre en

considération le résultat qui lui a déjà été communiqué en 1937 (voir *Procès-Verbaux*, 1937, p. 173, et 1939, Annexe E 7, p. E 59).

ATTRIBUTION DE VALEURS, EN FONCTION DES UNITÉS ABSOLUES,
AUX ÉTALONS DES DIVERS LABORATOIRES AYANT FIGURÉ DANS
LES COMPARAISONS DU BUREAU INTERNATIONAL.

M. PÉRARD fait un exposé de la situation devant laquelle se trouve le Comité. Après avoir décidé formellement que l'on effectuerait le passage aux unités absolues le 1^{er} janvier 1940, on doit reconnaître aujourd'hui que les déterminations qui devaient précéder ce changement n'ont pas conduit à des résultats aussi concluants qu'on avait espéré. Dans ces conditions, on pourrait être tenté de renvoyer à une date ultérieure l'adoption des nouvelles unités. M. Pérard pense que cette procédure présenterait de graves inconvénients, au point de vue tant de la continuité des décisions du Comité lui-même que de l'intérêt des industriels qui ont déjà commencé à construire des étalons basés sur les unités absolues. Plus on retardera le changement, plus on aura de difficultés à le réaliser. Il propose, en conséquence, que le passage aux unités absolues soit définitif à la date fixée, mais que les valeurs des rapports entre les unités actuelles et les unités absolues restent provisoires et indéfiniment perfectibles, comme on l'avait d'ailleurs toujours prévu. Sans doute ces valeurs ne pourraient être données qu'avec quatre décimales :

1 ohm	international moyen	$\Omega_M = 1,000\ 500$	ohm	absolu
1 ampère	»	»	$A_M = 0,999\ 900$	ampère
1 volt	»	»	$V_M = 1,000\ 400$	volt

La précision des étalons représentatifs des unités n'en atteindrait pas moins pour cela le millionième, et la précision de toutes les mesures faites par rapport à eux

resterait ce qu'elle est actuellement. Seules les grandeurs définies par les étalons qui dépendent de l'ampère pourraient différer de celles des unités elles-mêmes d'une quantité de l'ordre du dix-millième, au lieu des quelques cent-millièmes qu'on avait espérés. Mais qui pourrait donc en souffrir? Uniquement celui qui aurait fait une véritable détermination de l'unité absolue, dont nous connaissons trop les difficultés. Rien ne s'oppose, comme il était d'ailleurs bien entendu, à ce que l'on fasse un nouveau changement dans un certain nombre d'années lorsque les expériences permettront d'atteindre une plus grande exactitude, ou que les étalons auront pu dériver (car il est impossible de séparer l'un de l'autre). Mais ce nouveau changement serait alors petit, le grand changement du demi-millième ayant été fait dès maintenant.

Cette proposition ne paraît nullement à M. Pérard, en contradiction avec la lettre reçue de M. le Président de la Reichsanstalt, qui exprime seulement l'avis que les valeurs à attribuer maintenant aux rapports doivent rester encore provisoires.

M. VON STEINWEHR rappelle la déclaration qu'il a faite lors de la session de 1935 (*Procès-Verbaux*, 1935, p. 170), selon laquelle il estimait indispensable d'arriver à une concordance satisfaisante entre les divers Laboratoires, avant de fixer la date du passage aux unités nouvelles. Il demandait en particulier que l'on attendit le moment où la précision des déterminations absolues serait reconnue comme étant au moins égale à celle des réalisations des unités internationales. Aujourd'hui, M. von Steinwehr constate que ces conditions ne sont pas encore réalisées. Il pense donc qu'il serait prématuré de changer le système actuel.

M. LOMBARDI appuie la proposition de M. Pérard; car il pense qu'une abstention du Comité serait fâcheuse.

M. CRITTENDEN, tout en regrettant que l'accord des mesures ne soit pas meilleur, déclare se rallier à la proposition de M. Pérard.

M. HAYASHI demande de renvoyer à la prochaine séance l'adoption d'une résolution, pour qu'il ait la possibilité de consulter son pays par télégramme.

M. CHRAMKOV informe le Comité que l'Institut de Métrologie espère terminer prochainement les travaux qu'il a entrepris sur les unités électriques absolues. En attendant il appuie la proposition de M. Pérard, tout en considérant comme provisoires les valeurs qui seraient adoptées.

M. JOUAUST insiste dans le même sens, en montrant que plus on attendra, plus la gêne causée à l'industrie sera grande.

M. HARTSHORN considère que les précisions que l'on peut atteindre avec les unités internationales ou absolues sont du même ordre de grandeur.

Après un échange de vues sur la précision des résultats et sur le nombre de décimales à conserver dans les moyennes, M. le PRÉSIDENT exprime l'avis qu'il est préférable de remettre la suite de la discussion à la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.





PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

le mercredi 7 juin 1939.

PRÉSIDENTE DE M. J. E. SEARS.

Sont présents : MM. CHRAMKOV, CRITTENDEN, HAYASHI, JOUAUST, LOMBARDI, PÉRARD et VON STEINWEHR.

Assistent également à la séance : MM. HARTSHORN, PICARD et SCHULZE; MM. TIKHODEEV, VOLET, ROMANOWSKI ROUX et TERRIEN.

La séance est ouverte à 10^h.

M. PÉRARD signale qu'il n'a pas été possible d'établir assez tôt le Procès-verbal de la première séance pour en donner lecture aujourd'hui.

M. le PRÉSIDENT propose que le Comité laisse pouvoir à son bureau d'approuver les Procès-verbaux après consultation du Rapporteur et des Membres qui en manifesteraient le désir.

Cette procédure est adoptée.

M. PÉRARD soumet à la discussion le texte suivant, qui, élaboré en commun avec quelques membres du Comité, semble devoir concilier les diverses opinions émises au cours de la précédente séance :

« Chargé par le Comité international des Poids et Mesures

« d'établir les rapports entre les unités absolues qu'on a décidé
« d'adopter au 1^{er} janvier 1940 et les unités internationales
« actuelles,

« Le Comité consultatif d'Électricité n'étant pas en mesure de
« donner ces rapports avec la précision que l'on avait précé-
« demment espérée, constate, d'après les résultats actuellement
« acquis, que les valeurs les plus probables sont les suivantes :

1 ohm international = 1,000 49 ohm absolu,

1 ampère international = 0,999 9 ampère absolu.

« Il semble que la valeur indiquée pour l'ohm est approchée
« à \pm 2 cent-millièmes et celle de l'ampère à environ 1 dix-
« millième. »

M. VON STEINWEHR dit que la valeur de l'ampère n'est
peut-être pas approchée à 1 dix-millième; il préférerait que
l'on mît dans le texte les mots : « 1 à 2 dix-millièmes ».

M. JOUAUST propose d'ajouter le mot « encore » dans la
phrase : « Le Comité consultatif d'Électricité n'étant pas
encore en mesure. . . . »

M. HAYASHI communique un télégramme qu'il a reçu
de Tokio l'autorisant à accepter la fixation provisoire des
rapports à 1,000 500 pour l'ohm et à 0,999 900 pour
l'ampère.

M. PÉRARD fait observer que le texte en discussion peut
soulever une objection du fait que le nombre proposé
pour l'ohm étant 1,000 49, il en résulterait, pour le volt,
un nombre avec 5 décimales, c'est-à-dire ayant une déci-
male de plus que pour l'ampère, ce qui est illogique.

Pour répondre à sa mission, qui est de dire quelles
sont les valeurs qu'il croit les plus probables, et pour
recommander néanmoins un système de valeurs cohérent,
le Comité consultatif décide de compléter le texte précé-
dent par un additif.

Après une discussion à laquelle prennent part tous les membres du Comité, le texte suivant est proposé :

RÉSOLUTION 1.

Chargé par le Comité international des Poids et Mesures d'établir les rapports entre les unités absolues qu'on a décidé d'adopter au 1^{er} janvier 1940 et les unités internationales actuelles (1),

le Comité consultatif d'Électricité, n'étant pas encore en mesure de donner ces rapports avec la précision que l'on avait précédemment espérée, constate, d'après les résultats actuellement acquis, que les valeurs les plus probables sont les suivantes :

1 ohm international moyen $\Omega_M = 1,000\ 49$ ohm absolu
1 ampère international moyen $A_M = 0,999\ 9$ ampère absolu

Il semble que la valeur indiquée pour l'ohm soit approchée à ± 2 cent-millièmes, et celle de l'ampère à 1 ou 2 dix-millièmes.

Arrondies à la quatrième décimale, ces valeurs donnent, pour les trois unités principales :

1 ohm international moyen $\Omega_M = 1,0005$ ohm absolu
1 ampère international moyen $A_M = 0,9999$ ampère absolu
1 volt international moyen $V_M = 1,0004$ volt absolu

En conclusion, ce seraient ces dernières valeurs que le Comité consultatif recommanderait en l'état présent.

Cette résolution est adoptée.

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

ÉTUDES FAITES EN VUE DU PERFECTIONNEMENT DES ÉTALONS
REPRÉSENTATIFS DES UNITÉS ET DES ÉTALONS SECONDAIRES.

M. ROMANOWSKI rend compte des expériences qui ont été faites au Bureau international sur les étalons de résistance en alliage chrome-or. Les résultats obtenus ont confirmé ceux qui avaient été établis par le National Bureau of Standards et la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Quelques difficultés dues à l'exécution de bonnes soudures n'ont pas encore été surmontées.

MM. CRITTENDEN et VON STEINWEHR disent ne pas avoir rencontré de difficulté de ce côté-là. Ils sont invités par le PRÉSIDENT à conseiller le Bureau international dans ces travaux.

ÉTABLISSEMENT DE TEXTES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE INCORPORÉS
DANS LES LÉGISLATIONS OU RÉGLEMENTATIONS.

M. le PRÉSIDENT indique que des propositions ont été rédigées par le Laboratoire Électrotechnique (Annexe E 10, p. E 74), l'Institut de Métrologie (Annexe E 12, p. E 84) et le National Physical Laboratory (Annexe E 11, p. E 78). Il donne quelques précisions au sujet de ce dernier texte, dans lequel on a cherché à éviter les questions non encore résolues d'un accord unanime. Cette proposition concerne surtout les définitions des unités et les procédés à suivre pour le maintien des étalons. Elle a pour but de répondre à la demande faite au Comité de fournir un texte qui pourra guider la rédaction des lois.

Le Comité décide de prendre la proposition du National Physical Laboratory comme base de la discussion.

M. LOMBARDI propose d'apporter au texte présenté par M. Sears quelques modifications de rédaction, qui sont acceptées.

M. CHRAMKOV dit qu'il se rallie aux définitions rédigées par M. Sears, et en particulier à celle de l'ampère, qui concorde avec celle proposée par M. Malikov. Il suggère néanmoins que l'on dise « section circulaire négligeable » au lieu de « diamètre négligeable ».

Une discussion s'engage ensuite sur les termes « force électromotrice » et « différence de potentiel ». Il en résulte que ce dernier terme sera seul utilisé dans la rédaction définitive.

M. JOUAUST s'étonne que pour définir les unités électriques absolues on ne se soit pas basé, comme l'avait fait en 1908 la Conférence de Londres, sur le système C. G. S. adopté par tous les physiciens du monde, mais sur le système M. K. S. dont l'emploi a soulevé en France de vives oppositions.

Il exprime l'opinion qu'il y a peu de chance de voir ce système se substituer en France au système M. T. S. imposé par la loi du 2 avril 1919 et le décret du 26 juillet 1919.

Il en résulterait de très grosses perturbations, par exemple la nécessité de modifier tous les livres scolaires où sont données les définitions des diverses unités qu'on peut employer légalement.

M. JOUAUST ne demande pas la modification du texte présenté par M. Sears; mais il désire qu'on y ajoute un paragraphe indiquant que chaque pays pourra avoir recours, pour la définition des unités électriques, à tel système d'unités mécaniques qui lui conviendra, et qu'on précise bien que le texte de M. Sears n'est donné qu'à titre d'indication.

M. LOMBARDE observe que les recommandations du Comité ne doivent pas empêcher chaque nation de choisir

son système d'unités et de faire les adaptations nécessaires.

M. JOUAUST propose d'ajouter au paragraphe 5 du texte en discussion l'addition suivante : « Le texte ci-dessus se réfère au système M. K. S. Il est naturellement possible de le transposer dans un autre système (C. G. S., M. T. S., etc.) par modification appropriée des puissances de 10. »

Le Comité adopte la proposition de M. JOUAUST.

M. le PRÉSIDENT fait remarquer, dans la suite du texte, que le 9^e paragraphe doit être modifié selon les décisions qui ont été prises au sujet du rapport des unités.

Un échange de vues s'engage, au cours duquel la rédaction de ce paragraphe est minutieusement discutée.

La séance est levée à 12^h.

PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ,

le mercredi 7 juin 1939.

PRÉSIDENCE DE M. J. E. SEARS.

Sont présents : MM. CHRAMKOV, CRITTENDEN, HAYASHI, JOUAUST, LOMBARDI, PÉRARD, VON STEINWEHR.

Assistent également à la séance : MM. HARTSHORN, PICARD et SCHULZE; MM. TIRHODEEV, VOLET, ROMANOWSKI et ROUX.

La séance est ouverte à 16^h.

M. le PRÉSIDENT, comme conclusion à la discussion de la séance précédente, au sujet du paragraphe 9, soumet au Comité un texte, qui, après quelques légères modifications, est adopté sous la forme suivante :

« 9° Ces rapports sont indiqués à la Résolution I votée par le Comité consultatif d'Électricité et figurent à la page E 17 du Procès-Verbal.

« Pour les étalons de chaque État, ou des particuliers, il faudra tenir compte, non seulement des valeurs des rapports indiqués ci-dessus entre les « unités internationales moyennes » Ω_M , A_M et V_M [telles qu'elles ont été acceptées par le Comité international (1)] et les unités absolues, mais encore des écarts des

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

« unités du système international conservées par chaque Laboratoire avec les « unités internationales moyennes » correspondantes.

« Les écarts en question seront publiés par intervalles, aux soins du Bureau international des Poids et Mesures. »

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur le paragraphe 10 concernant les spécifications. Il indique qu'il serait très désirable que le Comité consultatif établit des spécifications recommandées, pour les étalons de résistance et de différence de potentiel; mais il ne pense pas que la chose soit possible au cours de cette session. Il suggère que les Laboratoires envoient au Bureau international leurs propositions, ainsi que l'a déjà fait le National Physical Laboratory (Annexes E 16 et E 17, pp. E 91 et E 97). Ces textes pourront servir de base à l'établissement de spécifications définitives.

M. CRITTENDEN rappelle que le Comité consultatif ne peut que suggérer des spécifications.

M. PÉRARD demande qu'une date limite soit fixée pour l'envoi de ces documents au Bureau. Il désire que cette date soit assez reculée pour permettre de réunir les points de vue des Laboratoires, même les plus éloignés, tel le Laboratoire Électrotechnique de Tokio, dont l'intérêt qu'il porte aux travaux du Comité s'est encore manifesté récemment par l'envoi d'une importante communication par télégramme, ce qui fut très coûteux.

Après une courte discussion, la date du 31 octobre 1939 est adoptée.

Quelques renseignements sont encore échangés au sujet des piles Weston. M. le PRÉSIDENT émet l'avis qu'on pourra établir des spécifications distinctes pour les éléments neutres et acides.

M. CHRAMKOV informe le Comité que des expériences

sont encore en cours à l'Institut de Métrologie. Elles démontrent que les éléments acides ont un coefficient thermique plus élevé.

M. VON STEINWEHR dit que seuls les éléments neutres sont théoriquement définis et ont, par suite, des chances d'être stables dans le cours du temps.

M. HAYASHI propose que chaque Laboratoire établisse avec le plus grand soin des étalons de l'ohm et du volt, et qu'il les distribue aux autres Laboratoires et au Bureau international.

M. PÉRARD estime que les intercomparaisons d'étalons telles qu'elles ont été effectuées jusqu'à maintenant par le Bureau international donnent des résultats satisfaisants. Elles prouvent en particulier que les transports sont faits dans de bonnes conditions, grâce à la complaisance que montrent les Laboratoires nationaux et les Ambassades à l'égard du Bureau international. Les éléments Weston sont presque toujours transportés à la main.

M. JOUAUST rappelle à ce propos que c'est M. Mc Kelvy du National Bureau of Standards, qui, le premier vers 1910, utilisa la suspension à la Cardan pour le transport des piles.

Le Comité consultatif examine ensuite une lettre adressée par M. Budeanu (Annexe E 13, p. E 85) au sujet du projet de résolution présenté par le National Physical Laboratory concernant la définition des unités. Quelques observations sont échangées à propos des questions traitées dans cette lettre. Mais le Comité reconnaît qu'il n'est pas compétent pour prendre des décisions sur la plupart des points mentionnés par M. Budeanu. Certains de ces points ont déjà fait l'objet de sanctions internationales.

M. le PRÉSIDENT constate que M. Budeanu introduit le weber comme unité de flux magnétique. Il dit que, dans le projet établi par le National Physical Laboratory, cette unité a été écartée, mais qu'il est prêt à la réintroduire si le Comité en exprime le désir.

M. CHRAMKOV dit que le weber est adopté en U. R. S. S. Il demande que le Comité consultatif mette la question des unités et étalons magnétiques à l'ordre du jour de sa prochaine session.

M. LOMBARDI rappelle que le weber a été défini et adopté par la Commission électrotechnique internationale. Il souhaite vivement, en vertu des bonnes relations qui existent entre ces deux institutions, que le Comité consultatif agisse de même.

M. CRITTENDEN est d'avis de laisser cette question à la Commission électrotechnique internationale. Le Comité consultatif pourrait se contenter, si on le lui demande, d'entériner ce qu'aura décidé cette Commission.

M. PÉRARD remarque qu'on ne peut guère écarter définitivement le weber, alors qu'il figure déjà dans les précédentes délibérations du Comité international. Il faudrait alors donner la raison de cette suppression.

M. HARTSHORN signale que les mesures magnétiques effectuées par le National Physical Laboratory sont exprimées en unités C. G. S. et non en webers.

M. JOUAUST n'est pas partisan de l'adoption du weber; il acceptera néanmoins la décision du Comité.

MM. HAYASHI et VON STEINWEHR déclarent ne pas avoir de préférence à formuler.

M. le PRÉSIDENT propose de maintenir le weber avec la définition qu'on lui a donnée en 1935 (*Procès-Verbaux*, 1935, p. 189). Le Comité unanime se rallie à cette proposition.

L'ensemble du projet de résolution est adopté avec les amendements qui viennent d'être décidés. Sa forme définitive est la suivante :

RÉSOLUTION 2

CONCERNANT LES UNITÉS ÉLECTRIQUES ABSOLUES.

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

1° **Substitution définitive des unités électriques absolues au système international.** — *En vertu des pouvoirs qui lui ont été conférés par la Conférence générale des Poids et Mesures en 1933, le Comité international des Poids et Mesures a déjà annoncé sa décision par laquelle la substitution du système des unités électriques pratiques absolues au système international doit entrer en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1940 (1).*

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

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

(1) Voir Note au bas de la page E 17.

« Ces unités fondamentales sont l'Ohm, unité de
« résistance qui a la valeur de 1 000 000 000 par rap-
« port à l'unité absolue; l'Ampère, unité de courant
« électrique qui a la valeur de un dixième (0,1) de
« l'unité absolue; le Volt, unité de force électromotrice
« qui a la valeur de 100 000 000 par rapport à l'unité
« absolue; le Watt, unité de puissance qui a la valeur
« de 10 000 000 par rapport à l'unité absolue. »

3° **Considérations générales.** — Les définitions des unités électriques et magnétiques absolues s'appuient sur les lois électromagnétiques généralement admises, qui conduisent à un système de relations interdépendantes entre les différentes entités qui doivent être mesurées. Les unités peuvent être définies par conséquent de plusieurs manières, selon le point de départ choisi.

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

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

La procédure à suivre pour l'établissement et la conservation des étalons de référence indispensables de certaines unités choisies est indiquée dans les para-

graphes 6° à 8°, qui ont également pour but de servir de guide à la législation.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(¹) Il faudrait ici « force électromotrice ».

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

Le texte ci-dessus se réfère au système M. K. S. Il est naturellement possible de le transposer dans un autre système (C. G. S., M. T. S., etc.) par modification appropriée des puissances de 10.

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

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

dont les valeurs auront été déterminées directement par des mesures absolues.

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

9° **Rapport entre les unités absolues et les unités du système international.** — *Ces rapports sont indiqués à la Résolution 1 votée par le Comité consultatif d'Électricité et figurent à la page E 17 du Procès-Verbal.*

Pour les étalons de chaque État, ou des particuliers, il faudra tenir compte, non seulement des valeurs des rapports indiquées ci-dessus entre les « unités internationales moyennes » Ω_M , A_M et V_M [telles qu'elles ont été acceptées par le Comité international (1)] et les unités absolues, mais encore des écarts des unités du système international conservées par chaque Laboratoire avec les « unités internationales moyennes » correspondantes.

Les écarts en question seront publiés par intervalles aux soins du Bureau international des Poids et Mesures.

PROCHAINE SESSION.

Le Comité décide de ne pas fixer dès maintenant la date de sa prochaine session. Il confie ce soin à son Président, qui, après consultation des Laboratoires, convoquera le Comité.

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

PROPOSITIONS DIVERSES.

M. VON STEINWEHR attire l'attention du Comité sur le fait que le prochain changement d'unités pourra créer des confusions regrettables, si l'on ne fixe pas nettement une terminologie. Cela est particulièrement nécessaire pour l'Allemagne, dont la loi actuellement en vigueur est antérieure à l'adoption du terme « international » pour désigner les unités.

Après un échange de vues auquel prennent part M. le PRÉSIDENT, MM. LOMBARDI et JOUAUST, M. PÉRARD rédige la proposition suivante :

RÉSOLUTION 3.

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

Cette proposition est adoptée.

La question des étalons des unités magnétiques soulevée par le Rapport de M. E. G. Chramkov de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. (Annexe E 14, p. E 88), auquel répond une Note de M. C. Budeanu (Annexe E 15, p. E 89), est évoquée. Aucune résolution n'est formulée.

M. le PRÉSIDENT rappelle que le Laboratoire Électrotechnique a proposé que des comparaisons d'inductances et de capacités fussent faites entre les Laboratoires, afin de mieux assurer l'unification des unités correspondantes.

M. PÉRARD est d'avis que le Comité consultatif peut en principe émettre un avis favorable, même s'il ne prend pas dès maintenant des mesures d'exécution.

M. ROMANOWSKI trouve judicieuse la proposition du Laboratoire Électrotechnique. Il ajoute qu'il a été frappé, il y a deux ans, lors des séances du Sous-Comité technique, par l'intérêt que présentaient les expériences du National Physical Laboratory sur le contrôle direct entre les deux méthodes utilisées pour la détermination de l'ohm absolu. M. Romanowski demande s'il ne serait pas possible de généraliser entre les Laboratoires de telles expériences de recouplement. La Physikalisch-Technische Reichsanstalt et le National Bureau of Standards en prévoient déjà au sujet de l'ampère, ainsi que l'a rappelé M. von Steinwehr. Le Bureau international serait susceptible de participer effectivement à ce genre de travaux.

M. le PRÉSIDENT considère cette suggestion comme très heureuse et consulte successivement les membres du Comité, qui expriment leur approbation.

M. LOMBARDI, au nom de ses collègues, remercie M. Sears de l'amabilité charmante avec laquelle il a conduit les travaux du Comité.

M. le PRÉSIDENT remercie à son tour les membres du Comité, et déclare close la session du Comité consultatif d'Électricité.

La séance est levée à 18^h.



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

Par M. H. VON STEINWEHR, rapporteur.

Conformément à la convocation du Président du Comité international des Poids et Mesures, le Comité consultatif d'Électricité s'est réuni le 6 juin 1939 au Pavillon de Breteuil à Sèvres, et le 7 juin, au Laboratoire central d'Électricité, que M. Jouaust, très aimablement, avait mis à sa disposition.

En remplacement du Président du Comité international des Poids et Mesures, retenu à Rome par son état de santé, M. Cabrera, Secrétaire dudit Comité, a pris part à la première séance du Comité consultatif.

M. Kennelly, Président du Comité consultatif, étant également malade, la présidence a été assumée par M. Sears, que M. Volterra avait chargé de ce remplacement.

Étaient présents, les membres du Comité consultatif : MM. Chramkov, Crittenden, Hayashi, Jouaust, Lombardi, Pérard, von Steinwehr, ainsi que les adjoints : MM. Hartshorn, Picard et Schulze.

Sur l'invitation du Président du Comité consultatif, ont pris part à la séance MM. Tikhodeev, Volet, Romanowski, Roux et Terrien.

Étaient excusés : MM. Budeanu, Enström et Bonhoure.

M. Pérard et ses collaborateurs avaient très soigneusement préparé les travaux du Comité consultatif, et établi un ordre du jour qui servit de fil directeur pour les délibérations du Comité.

Après une allocution de bienvenue de M. Pérard, que M. Sears, au nom du Comité, remercia de ses paroles aimables, il fut décidé d'exprimer par télégramme à MM. Volterra et Kennelly, les meilleurs vœux du Comité consultatif pour le prompt rétablissement de leur santé.

M. Volet fut nommé secrétaire, et M. von Steinwehr, rapporteur de la présente session du Comité.

M. Pérard adressa aux membres du Comité la demande de faire parvenir les rapports au moins 15 jours avant le commencement de la session, faute de quoi il ne serait pas possible de préparer suffisamment la discussion.

Il fut ensuite donné lecture du rapport sur les comparaisons des unités électriques internationales effectuées au Bureau international. Pour l'ohm, les unités des différents Instituts nationaux ont montré entre elles la même bonne concordance que lors de la comparaison précédente; mais cette fois, pour le volt, les unités françaises et celles de l'U. R. S. S. ont présenté des écarts par rapport à la moyenne, qui s'élèvent à environ $2 \cdot 10^{-5}$; ces écarts n'ont pas influé sensiblement sur la moyenne, car ils avaient des signes contraires.

Le Comité commença alors l'examen des travaux effectués par les Laboratoires nationaux sur le rapport de l'ohm et de l'ampère internationaux à l'ohm et à l'ampère absolus. Cet examen fit apparaître que les recherches, achevées en partie seulement, montrent bien pour l'ohm un accord suffisant; pour l'ampère, seuls le National Phy-

sical Laboratory et le National Bureau of Standards ont terminé leurs travaux, dont les résultats s'accordent bien entre eux ; mais les recherches encore poursuivies par les autres Laboratoires montrent, entre leurs résultats provisoires et les résultats mentionnés ci-dessus, des écarts si considérables, qu'il ne peut être encore question d'avoir atteint l'exactitude visée.

Dans ces circonstances, M. Pérard proposa que, à cause des inconvénients qu'il y aurait à ajourner l'introduction des nouvelles unités, on pourrait bien maintenir la date fixée, mais qu'on devrait ensuite adopter, pour les rapports des unités absolues aux unités internationales, des valeurs provisoires.

Tous les délégués se déclarèrent d'accord avec cette proposition, à l'exception de M. von Steinwehr. Ce dernier fit valoir que la Reichsanstalt, conformément au point de vue qu'elle avait adopté dès la première session du Comité consultatif, ne pourrait accepter qu'on procédât à un changement du système des unités électriques tant qu'on n'aurait pas obtenu la valeur des nouvelles unités avec autant d'exactitude qu'on peut le faire pour les unités internationales. Il rappela à ce sujet qu'il avait encore une fois formulé expressément ce point de vue à la cinquième réunion du Comité consultatif (*Procès-Verbaux*, 1935, p. 170). Après une délibération prolongée, les membres se mirent d'accord sur la rédaction de la résolution suivante, dans laquelle on évite de prendre position sur le délai d'introduction des nouvelles unités, et où l'on ne fixe que des valeurs provisoires pour le rapport entre les unités internationales et les unités absolues. Du fait que la valeur du volt s'obtient à partir de la valeur des deux autres unités, il devient nécessaire, étant donnée la précision moindre avec laquelle la valeur de l'ampère est encore connue aujourd'hui, de ne fixer aussi pour la

valeur de l'ohm que quatre décimales au lieu de cinq, bien que l'exactitude de sa détermination justifie la fixation d'une cinquième décimale.

RÉSOLUTION 1.

Chargé par le Comité international des Poids et Mesures d'établir les rapports entre les unités absolues qu'on a décidé d'adopter au 1^{er} janvier 1940 et les unités internationales actuelles (1);

le Comité consultatif d'Électricité, n'étant pas encore en mesure de donner ces rapports avec la précision que l'on avait précédemment espérée, constate, d'après les résultats actuellement acquis, que les valeurs les plus probables sont les suivantes :

1 ohm international moyen $\Omega_M = 1,000\ 49$ ohm absolu

1 ampère international moyen $A_M = 0,999\ 9$ ampère absolu

Il semble que la valeur indiquée pour l'ohm soit approchée à ± 2 cent millièmes, et celle de l'ampère à 1 ou 2 dix-millièmes.

Arrondies à la quatrième décimale, ces valeurs donnent, pour les trois unités principales :

1 ohm international moyen $\Omega_M = 1,000\ 5$ ohm absolu

1 ampère international moyen $A_M = 0,999\ 9$ ampère absolu

1 volt international moyen $V_M = 1,000\ 4$ volt absolu

En conclusion, ce seraient ces dernières valeurs que le Comité consultatif recommanderait en l'état présent.

Les recherches du Bureau international sur l'amélioration des étalons représentatifs des unités et des étalons secondaires, ont confirmé les résultats des travaux du

(1) Voir Note au bas de la page E 17.

National Bureau of Standards et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt sur les résistances en alliage or-chrome. Cependant, pour les soudures des extrémités du fil résistant sur les bornes, des difficultés sont apparues dont ces derniers Laboratoires n'avaient pas eu à souffrir. Ils furent priés en conséquence de donner leur avis au Bureau international sur cette question.

L'ordre du jour comportait ensuite l'examen de textes qui doivent être recommandés aux différents États pour leurs législations ou leurs réglementations. Des propositions de ce genre avaient été élaborées par l'Electrotechnical Laboratory (Japon) (Annexe E 10, p. E 74), par l'Institut de Métrologie (U. R. S. S.) (Annexe E 12, p. E 84) et par le National Physical Laboratory (Grande-Bretagne) (Annexe E 11, p. E 78). La proposition du National Physical Laboratory, sur laquelle se développa une discussion prolongée, évite toutes les questions non encore résolues d'un accord unanime, et contient la définition des unités que le Comité recommande de faire entrer dans la rédaction des lois. Au texte de ce projet furent apportées quelques modifications ; une discussion s'engagea sur les termes « force électromotrice » et « différence de potentiel » ; il en résulta que c'est ce dernier terme qui doit être utilisé dans la rédaction définitive.

Se séparant de la résolution de la Conférence de Londres de 1908, selon laquelle les unités absolues doivent être fondées sur le système C. G. S., la proposition du National Physical Laboratory choisit le système M. K. S. comme base pour les unités. En ce qui concerne le système de mesure sur lequel se fondent les unités électriques absolues, comme plusieurs façons de voir paraissent également justifiées, et comme l'adoption générale de la proposition anglaise se heurterait dans plusieurs pays (par exemple en France) à des difficultés,

M. Jouaust recommanda, après une discussion prolongée sur cette question, d'ajouter au paragraphe 5 de la proposition anglaise l'additif suivant :

Le texte ci-dessus se réfère au système M. K. S. Il est naturellement possible de le transposer dans un autre système (C. G. S., M. T. S., etc.) par modification appropriée des puissances de 10,

qui fut voté par le Comité.

Par suite de la décision qui avait été prise en ce qui concerne le rapport des valeurs, il fallut aussi apporter quelques modifications au paragraphe 9 de la proposition anglaise, qui fut adopté sous la forme suivante :

9° Ces rapports sont indiqués à la Résolution 1 votée par le Comité consultatif d'Électricité et figurent à la page E 17 du Procès-Verbal.

Pour les étalons de chaque État, ou des particuliers, il faudra tenir compte, non seulement des valeurs des rapports indiquées ci-dessus entre les « unités internationales moyennes » Ω_M , A_M et V_M (telles qu'elles ont été acceptées par le Comité international) et les unités absolues, mais encore des écarts des unités du système international conservées par chaque Laboratoire avec les « unités internationales moyennes » correspondantes.

Les écarts en question seront publiés par intervalles aux soins du Bureau international des Poids et Mesures.

Au cours de la discussion du paragraphe 10 de la proposition anglaise, qui concerne les spécifications pour les étalons de résistance et de différence de potentiel, M. Sears indiqua qu'il serait désirable d'arriver à des spécifications aussi uniformes que possible dans tous les pays, et suggéra que les Laboratoires nationaux envoyassent au Bureau international leurs propositions,

pour lesquelles les spécifications anglaises pourraient servir de base. La date limite d'envoi de ces propositions fut fixée par le Comité au 31 octobre 1939.

Le représentant du Laboratoire Electrotechnique (Japon) ayant suggéré que chaque Institut national pourrait envoyer des étalons pour l'ohm et pour le volt, non seulement au Bureau international, mais aussi aux autres Instituts nationaux, cette proposition ne reçut point l'assentiment des autres membres du Comité.

Au sujet de la Résolution proposée par le National Physical Laboratory sur la définition des unités, M. Budeanu avait pris position dans une lettre adressée au Comité; il proposait de définir encore quelques autres unités qui ne figuraient pas dans le texte du National Physical Laboratory. Le Comité consultatif reconnut qu'il n'était pas compétent pour prendre une décision sur la plupart des points mentionnés par M. Budeanu. A propos de l'une des unités, le weber, unité de flux magnétique, s'engagea une discussion sur la question de savoir si l'on devait l'ajouter ou non aux unités mentionnées dans le texte du projet anglais. Sur la proposition de M. Sears, le Comité décida unanimement de maintenir le weber avec la définition que lui a donnée le Comité consultatif dans sa session de 1935 (*Procès-Verbaux*, 1935 p. 189).

Le texte présenté par le National Physical Laboratory concernant les unités électriques absolues, ainsi amendé, a ensuite été adopté par le Comité consultatif. La Résolution 2, qui en fait l'objet, est donnée intégralement à la page E 25 du Procès-Verbal.

Comme un certain nombre de travaux entrepris sur les unités ne sont pas encore achevés, et qu'ainsi les valeurs de ces unités, en particulier de l'ampère, ne sont pas encore suffisamment bien établies, le Comité décida de ne pas fixer dès maintenant la date de sa prochaine

session. Il confia ce soin à son Président qui, après consultation des Laboratoires nationaux, convoquerait le Comité.

M. von Steinwehr attira l'attention du Comité sur le fait que pendant le passage aux nouvelles unités, il risquerait de se créer des confusions regrettables, si leur désignation ne se distinguait pas nettement de celle des anciennes unités. Ce danger existe particulièrement pour l'Allemagne, dont les réglementations électriques en vigueur jusqu'ici comportent les dénominations ohm, ampère, volt, sans l'addition du qualificatif « international ». Il estima par conséquent désirable d'adjoindre à la désignation des nouvelles unités, un qualificatif qui les caractérisât nettement. Le Comité adopta cette façon de voir et décida :

RÉSOLUTION 3.

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

La proposition du Laboratoire Electrotechnique, d'étendre aux inductances et aux capacités les comparaisons internationales d'étalons, trouva l'approbation de tous les membres du Comité.

Après la fin des délibérations, M. Lombardi, au nom de tous les membres du Comité, remercia M. Sears de l'extrême amabilité avec laquelle il avait conduit les travaux du Comité. M. Sears remercia à son tour ses collègues et déclara close la session du Comité consultatif.

ANNEXE E 4.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

RAPPORT

CONCERNANT L'ÉTAT DES EXPÉRIENCES

SUR LA

DÉTERMINATION DE L'OHM INTERNATIONAL

EN UNITÉS ABSOLUES

Par M. ZICKNER.

(1^{er} avril 1939.)

La méthode adoptée par Grüneisen et Giebe pour leurs mesures publiées en 1921 (*Wiss. Abh. d. P.T.R.*, 3, 1921, p. 1), méthode qui consiste d'une part à calculer (en unités absolues) d'après ses dimensions géométriques la self-induction d'une bobine cylindrique à une seule couche exécutée avec une grande précision, et d'autre part à la comparer à l'ohm international par une mesure électrique, a été aussi utilisée dans la nouvelle détermination actuellement en cours. Le pont de Maxwell pour la comparaison des capacités aux inductances a été amélioré conformément aux perfectionnements techniques réalisés entre temps, par exemple grâce à l'utilisation d'un galvanomètre à vibrations d'une sensibilité plus grande, et qu'on peut accorder électriquement; grâce aussi à un procédé plus commode pour la comparaison des résistances du pont dans leur bain aux boîtes étalons, et grâce surtout à la constance de la température maintenue dans la salle des expériences.

Pour ce qui concerne l'exécution de la bobine de self-induction, dont l'enroulement repose sur un cylindre lisse de quartz fondu (sans filetage), des détails ont déjà été donnés dans le Rapport de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt de juin 1937 (voir *Proc.-Verb. Com. int.*, 1937, p. 135). Une deuxième bobine semblable, en marbre, est encore en construction. On a mesuré ses dimensions géométriques au moyen d'un comparateur spécialement construit par la Section I de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. La détermination absolue de la capacité par une mesure de résistance et une mesure de temps a été effectuée au moyen d'un interrupteur tournant par la méthode de Maxwell-Thomson. L'exactitude des mesures s'est améliorée sensiblement grâce à l'emploi d'un galvanomètre spécial à haute sensibilité, à un graissage continu des contacts tournants et au contrôle de la fréquence de l'interrupteur au moyen d'un moteur synchrone lié à l'horloge à quartz de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Le résultat provisoire du travail est le suivant :

$$1 \text{ ohm int.} = 1,00051 \pm 0,00002 \text{ ohm abs.}$$

Ce résultat doit être considéré comme provisoire, puisqu'il nous faut encore effectuer quelques mesures de contrôle. La fixation de l'exactitude à $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ également n'est pas encore définitive.



ANNEXE E 2.

National Bureau of Standards.

RÉSULTATS SUPPLEMENTAIRES

A UNE

DÉTERMINATION DE L'OHM ABSOLU

EN FAISANT USAGE D'UN INDUCTEUR PERFECTIONNÉ

Par MM. HARVEY L. CURTIS, CHARLES MOON
et M^{me} C. MATILDA SPARKS.

(22 décembre 1938.)

Une publication antérieure (1) a donné les résultats qui ont été obtenus avant juillet 1938 en faisant usage d'un étalon perfectionné de self-inductance, étalon appelé le *long solénoïde de verre*. La présente Note signale les modifications apportées aux instruments de mesures électriques et les résultats obtenus en utilisant le même inducteur pendant les six derniers mois de 1938.

Les modifications instrumentales consistaient en la construction d'un nouveau pont à courant alternatif Maxwell-Wien, en l'installation d'un thermo-relais dans le circuit du galvanomètre du pont de Maxwell destiné à la mesure absolue de la capacité et en l'utilisation dans ce pont (pour la mesure des capacités) d'une batterie d'accumulateurs à faible résistance interne. On a également obtenu des résultats supplémentaires dans la détermination du diamètre de l'hélice et l'on a fait un plus grand

(1) *J. Research*, N.B.S., 21, 1938, p. 375, RP 1137.

nombre de mesures de l'inductance en fonction du henry international du National Bureau of Standards.

Le nouveau pont à courant alternatif Maxwell-Wien est représenté sur la figure 1. Les bras du pont étaient bien séparés, de telle sorte que les réactions entre eux étaient très faibles. Les connexions avec les bras du pont rayonnaient à partir d'un commutateur central. Cette disposition facilitait la comparaison des résistances de chaque bras avec les étalons.

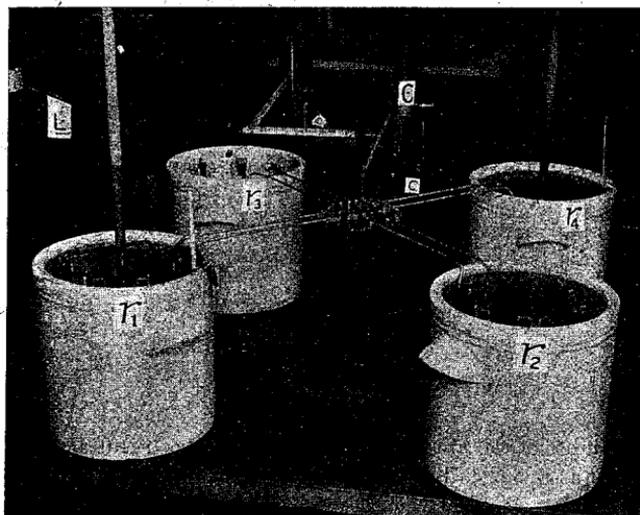


Fig. 1.

Le thermo-relais était du type normalement fabriqué par *Kipp et fils*. Grâce à l'utilisation de ce relais, la sensibilité du pont était augmentée dix fois, de sorte que les observations ont pu être effectuées au moins à la précision du millionième.

Afin de diminuer l'incertitude due à la résistance des accumulateurs, on a installé dans le laboratoire un groupe de 8 batteries de démarrage pour automobiles, de trois éléments chacune. Les batteries étaient reliées entre elles par des conducteurs de faible résistance et reliées directement au pont par des gros fils. De cette façon la résistance de la batterie a été réduite au point que l'incertitude qui en résultait était probablement inférieure à 1 millionième.

Le diamètre du long solénoïde de verre a été mesuré dans un certain nombre de positions. Ces positions étaient aussi voisines que possible de celles qui ont été utilisées lors des mesures primitives. On a fait 200 observations, à des intervalles de 1^{cm} le long de quatre plans axiaux sur la moitié supérieure du solénoïde. L'écart par rapport aux résultats primitifs était, en tout point et dans tous les cas, inférieur à 1 micron; la différence entre le diamètre moyen déduit de ces mesures et le diamètre moyen cité dans la publication précédente a été, pour les mêmes positions, de 0,17 micron seulement, ce qui est inférieur à l'erreur expérimentale possible. Il n'y avait donc aucun indice que le diamètre eût changé. Faute de temps on n'a pas effectué de mesures sur la partie inférieure du solénoïde.

Les résultats des mesures électriques sont donnés dans le Tableau I, qui a la même disposition que le Tableau XXIV de la publication précédente.

Les valeurs individuelles sont représentées sur la figure 2, qui fournit, dans l'ordre chronologique, toutes les valeurs qui ont été obtenues au moyen du long solé-

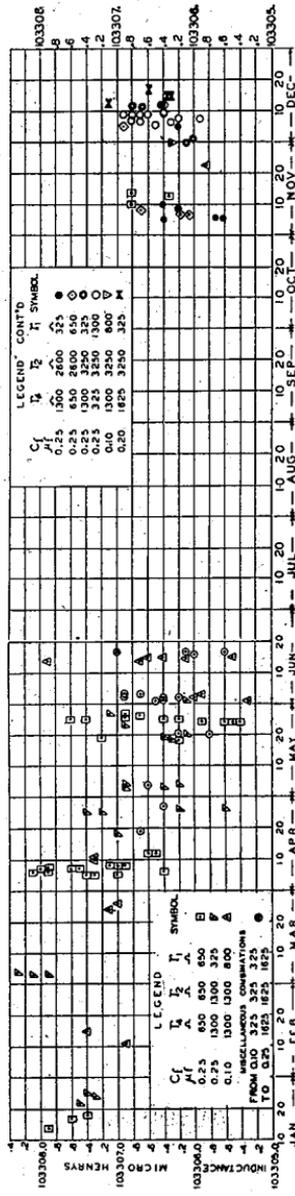


Fig. 2.

TABLEAU I.

Différence entre les inductances du long solénoïde de verre (N.B.S. 1847) et l'inducteur de substitution.

Mesures effectuées pendant les deux derniers mois de 1938.

Température de l'inducteur : $26^{\circ},1 \pm 0^{\circ},5$ C.

Fréquence utilisée dans le pont à courant alternatif 24 c/s.

Fréquence utilisée dans le pont à capacité : 100 charges et décharges par seconde.

Ce tableau dérive des valeurs individuelles représentées sur la figure 2.

Valeurs nominales des constantes du pont Maxwell-Wien.			Valeur moyenne de l'inductance L-l (μ h int. N. B. S.).	Nombre d'observations dans chaque groupe.	Écart moyen d'une détermination individuelle par rapport à la moyenne du groupe (en μ h).	
Capacité C (en μ f):	Résistance (en ohms)					
	r_1 .	r_2 .	r_3 .			
0,1	1300	800	1300	103 305,8	1	—
	1300	800	1750	6,3	1	—
0,2	1625	325	325	6,6	4	$\pm 0,27$
0,25	1300	325	2600	6,1	6	$\pm 0,28$
	650	650	2600	6,5	4	$\pm 0,32$
	650	650	650	6,6	3	$\pm 0,23$
	1300	325	3250	6,4	6	$\pm 0,27$
	325	1300	3250	6,5	12	$\pm 0,23$
Nombre total d'observations:.....				37		

Moyenne des 37 observations : 103306,4 microhenrys internationaux N.B.S.

Écart moyen des 37 valeurs individuelles par rapport à leur moyenne : $\pm 0,3$ μ h.

Écart maximum d'une valeur quelconque par rapport à la moyenne : 0,8 μ h.

noïde de verre. En tenant compte, d'une part, de la valeur mesurée de l'inductance, qui est égale à 103306,4 microhenrys internationaux et qui est donnée dans le Tableau I, et, d'autre part, de la valeur calculée qui est égale à 103356,3 microhenrys absolus, on peut établir comme suit le résultat des mesures effectuées en novembre et décembre 1938 :

1 ohm international N.B.S. = 1,000483 ohm absolu.

Ce résultat est supérieur de 4 millièmes à la valeur obtenue pendant les six premiers mois de 1938. Cependant les points reportés sur la figure 2 montrent que l'inductance mesurée donnait des valeurs plus élevées avant le milieu d'avril qu'après cette date. On recherche actuellement la cause de cette différence. A titre de contrôle on a comparé le résultat moyen des déterminations de novembre et décembre avec le résultat moyen des déterminations de mai et juin. La différence entre les moyennes de ces deux groupes de mesures était inférieure à 1 millième. Cependant, l'écart moyen par rapport au résultat de mai-juin était de 4 millièmes, tandis que par rapport au résultat de novembre-décembre il était de 3 millièmes. De même l'écart maximum à partir de la moyenne était réduit de 15 à 8 millièmes.

ANNEXE E 3.

National Bureau of Standards.

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

SUR

UNE MESURE ABSOLUE DE RÉSISTANCE

BASÉE SUR L'INVERSION D'UN COURANT CONTINU
DANS UNE INDUCTANCE MUTUELLE

Par MM. FRANK WENNER, JAMES L. THOMAS,
IRVIN L. COOTER et F. RALPH KOTTER.

(28 décembre 1938.)

La méthode de mesure est décrite dans le compte rendu daté du 1^{er} septembre 1938.

Les résultats obtenus conduisent, pour les résistances de trois étalons récemment envoyés par notre Bureau au Bureau international des Poids et Mesures, aux valeurs suivantes :

Étalon.	Résistance en ohm absolu.
78.....	1,000011
82.....	1,000041
84.....	1,000017

Ces résultats, exprimés d'une autre façon, conduisent à la relation suivante :

1 unité N.B.S. = 1,000485 ohm absolu.

ANNEXE E 4.

Laboratoire Central d'Électricité.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

SUR LA

DÉTERMINATION DU RAPPORT DE L'OHM INTERNATIONAL
A L'OHM ABSOLU

Par MM. R. JOUAUST, M. PICARD et R. HÉROU.

Depuis la publication de notre travail en juillet 1938, sur la détermination du rapport de l'ohm international à l'ohm absolu ⁽¹⁾, nous avons cherché si quelques corrections ne devaient pas être apportées au résultat trouvé.

Nous exposons ci-dessous le résultat de ces recherches.

1. Le diamètre moyen en une région de la bobine cylindrique constituant notre étalon d'inductance a été déduit de la longueur de fil nécessaire pour bobiner 53 spires.

Il est évident que, par suite de la tension du fil pendant le bobinage, le cylindre de quartz qui constitue la bobine se contracte. Le procédé employé donne bien le diamètre réel de la section bobinée au moment du bobinage. Mais M. H. L. Curtis a attiré notre attention sur ce point que le bobinage des sections suivantes devait entraîner aussi une diminution du diamètre des sections déjà bobinées.

Nous avons constaté qu'il en était bien ainsi par le moyen suivant :

(1) *Bulletin Soc. française des Électriciens*, tome VIII, juillet 1938.

Nous avons procédé, sur un noyau de quartz identique à celui ayant servi à la constitution de l'étalon d'inductance, à un bobinage en insérant dans le fil une éprouvette de fil résistant analogue à celle que nous avons utilisée pour l'évaluation des frottements au bobinage (2).

On mesurait la résistance de cette éprouvette une première fois; puis on la mesurait de nouveau après avoir continué le bobinage pendant le nombre de spires dont on voulait apprécier l'effet de compression.

Une diminution de la résistance indiquant une diminution de tension, révèle par suite une diminution du diamètre de la bobine.

On a suivi ces variations de tensions par des mesures de résistance de l'éprouvette d'abord de 10 en 10 spires, puis par points plus espacés, jusqu'à l'extrémité de la bobine. Les résultats obtenus ont été vérifiés en débobinant le fil enroulé.

La sensibilité des mesures permettait de déceler des variations de longueur de l'ordre du millionième.

Les expériences ont montré que le diamètre du noyau sous l'éprouvette paraît diminuer lorsqu'on poursuit le bobinage. Il est assez difficile d'apprécier la correction exacte à appliquer de ce chef. Il semble que cette correction ait pour effet de diminuer de quelques millionièmes la valeur de l'étalon d'inductance.

2. La capacité propre de l'étalon d'inductance avait été déterminée avant le montage définitif de cet étalon. De nouvelles mesures ont montré que cette valeur était supérieure à la valeur trouvée initialement.

L'introduction de cette nouvelle valeur dans le terme-correctif dû à l'influence de la capacité propre de la bobine a pour effet de diminuer la valeur de l'étalon d'inductance de 5 millionièmes.

En tenant compte des corrections indiquées aux paragraphes 1 et 2, nous sommes amenés à considérer que le rapport de l'ohm international à l'ohm absolu déduit de nos mesures a pour valeur

$$1,00051$$

dans les mêmes conditions de précision que celles mentionnées dans notre travail de 1938.

(2) *Loc. cit.* p. 42.

ANNEXE E 5.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

RAPPORT

CONCERNANT L'ÉTAT DES EXPÉRIENCES

SUR LA

DÉTERMINATION DE L'AMPÈRE INTERNATIONAL
EN UNITÉS ABSOLUES

Par M. H. von STEINWEHR.

(1^{er} avril 1939.)

Pour la détermination du rapport de l'ampère international à l'ampère absolu, la Physikalisch-Technische Reichsanstalt a utilisé la balance de courant de Rayleigh. Celle-ci avait été choisie parce qu'elle permet d'obtenir, avec des bobines moins lourdes, des forces électromagnétiques sensiblement plus grandes qu'avec la balance de courant du National Physical Laboratory. Sa construction a été exécutée en s'inspirant de la première publication du Bureau of Standards concernant la balance de Rayleigh (1). De même, le mode opératoire et l'exécution des mesures, ainsi que le calcul de la force, sont si étroitement conformes aux descriptions publiées par le Bureau of Standards, que rien de particulier n'a besoin d'être mentionné à ce sujet.

Il n'est à la vérité pas possible de déterminer les dimensions d'enroulements à plusieurs couches avec une exactitude telle que

(1) *Bull. of the Bur. of Stand.*, 8, 1912, p. 270.

celles-ci puissent servir directement au calcul des forces. Mais cette difficulté peut être surmontée pour la plus grande partie si, selon la méthode du Bureau of Standards, le rapport des rayons est déterminé par des mesures magnétiques. L'espace d'enroulement entre alors dans les formules uniquement comme une correction, qui dans le cas présent est relativement élevée, et qui doit être déterminée avec plus d'exactitude qu'il n'est possible de le faire pour des bobines en fil. En raison de la difficulté de se rendre compte de l'influence des formules utilisées pour leur calcul, cet état de choses n'a été remarqué que lorsque les premières mesures effectuées avec des bobines de fil ont été soumises au calcul. Les circonstances qui se rapportent à ce problème ont été mises en lumière dans une publication de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1). Ainsi qu'il a été montré dans cette publication, la correction qui provient de l'espace occupé par l'enroulement ne doit pas être traitée en deux étapes, à savoir d'abord pour la détermination du rapport des rayons, puis pour la pesée, mais au contraire les formules doivent être combinées de telle façon que cette correction ne s'introduise qu'une seule fois dans le calcul.

D'après la formule à laquelle on est arrivé dans le travail cité, il faut remarquer également que les erreurs qui entachent la détermination de l'espace occupé par l'enroulement des petites bobines mobiles ont beaucoup plus d'influence que celles qui affectent cette même détermination sur les grandes bobines fixes. Comme un enroulement de fil se place sous la forme d'une hélice, il doit rester aux extrémités de chaque couche d'enroulement un espace libre, dont la détermination n'est pas possible. On ne peut éviter celui-ci, lorsqu'on passe à un enroulement de ruban, qu'en le disposant en couches superposées et non contiguës. Dans ce cas, l'espace d'enroulement ne peut être déterminé avec une exactitude suffisante d'après la largeur du ruban et l'épaisseur de la couche enroulée que si l'intervalle entre les couches successives n'est pas trop grand. Comme il ne fut pas possible à ce moment de se procurer en Allemagne du ruban d'aluminium oxydé pour lequel l'épaisseur de l'isolant ne montât qu'à quelques microns, on a essayé d'établir des bobines faites suivant ce principe avec du ruban de cuivre, ruban qui était

(1) *Phys. Zeits.*, 39, 1938, p. 399.

recouvert d'une couche d'émail. Mais, tandis que les bobines qui avaient été enroulées avec du fil de cuivre émaillé présentaient un isolement remarquable, toutes les tentatives pour réaliser un enroulement bien isolé avec du ruban de cuivre émaillé ont échoué. Il a fallu par conséquent ajouter au ruban de cuivre émaillé un isolant de soie grâce auquel l'isolement est devenu suffisant dans les limites exigées. Mais ainsi la distance entre les couches successives était augmentée d'une telle quantité que les résultats obtenus avec des bobines de cette sorte sont affectés d'une incertitude trop grande (1). Grâce à l'obligeance du Bureau of Standards, qui a mis à la disposition de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt du ruban d'aluminium oxydé pour l'enroulement de deux petites bobines mobiles, il fut au moins possible d'exécuter deux bobines en ruban d'aluminium tout à fait satisfaisantes, que l'on a alors utilisées en les associant soit aux deux bobines fixes de fil, soit aux deux bobines fixes de ruban pour les dernières mesures effectuées jusqu'ici.

En revanche, si l'amélioration dans la construction des bobines ne s'est faite qu'au cours des recherches, quelques autres perfectionnements avaient déjà été entrepris dès la mise en projet de l'appareillage; parmi ceux-ci nous ne citerons que les deux suivants :

1° L'appareil destiné à la détermination du rapport des rayons des bobines a été construit de telle sorte que les petites bobines puissent être déplacées d'une quantité mesurable dans trois directions perpendiculaires et puissent être tournées d'une quantité mesurable autour de deux directions perpendiculaires. Grâce à cela, on a rendu possible un ajustage parfait des deux bobines l'une par rapport à l'autre et par rapport au petit aimant suspendu. La position de celui-ci peut également être modifiée dans certaines limites.

2° Pour réaliser la coaxialité des bobines mobiles et des bobines fixes au moment de la pesée, la balance du National Bureau of Standards, qui repose sur les supports recevant les bobines fixes,

(1) Au sujet de données plus détaillées sur les bobines enroulées avec du ruban de cuivre, voir le Rapport de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt dans les *Procès-Verbaux du Comité international*, 1937, p. 137.

est réglable par des déplacements dans deux directions horizontales perpendiculaires l'une à l'autre. Les objections qui pourraient être faites avec raison contre un tel dispositif ont amené la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à construire les bobines fixes sur une plaque-support qui peut être déplacée d'une quantité mesurable dans deux directions horizontales perpendiculaires l'une à l'autre, au lieu de rendre la balance elle-même déplaçable en même temps que les bobines qui lui sont suspendues. Cette disposition a l'avantage que la balance n'est aucunement affectée par les manipulations de l'ajustage, et n'a pas besoin d'être mise à l'arrêt.

Ci-dessous sont indiqués les résultats des mesures, qui cependant, à cause de l'incertitude de la correction due à l'espace occupé par l'enroulement des bobines fixes bobinées avec du fil ou du ruban de cuivre, ne doivent pas encore être considérés comme définitifs. Les mesures effectuées jusqu'ici ont eu lieu avec les combinaisons de bobines suivantes :

a. Bobines fixes en fil, bobines mobiles en fil. Les résultats doivent, à cause d'une trop grande incertitude sur la correction due à l'espace occupé par l'enroulement, rester tout à fait hors de considération.

b. Bobines fixes en ruban de cuivre, bobines mobiles en ruban de cuivre. Ici on peut à la vérité calculer une correction; mais celle-ci n'est pas, au moins pour les bobines mobiles, connue assez exactement.

c. Bobines fixes en fil, bobines mobiles en ruban d'aluminium. Bien que la correction pour ces dernières puisse être déterminée exactement, les résultats sont entachés d'une certaine erreur, car on ne connaît pas la correction des premières.

d. Bobines fixes en ruban de cuivre, bobines mobiles en ruban d'aluminium. Les résultats obtenus avec cette combinaison de bobines doivent être regardés comme les plus dignes de confiance; c'est pourtant sur ceux-ci que l'écart avec les résultats du National Physical Laboratory et du National Bureau of Standards est le plus grand. Les résultats des mesures correspondant aux diverses combinaisons de bobines sont résumés dans le Tableau suivant :

Grandes bobines.		Petites bobines.		<u>Amp. int.</u> <u>Amp. absolu</u>
Diam. en cm.	Conducteur utilisé.	Diam. en cm.	Conducteur utilisé.	
40	ruban de cuivre	20	ruban de cuivre	1,00006
40	» »	20	» »	1,00003
50	fil »	25	» d'aluminium	0,99996
40	ruban »	20	» »	1,00012

ANNEXE E 6

National Bureau of Standards.

RÉSUMÉ D'UN RAPPORT

SUR

LA DÉTERMINATION DE L'AMPÈRE ABSOLU

EN FAISANT USAGE DE BOBINES PERFECTIONNÉES

Par MM. Harvey L. CURTIS, Roger W. CURTIS,
et CHARLES L. CRITCHFIELD.

(22 décembre 1938.)

Des publications antérieures ⁽¹⁾ ont donné des valeurs de l'ampère absolu, déterminées au moyen de la balance de courant de Rayleigh. Le présent rapport donne les valeurs obtenues au cours de 1938, en faisant usage de bobines perfectionnées. Il y avait deux bobines mobiles, dont chacune était utilisée avec une paire de bobines fixes. Toutes ces bobines avaient été construites de manière à les rendre conformes aux conditions théoriques, plus exactement que cela n'avait pu être fait pour les bobines décrites dans le rapport précédent.

Les deux bobines mobiles étaient les mêmes que celles décrites dans le dernier rapport au Comité international. L'une d'elles, désignée par P 1, était un solénoïde à couche unique. L'autre, désignée par A 1, était une bobine à ruban d'aluminium. On

⁽¹⁾ An absolute determination of the ampere, by Curtis and Curtis : *B. S. J. Research*, 22, 1934, p. 665; RP 685; et Rapport supplémentaire sur la détermination absolue de l'ampère, par Curtis, Curtis et Critchfield : *Procès-Verbaux du Comité international*, 1937, p. 149.

trouvera dans la Note publiée en Annexe aux *Procès-Verbaux* les descriptions et les photographies de ces deux bobines telles qu'elles sont montées sur la balance de courant.

Les deux bobines fixes, désignées par B 1 et B 2, ont été construites au moyen d'un ruban d'aluminium. Le mode de construction se rapproche beaucoup de ce qui avait été fait pour la bobine A 1, mais avec des dimensions différentes. Leur diamètre moyen était de 45^{cm}, le ruban avait 2^{cm},5 de largeur et 0^{cm},01 d'épaisseur. Les rubans étaient isolés par une couche d'oxyde d'aluminium épaisse d'environ 6 microns, qui était formée sur la surface du ruban par un procédé électrolytique. On a superposé deux rubans en les enroulant simultanément : un ruban partait de l'extrémité d'un diamètre, l'autre ruban partait de l'extrémité opposée. Chaque enroulement comprenait 125 tours. Les deux enroulements étaient normalement branchés en parallèle, mais pouvaient être branchés en série ou isolés l'un de l'autre, lorsque la mesure de la résistance d'isolement l'exigeait. Les bobines avaient un dispositif de refroidissement par eau. Ces nouvelles bobines fixes présentaient une résistance si faible que l'on pouvait y faire passer un courant plus intense que dans les bobines mobiles. On pouvait ainsi augmenter la force sans échauffer davantage la bobine mobile et l'échauffement accru des bobines fixes pouvait être limité par une circulation d'eau aménagée dans leurs carcasses. Cependant, l'utilisation de courants différents dans les bobines fixes et dans les bobines mobiles a l'inconvénient de présenter deux circuits séparés, dans lesquels le courant doit être maintenu constant. Cette modification est une variante avantageuse de la méthode qu'on utilise généralement et dans laquelle toutes les bobines sont montées en série.

La valeur utilisée pour l'accélération de la pesanteur à l'emplacement de la balance était la même que précédemment, soit 980,095 cm/sec². Elle était basée sur la détermination absolue de Potsdam. Une détermination récente ⁽¹⁾ effectuée dans notre Bureau a fourni une valeur inférieure de 20 millièmes à la valeur de Potsdam. En attendant l'établissement d'un accord international, il ne semble pas opportun de changer l'ancienne base.

⁽¹⁾ HEYL et COOK, *The Value of Gravity at Washington* (J. Research N. B. S., 17, 1936, p. 865; RP 946).

Les résultats qui ont été obtenus avec les bobines fixes B1 et B2 sont donnés dans le Tableau I.

La valeur déduite des mesures effectuées au moyen de ces bobines peut être exprimée comme suit :

$$1 \text{ ampère international N.B.S.} = 0,999852 \text{ ampère absolu.}$$

Ce résultat est inférieur à tous les autres résultats obtenus au moyen d'un ensemble quelconque de bobines. Il est le seul obtenu en utilisant simultanément, comme bobines fixes et comme bobines mobiles, des bobines perfectionnées. La valeur présentée au Comité international en 1937 n'était basée que sur des bobines perfectionnées mobiles. Le résultat actuel pourrait être légèrement modifié en raison de nouvelles mesures des dimensions et du coefficient de dilatation de certaines bobines. Un Mémoire donnant les résultats complets de tous les travaux effectués depuis 1934 est en préparation et paraîtra dans un prochain fascicule du *Journal of Research du National Bureau of Standards*.

TABLEAU I.

Résumé des résultats obtenus avec les bobines fixes B1 et B2.

Date (1938).	Connexion des enroulements de B1 et B2.	Force approximative (grammes).	Courant approximatif (en ampères).		N.B.S.-I _a <u>I_a</u> (millio- nièmes).	Nombre d'observa- tions.	Écart par rapport à la moyenne dans une série.
			Bobine mobile.	Bobine fixe.			
<i>Bobine mobile A1.</i>							
Juin...	Parallèle	1,67	1	1	145	6	±3
Juin...	Série	3,35	1	1	144	9	6
	Moyenne en utilisant A1.....				144		
<i>Bobine mobile P1.</i>							
Sept...	Parallèle	1,40	1	1	152	11	±5
Sept...	Série	2,81	1	1	153	6	3
Oct....	Parallèle	2,81	0,4	5	150	4	3
Oct....	Parallèle	7,03	1	5	149	9	2
	Moyenne en utilisant P1.....				151		
	Moyenne en utilisant les deux bobines...				148		

ANNEXE E 7.

Laboratoire électrotechnique, Tokio.

SUR

LA MESURE ABSOLUE DU COURANT

Par

MM. RINKICHI YONEDA et YÛICHI ISHIBASHI.

Le Laboratoire Électrotechnique a fabriqué deux nouvelles bobines mobiles, et fait la mesure absolue de l'ampère en utilisant ces bobines en combinaison avec les bobines anciennes fixes.

La mesure du rapport entre les rayons d'une bobine fixe et d'une bobine mobile est déjà terminée. Nous sommes en train de faire maintenant des mesures du courant absolu en employant la balance de courant.

Les bobines mobiles nouvellement fabriquées sont constituées par des enroulements de rubans d'aluminium. Leurs dimensions géométriques sont indiquées ci-dessous :

TABLEAU I.

Symbole.....	M ₁₁	M ₁₂
Rayon.....	12 ^{cm} , 511	12 ^{cm} , 509
Profondeur radiale.....	2 × 0 ^{cm} , 459	2 × 0 ^{cm} , 458
Longueur axiale.....	2 × 0 ^{cm} , 492	2 × 0 ^{cm} , 493
ombre de spires.....	60	60

Les mesures des rapports entre les rayons d'une bobine fixe et d'une bobine mobile ont été faites, comme la dernière fois, par procédé électromagnétique, dans une section du Laboratoire située à Hiraiso (Préfecture d'Ibaraki).

Les résultats en sont indiqués dans le Tableau II.

TABLEAU II.

Résultats des mesures des rapports des rayons effectifs.

Combinaison.	Rapports observés des rayons.	Corrections pour la section finie		Corrections pour la longueur effective de l'aimant.	Valeurs corrigées des rapports.
		pour les bobines fixes.	pour les bobines mobiles.		
F ₁ -M ₁₁	0,499 131 0	+319,8.10 ⁻⁶	-325,3.10 ⁻⁶	+21,2.10 ⁻⁶	0,499 138 8
F ₁ -M ₁₂	0,499 077 5	+319,8.10 ⁻⁶	-329,1.10 ⁻⁶	»	0,499 083 4
F ₂ -M ₁₁	0,499 422 6	+327,4.10 ⁻⁶	-325,3.10 ⁻⁶	»	0,499 434 2
F ₂ -M ₁₂	0,499 373 0	+327,4.10 ⁻⁶	-329,1.10 ⁻⁶	»	0,499 382 7
F ₃ -M ₁₁	0,500 144 5	+363,6.10 ⁻⁶	-325,3.10 ⁻⁶	»	0,500 174 3
F ₃ -M ₁₂	0,500 095 8	+363,6.10 ⁻⁶	-329,1.10 ⁻⁶	»	0,500 123 7

F_1 , F_2 et F_3 sont les anciennes bobines fixes.

Les rapports $\frac{M_{11}}{M_{12}}$ déduits par l'intermédiaire des bobines fixes sont indiqués ci-dessous :

	M_{11}/M_{12}
F_1	1,000 111 0
F_2	1,000 103 1
F_3	1,000 101 3

En supposant que la moyenne des valeurs de $\frac{M_{11}}{M_{12}}$ est correcte, nous avons recorrige les dernières valeurs du Tableau II, comme il est indiqué dans le tableau suivant :

F_1-M_{11}	0,499 137 3
F_1-M_{12}	0,499 084 9
F_2-M_{11}	0,499 434 7
F_2-M_{12}	0,499 382 2
F_3-M_{11}	0,500 175 3
F_3-M_{12}	0,500 122 7

Les mesures du courant absolu par la balance sont en cours d'exécution.



ANNEXE E 8.

Bureau International des Poids et Mesures.

RAPPORT

SUR LES

COMPARAISONS DES ÉTALONS NATIONAUX
DE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

(janvier-février 1939)

Par MM. A. PÉRARD et M. ROMANOWSKI.

Le nombre des étalons de résistance électrique réunis au Bureau international pour la comparaison de 1939 a été sensiblement plus élevé que lors des comparaisons précédentes. Pour ne pas allonger exagérément la durée des travaux, et pour donner le même poids aux unités des six Laboratoires nationaux, nous avons été amenés à répartir les étalons présents en deux groupes, d'importance très inégale d'ailleurs. Le premier groupe contenait, comme représentants de chaque Laboratoire national, un étalon primaire et un étalon secondaire, destinés à être renvoyés, après les comparaisons, à leur pays respectif. A cet ensemble d'étalons « voyageurs » ont été adjoints six étalons (un par Laboratoire national) destinés à rester au Bureau international à titre de dépôt permanent (étalons dits « sédentaires »). Le Laboratoire central d'Électricité et l'Institut de Métrologie n'ayant pas envoyé d'étalon sédentaire, pour sauvegarder la symétrie des comparaisons on a fait occuper les places qui leur étaient normalement destinées par deux étalons conservés au Pavillon de Breteuil : l'un appartient au National Physical Laboratory (n° 717) et l'autre est propriété du Bureau interna-

tional (Leeds et Northrup, n° 269965) (1). Ces étalons sont désignés par un astérisque * dans le Tableau ci-dessous. Ont été rattachés aux étalons nationaux voyageurs, deux ohms du Bureau national des Mesures de Varsovie, les nos P (269970) et P (7301).

Voici la constitution des groupes :

	Premier groupe.			Deuxième groupe.	
	Voyageurs.		Sédentaires.	Voyageurs.	Sédentaires.
	Primaires.	Secondaires.	Primaires.	Témoins.	Secondaires.
P.T.R. Berlin:....	R(3751)	R (1K)	R(2836)	-	R(111)
N.B.S. Washington.	S (78)	S (82)	S(85)	S (84)	S (86) S (87)
L.C.E. Paris.....	C(3962)	C (7414)	N(717)*	-	-
N.P.L. Teddington.	N (718)	N (719)	N(645)	N(720)	N(643)
E.T.L. Tokio.....	E(34054)	E(34050)	E(34052)	-	-
I.M. Leningrad....	M (6)	M (8)	LN(269965)*	-	-

Tous les étalons sont à bornes de potentiel sauf R(1K) et R(111). Ce dernier est en alliage or-chrome.

Les ohms primaires ont été, comme en mars 1935 et décembre 1936, comparés entre eux dans toutes les combinaisons possibles. Les ohms secondaires et sédentaires du premier groupe ont été rattachés aux ohms primaires par des comparaisons directes mais effectuées suivant un schéma un peu plus simple (fig. 1). L'un des observateurs a utilisé le courant de 0,10 A (énergie dissipée : 0,01 watt), et l'autre de 0,14 A (énergie dissipée 0,02 watt); et chacun d'eux a effectué l'ensemble complet des comparaisons, c'est-à-dire un « aller » et un « retour » symétrique par rapport à une date centrale; cette date étant la même pour les deux observateurs : 15 février 1939.

Le rattachement des étalons du deuxième groupe n'a été effectué que par un seul observateur (R), et par rapport aux étalons secondaires seulement.

La conduite générale des comparaisons est restée inchangée depuis celles de 1936; mais le pont double a subi, au cours des années précédentes, une profonde modification due plus spécia-

(1) Les deux Laboratoires en question auront à substituer par la suite leurs propres étalons aux étalons ci-dessus.

lement à l'un de nous (Romanowski). Le schéma des connexions (fig. 2) diffère du précédent par les deux points principaux suivants :

a. Suppression du shunt sur l'ohm mesuré X et application de ce shunt S à l'ohm tare T. Ce dernier étant choisi parmi les modèles à prises de potentiel externes, on élimine toute erreur

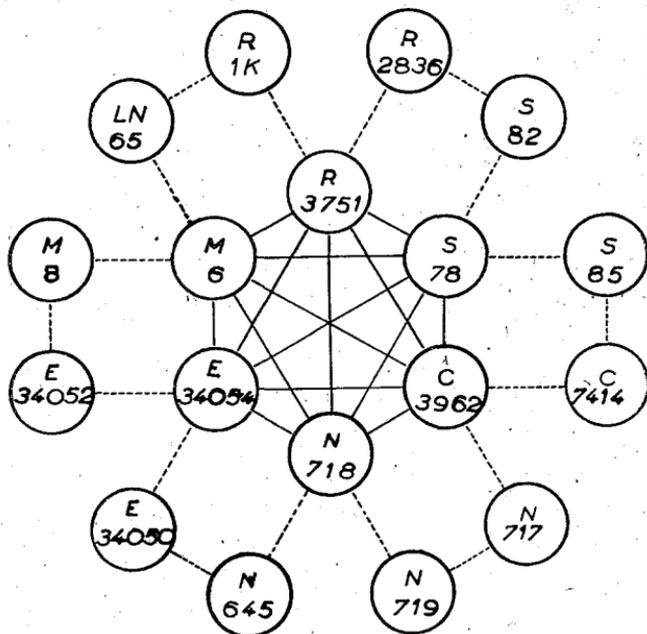


Fig. 1.

pouvant provenir, lorsqu'on shunte l'ohm mesuré lui-même, des résistances notables que présentent ses prises de potentiel.

b. Établissement d'un dispositif N permettant de mettre en court-circuit les extrémités des bras extérieurs du pont double et addition de deux ohms x et y en série avec les bras extérieurs. Lorsqu'on ferme le court-circuit N on peut, grâce à un shunt situé sur l'ohm x (du même côté que l'étalon mesuré), réaliser l'équilibre du pont simple de Wheatstone qui en résulte, et écrire ainsi une équation supplémentaire qui, combinée avec

celle du pont double, permet d'éliminer les résistances des dérivations de potentiel;

c. Un des bras extérieurs du pont a été rendu légèrement ajustable grâce au dispositif σ , de sorte qu'il était possible d'écrire une troisième équation résultant de l'équilibrage du nouveau pont simple obtenu en ouvrant les deux court-circuits N

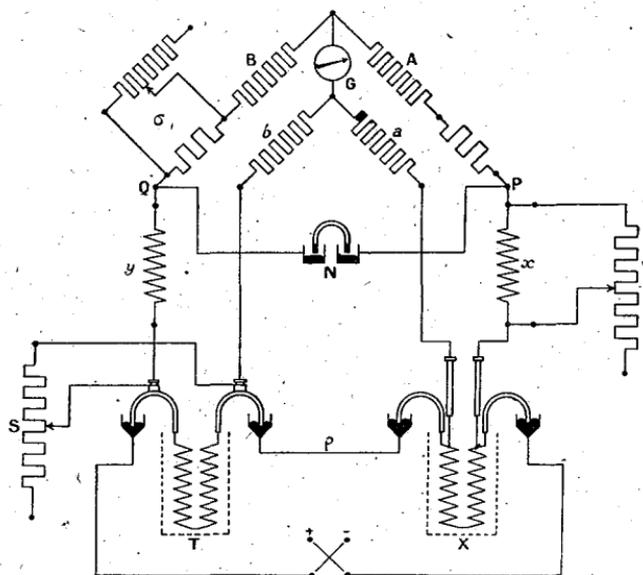


Fig. 2.

et ρ . Ce troisième équilibrage, dont l'importance est d'ailleurs très faible, n'était effectué qu'approximativement, de façon à convenir simultanément aux deux étalons qui allaient être comparés entre eux.

La boîte à fiches, qui servait autrefois de shunt principal, a été remplacée par une boîte de précision, à manettes, établie par la Cambridge Instrument Co. On a déterminé, immédiatement avant le commencement des comparaisons, les valeurs de la boîte-shunt et de l'ohm servant de tare, de sorte que l'on pouvait appliquer aux lectures les corrections nécessaires et éliminer ainsi toute inexactitude pouvant provenir des calculs.

L'examen des résultats obtenus semble montrer que ces modifications n'ont pas été effectuées en vain; les erreurs résiduelles sont deux fois plus faibles qu'en 1935. Sauf dans une seule mesure (sur tout l'ensemble du travail), elles sont nettement inférieures à un dixième de microhm. Si dans ces conditions, et à titre exclusivement documentaire, on effectuait le calcul des erreurs probables, on trouverait pour chaque comparaison individuelle une erreur de quelques centièmes de microhm, et pour chaque résultat final compensé une erreur de l'ordre du centième de microhm à peine, précision évidemment illusoire.

Résultats.

Le Tableau I ci-dessous montre la concordance des résultats obtenus individuellement par chaque observateur. Sur le

TABLEAU I.

Écart des étalons nationaux du premier groupe par rapport à A₆.

$$A_6 = \frac{1}{6} [R(3751) + S(78) + C(3962) + N(718) + E(34054) + M(6)].$$

Étalons.	Pérard ($i = 0,10$ A).	Romanowski ($i = 0,14$ A).	Moyenne.
<i>Primaires.</i>			
R (3751).....	+170,77 $\mu\Omega$	+170,85 $\mu\Omega$	+170,81 $\mu\Omega$
S (78).....	-347,10	-347,26	-347,18
C (3962).....	+200,33	+200,39	+200,36
N (718).....	-333,63	-333,60	-333,62
E (34054).....	+218,72	+218,72	+218,72
M (6).....	+ 90,92	+ 90,90	+ 90,91

Secondaires.

R (1K).....	+174,10	+174,13	+174,12
S (82).....	-317,39	-317,37	-317,38
C (7414).....	+162,65	+162,54	+162,60
N (719).....	-329,15	-329,07	-329,11
E (34050).....	+237,89	+237,58	+237,74
M (8).....	+ 83,13	+ 83,11	+ 83,12

Tableau II figurent les valeurs des étalons exprimées dans l'unité de leur laboratoire respectif, mesurées avant et après les comparaisons, ainsi que les valeurs interpolées au 15 février 1939.

TABLEAU II.

*Valeurs des étalons nationaux interpolées
à la date du 15 février 1939 (1).*

	(1 ^{er}) déc. 1938.	(1 ^{er}) avril 1939.	15 février 1939.
R (3751).....	1,000 028 4 Ω_A	1,000 033 6	1,000 031 71 Ω_A
	(15) nov. 1938.	(15) mars 1939.	
S (78).....	0,999 526 0 Ω_E	0,999 526 0	0,999 526 00 Ω_E
S (82).....	0,999 556 0	0,999 556 0	0,999 556 00
	3 janvier 1939.	21 avril 1939.	
C (3962).....	1,000 070 7 Ω_F	1,000 070 3	1,000 070 54 Ω_F
C (7414).....	1,000 027 0	1,000 022 0	1,000 025 01
	(15) déc. 1938.	(15) mars 1939.	
N (718).....	0,999 542 0 Ω_G	0,999 543 0	0,999 542 69 Ω_G
N (719).....	0,999 547 0	0,999 548 0	0,999 547 69
	2 nov. 1938.	(25) mai 1939.	
E (34054)....	1,000 104 0 Ω_J	1,000 101 0	1,000 102 46 Ω_J
E (34050)....	1,000 124 0	1,000 122 0	1,000 122 97
	8 déc. 1938.	3 mai 1939.	
M (6).....	0,999 960 6 Ω_U	0,999 959 5	0,999 960 08 Ω_U
M (8).....	0,999 952 8	0,999 952 2	0,999 952 52

Les écarts des unités nationales ont d'abord été calculés par rapport à leur moyenne actuelle Ω_n^0 et ensuite rapportés à l'ohm moyen Ω_M , tel qu'il est défini par le Comité consultatif d'Électricité de 1935. Ces résultats sont présentés dans les dernières colonnes du Tableau III.

(1) Entre parenthèses figurent les dates admises par nous, faute d'indication plus précise sur les mesures des Laboratoires nationaux.

TABLEAU III.

Valeurs successives des unités nationales de résistance électrique
(en fonction de la moyenne Ω_M définie en 1935).

	Nov. 1933 3 ^e comparaison. Ω_M	Mars 1935 4 ^e comparaison. Ω_M	Déc. 1936 5 ^e comparaison. Ω_M	Février 1939 6 ^e comparaison. Ω_M
Allemagne Ω_A	+10,6.10 ⁻⁶	+ 9,8.10 ⁻⁶	+ 6,6.10 ⁻⁶	+ 9,1.10 ⁻⁶
États-Unis Ω_E	- 6,4	- 5,5	- 3,7	- 3,2
France } Ω_F	+73,0	+69,5	-	-
} Ω_F modifié..	-	0,0	+ 0,9	+ 3,7
Grande Bretagne Ω_G ..	- 5,2	- 3,6	- 3,9	- 6,5
Japon Ω_J	- 8,3	-11,2	-10,0	-14,4
U.R.S.S. } Ω_U	+ 9,5	+10,6	-	-
} Ω_U modifié.	-	0,0	- 0,4	+ 0,8

Valeurs des étalons exprimées en Ω_M
à la date du 15 février 1939.

(Pour la répartition voir tableau page E 63).

P. T. R.	R(3751) = 1,000 0409	N. B. S.	S(78) = 0,999 5229
	R(1K) = 1,000 0442		S(82) = 0,999 5527
	R(2836) = 1,000 1720		S(85) = 0,999 5241
	R(111) = 1,000 2255		S(86) = 0,999 5251
			S(87) = 0,999 5153
			S(84) = 0,999 5286
L. C. E.	C(3962) = 1,000 070	4N. P. L.	N(718) = 0,999 5364
	C(7414) = 1,000 0326		N(719) = 0,999 5409
	*		N(645) = 1,000 0063
			N(643) = 0,999 9551
			N(717)* = 1,000 0124
			N(720) = 0,999 5190
E. T. L.	E(34054) = 1,000 0888	I. M.	M(6) = 0,999 9610
	E(34050) = 1,000 1078		M(8) = 0,999 9532
	E(34052) = 0,999 5864		*
	B. N. M.	P(269970) = 0,999 9641	
		P(7301) = 0,999 9959	
	B. I. P. M.	LN(269965)* = 0,999 9775	

(*) Voir page E 63.

ANNEXE E 9.

Bureau international des Poids et Mesures.

RAPPORT

SUR LES

COMPARAISONS DES ÉTALONS NATIONAUX

DE FORCE ÉLECTROMOTRICE

(janvier-février 1939)

Par MM. M. ROMANOWSKI et M. ROUX.

1. A la comparaison effectuée en janvier-février 1939 ont pris part les groupes « voyageurs » représentant les unités des Laboratoires nationaux, ainsi que les groupes « sédentaires » de ces Laboratoires en dépôt permanent au Pavillon de Breteuil. Ont en outre été rattachés aux groupes voyageurs, trois groupes appartenant au Bureau international. Le transport des éléments voyageurs a été assuré soit à la main par les physiciens (M. von Steinwehr et M. Bonheure pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, M. Vigoureux et M. Roux pour le National Physical Laboratory et M. Picard pour le Laboratoire central d'Électricité), soit par des Attachés d'Ambassade pour le National Bureau of Standards et l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S. qui ont bien voulu se charger de cette délicate mission. Les éléments du Laboratoire Électrotechnique de Tokio ont été transportés par courrier diplomatique dans leur emballage spécial muni d'une suspension à la Cardan. Le Bureau national des Mesures de Varsovie, qui possède également un groupe sédentaire au Bureau international, a été représenté, dans le but de rattacher ses étalons à ceux des six Laboratoires principaux, par un groupe voyageur transporté par les soins du courrier diplomatique de l'Ambassade de Pologne à Paris.

3.

TABLEAU I.

Composition des groupes voyageurs.

Laboratoire.	Symbole du groupe.	Numéros des éléments.									
Allemagne (P. T. R.).....	R _v	352	3306	3307	3806						
États-Unis (N. B. S.).....	S _v	785	787	789	790	825	828	882	895	914	969
France (L. C. E.).....	C _v	2907	2908	2909	2910	2911					
Grande-Bretagne (N. P. L.).....	N _v	3710	3711	3712	3713	3714	3715				
Japon (E. T. L.).....	E _v	A 41	A 46	A 51	385	456	461				
U. R. S. S. (I. M.).....	M _v	2705	2709	2715	2716	2743	2744	2749			

2. Le dispositif potentiométrique est resté sans changement notable depuis les comparaisons de 1937, sauf une modification qui a été apportée dans la composition du circuit galvanométrique (*Procès-Verbaux*, 1937, p. 202) et qui a permis d'augmenter la sensibilité des mesures. Le potentiomètre a été soigneusement étalonné par l'un de nous (Rx) avant les comparaisons. Des corrections compensant les écarts d'ajustage des bobines peuvent ainsi être appliquées aux lectures; ces corrections ne dépassent d'ailleurs pas quelques centièmes de microvolt, et peuvent, presque partout, être considérées comme pratiquement négligeables.

TABLEAU II.

Valeurs communiquées par chaque Laboratoire.

Symbole		Valeurs		
du groupe.	de l'unité.	Avant.	Après.	admisés au B. I. P. M.
R _V	V _A	1,018 307 8 V _A	1,018 305 2 V _A	1,018 306 5 V _A
S _V	V _E	1,018 261 5 V _E	1,018 262 3 V _E	1,018 261 9 V _E
C _V	V _F	1,018 230 8 V _F	1,018 231 0 V _F	1,018 230 9 V _F
N _V	V _G	1,018 237 5 V _G	1,018 237 2 V _G	1,018 237 4 V _G
E _V	V _J	1,018 304 3 V _J	1,018 305 0 V _J	1,018 304 6 V _J
M _V	V _U	1,018 317 6 V _U	1,018 314 6 V _U	1,018 316 1 V _U

4. Les six groupes voyageurs principaux ont été comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles par chacun des observateurs. Les résultats sont donnés dans le Tableau III ci-dessous.

TABLEAU III.

Écarts des groupes voyageurs par rapport à leur moyenne B₆.

$$B_6 = \frac{1}{6} (R_V + S_V + C_V + N_V + E_V + M_V).$$

R _V (Allemagne).....	+ 26,9
S _V (États-Unis).....	— 23,5
C _V (France).....	— 24,1
N _V (Grande-Bretagne).....	— 29,9
E _V (Japon).....	+ 32,0
M _V (U. R. S. S.).....	+ 18,6

5. En tenant compte, d'une part, des valeurs communiquées par les Laboratoires dans leurs unités respectives (colonne : « Valeurs admises au B. I. P. M. »), et, d'autre part, des résultats indiqués dans le Tableau III, on peut déduire, à l'époque de nos comparaisons, les valeurs des unités nationales en fonction de leur moyenne actuelle V_m^6 . Ces valeurs sont ensuite rapportées à V_M , tel qu'il a été défini par le Comité consultatif d'Électricité de 1935 (*Procès-Verbaux*, 1935, p. 300 et 1937, p. 205).

TABLEAU IV.
Valeurs des unités nationales.

		Déc. 1934.	Janv. 1937.	Fév. 1939.
Allemagne.....	V_A	$V_M - 4^{\mu V}$	$-7,3^{\mu V}$	$-5,5^{\mu V}$
États-Unis.....	V_E	-12	-9,5	-11,2
France.....	$\left\{ \begin{array}{l} V_F \\ V_F \text{ modifié} \end{array} \right.$	-76		
		0	+0,7	+18,5
Grande-Bretagne...	V_G	+5	+7,6	+6,5
Japon.....	V_J	-2	+0,7	+1,3
U. R. S. S.....	$\left\{ \begin{array}{l} V_U \\ V_U \text{ modifié} \end{array} \right.$	+13		
		0	-5,5	-23,1

Tous les autres groupes nationaux présents, en particulier les groupes de Pologne P_V et P , ainsi que les groupes du Bureau international ont été rattachés par comparaisons avec les groupes voyageurs.

Voici les compositions des groupes du Tableau ci-dessous, autres que les groupes voyageurs du Tableau I.

R.....	315	317	3128	3131	3132	
S_2	820	822	823	824	826	827
S.....	719	720	730	732		
C_1	315	316	318	341	342	
N.....	3210	3211	3212	3213	3214	3215
E.....	315	336	337	388	391	
M_1	2295	2297	2298	2300	2316	2318
M_2	2319	2464	2467	2475	2476	2477
M'	1145	1146	1148	1420		
P.....	206	207	208			
P_V	219	220	233	57374		

TABLEAU V.

*Valeurs des groupes
exprimées en fonction de V_M en février 1939.*

Groupes voyageurs.	Groupes sédentaires.	
	Principaux.	Secondaires.
$R_V = 1,018\ 300\ 9$	$R = 1,018\ 366\ 2$	
$S_V = 1,018\ 250\ 5$	$S_2 = 1,018\ 274\ 4$	$S = 1,018\ 272\ 2$
$C_V = 1,018\ 249\ 9$	$C_1 = 1,018\ 256\ 8$	
$N_V = 1,018\ 244\ 1$	$N = 1,018\ 234\ 5$	
$E_V = 1,018\ 306\ 0$	$E = 1,018\ 296\ 2$	
$M_V = 1,018\ 292\ 6$	$M_1 = 1,018\ 254\ 6$	$M_2 = 1,018\ 283\ 3$
		$M' = 1,018\ 118\ 7$
		$P = 1,018\ 276\ 1$
$P_V = 1,018\ 255\ 4$	Groupes du B. I. P. M.	
	$I_1 = 1,018\ 250\ 6$	
	$I_A = 1,018\ 234\ 8$	
	$I_B = 1,018\ 240\ 1$	

Tout groupe voyageur, quelle que soit sa composition, est représenté par le symbole de son Laboratoire d'origine affecté d'un indice V. D'une comparaison à l'autre les symboles tels que S_V , R_V , etc., désignent donc des groupes différents. Chaque groupe sédentaire possède par contre un indice (ou éventuellement un exposant) propre, qui est changé chaque fois que le groupe subit un remaniement, si restreint soit-il.



ANNEXE E 10.

Laboratoire Électrotechnique, Tokio.

PROPOSITIONS

DU

LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE

Proposition 1. — Sur la mesure absolue de l'ohm, le Laboratoire Électrotechnique a fait, depuis le Comité dernier, des recherches qui ont confirmé qu'il n'est pas nécessaire de modifier la valeur remise au Comité consultatif d'électricité de 1937, soit :

1 ohm international E. T. L. = 1,000455 ohm absolu ⁽¹⁾.

Par conséquent, le Laboratoire Électrotechnique demande que la nouvelle valeur de l'unité de résistance soit fixée par la moyenne des déterminations des Laboratoires nationaux, en donnant au résultat obtenu ici, un poids égal à celui accordé aux résultats trouvés dans les autres Laboratoires.

Pour l'ampère, après la première expérience dont nous avons remis le rapport au Comité consultatif d'Électricité de 1937, le Laboratoire Électrotechnique a fabriqué deux bobines mobiles constituées de rubans en aluminium; et nous sommes maintenant en train de faire des expériences avec ces bobines en combinaison avec les anciennes bobines fixes. Le résultat définitif de ces mesures n'est pas encore connu ⁽²⁾ et, par conséquent, le

(1) R. YONEDA, *Proc. Verb. Com. int.*, 1937, p. 178-184.

(2) Voir Annexe E 7, p. E 59.

Laboratoire Électrotechnique remet la valeur suivante déjà présentée au Comité consultatif d'Électricité de 1937 :

1 ampère international E. T. L. = 0,999 949 ampère absolu (1).

Proposition 2. — Le Laboratoire Électrotechnique a déjà remis le rapport (2) concernant la haute stabilité de l'élément étalon Weston acide saturé, contenant de l'électrolyte acidifié en proportion de 0,05 N. Comme cet élément étalon Weston est très supérieur en stabilité comparé à l'élément étalon Weston contenant de l'électrolyte neutre, le Laboratoire Électrotechnique propose que l'élément Weston acide soit employé, dans l'avenir, comme étalon international de force électromotrice, en vue de servir au maintien de la nouvelle unité.

Proposition 3. — A. Pour assurer la conservation de la nouvelle unité qui sera déterminée au Comité de 1939, il n'y aurait pas d'autre moyen que d'employer l'étalon de résistance à fil d'alliage bobiné et l'étalon Weston.

Le Laboratoire Électrotechnique propose, afin que les groupes des étalons de résistance et de force électromotrice conservés au Bureau international des Poids et Mesures et dans les Laboratoires nationaux soient maintenus dans des conditions aussi identiques que possible, et, de plus, que la charge du Bureau international des Poids et Mesures soit diminuée, que le nouveau moyen suivant soit pris, savoir : le Bureau international des Poids et Mesures et les six Laboratoires nationaux fabriqueront, en même temps, 8 étalons de résistance de même matière et de mêmes caractéristiques, en employant des fils de résistance considérés comme les meilleurs; et ces étalons seront rassemblés au Bureau international des Poids et Mesures. Le Bureau international des Poids et Mesures conservera lui-même un groupe de 14 étalons formé de deux étalons provenant de chaque Laboratoire. D'autre part, il distribuera 6 groupes de 7 étalons (un étalon provenant de chaque Laboratoire) aux six Laboratoires nationaux, par tirage, afin que les étalons de résistance puissent être distribués impartialement. Dans ce cas, il est plausible d'admettre que la valeur

(1) *Proc. Verb. du Com. int. Poids et Mesures*, t. 18, 1937, p. 185-190.

(2) Y. ISHIBASHI et T. ISHIZAKI, *Researches of the Electrotechnical Laboratory*, n° 318, 1931.

moyenne de chaque groupe variera de la même façon, parce que chaque groupe sera constitué d'étalons de même origine.

Pour l'élément étalon Weston, il sera nécessaire de distribuer un nombre d'étalons double de celui prévu pour les étalons de résistance. Le nombre indiqué plus haut des étalons de résistance et de force électromotrice est considéré comme suffisant pour maintenir l'unité, pourvu que ces étalons soient conservés avec beaucoup de soins.

B. Le Laboratoire Électrotechnique demande qu'il soit entendu, comme l'a décidé le Comité international des Poids et Mesures de 1935, que la valeur de la nouvelle unité électrique sera déterminée en considérant les nouvelles mesures absolues faites dans chaque Laboratoire national et que, si cela était nécessaire, la valeur pourrait être modifiée, après examen de la Conférence générale, tous les six ans à partir du jour où une nouvelle unité serait mise en vigueur.

Proposition 4. — Le laboratoire Électrotechnique rappelle la demande, déjà formulée souvent dans le passé, que le texte de base recommandé pour modifier les lois, dans les pays où l'unité électrique est définie légalement, soit établi par le Comité consultatif d'Électricité de 1939, et sanctionné par la Neuvième Conférence générale des Poids et Mesures. Le Laboratoire Électrotechnique demande que le Président du Comité international des Poids et Mesures veuille bien communiquer le plus rapidement possible aux pays intéressés le texte qui aura été adopté par la Conférence générale.

Pour la recommandation fondamentale en question, le Laboratoire Électrotechnique désire que les articles à partir du n° 3 des Résolutions établies à la Conférence de Londres en 1908 soient modifiés, et qu'il soit déclaré que l'unité électrique sera représentée par les étalons conservés au Bureau international des Poids et Mesures, dont la valeur sera déterminée en considérant les résultats des mesures absolues faites dans les Laboratoires nationaux.

Proposition 5. — Le Laboratoire Électrotechnique pense que le Comité consultatif d'Électricité doit continuer d'exister, même après la détermination de la nouvelle unité électrique. Sa prochaine réunion devrait avoir lieu en 1941, pour unifier encore

mieux l'unité électrique, et aussi, pour discuter des problèmes concernant l'étalon électrique, par exemple, la réalisation de l'étalon prototype parfait.

Proposition 6. — Le Laboratoire Électrotechnique estime nécessaire, si l'unification de la valeur de la nouvelle unité électrique est réalisée, que la comparaison internationale des étalons de l'unité d'inductance et de l'unité de capacité soit aussi faite dans un but d'unification.

ANNEXE E 11.

National Physical Laboratory.

I.

LETTRE ET PROJET DE RÉSOLUTION

CONCERNANT LES

UNITÉS ÉLECTRIQUES PRATIQUES ABSOLUES.

(Extrait de la lettre d'envoi de M. J. E. SEARS
au Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.)

Teddington, le 2 mai 1939.

... Il me paraît tout à fait indispensable que le Comité international rédige cette année une résolution en bonne forme définissant clairement la situation et l'organisation nouvelles qu'il va falloir créer en ce qui concerne les unités électriques et photométriques, résolution qui puisse servir de guide pour les textes de lois qui vont devenir nécessaires dans divers pays. Vous vous rappelez que le délégué japonais, en particulier, a expressément demandé la rédaction d'une « loi type ».

Dans cet esprit, j'ai préparé, en collaboration avec mes collègues, les deux projets de résolution ci-joints ⁽¹⁾, et je serais heureux que vous les traduisiez et les distribuiez aux membres du Comité consultatif. Ils pourront servir de base à des discussions qui permettraient de soumettre au Comité international des propositions définitives.

Au sujet de la résolution sur les unités électriques, j'ai essayé de la formuler de façon à y introduire tout ce qui est nécessaire pour un exposé explicite du système, qui puisse être pris au

(1). Voir, aux *Procès-Verbaux du Comité Consultatif de Photométrie*, le projet concernant les unités photométriques.

besoin comme base pour des décisions législatives, et aussi tout ce qui est nécessaire pour définir le rôle du Bureau international, dans la coordination des résultats des mesures faites dans les divers Laboratoires nationaux et dans l'établissement et la conservation des étalons de référence de l'ohm et du volt, tout en évitant strictement les aspects du sujet qui restent controversés. L'incorporation de la série de définitions que j'ai proposée et qui a été accueillie favorablement par le Comité de 1933 permet, je crois, que ceci soit fait avec succès.

Nous nous proposons de préparer, au sujet des divers types d'étalons utilisés dans notre Laboratoire, des spécifications qui seront soumises à l'examen du Comité; les représentants des autres Laboratoires nationaux devraient être invités à faire de même. Il serait très désirable que le Comité puisse se mettre d'accord sur les caractéristiques les mieux appropriées pour les étalons de chaque espèce (bobines de résistance et éléments Weston), et recommande pour chacun d'eux une spécification unique comprenant toutes ces caractéristiques. Cependant, s'il est prouvé que cela est impossible, il n'y a pas de raison pour que l'on ne puisse pas recommander plusieurs types. Ces recommandations ne seront en aucun cas obligatoires.

En distribuant la résolution, vous pourriez peut-être communiquer également cette brève explication.

II.

PROJET DE RÉSOLUTION

CONCERNANT LES

UNITÉS ÉLECTRIQUES PRATIQUES ABSOLUES.

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

1. Substitution définitive des unités électriques absolues au Système international. — Conformément à la compétence et aux pouvoirs qui lui ont été conférés par la Conférence Générale

des Poids et Mesures en 1933, le Comité international des Poids et Mesures a déjà annoncé sa décision par laquelle la substitution du système des unités électriques pratiques absolues au système international doit entrer en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1940.

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

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

« Ces unités fondamentales sont l'Ohm, unité de résistance
« qui a la valeur de 100000000 par rapport à l'unité absolue;
« l'Ampère, unité de courant électrique qui a la valeur de un
« dixième (0,1) de l'unité absolue; le Volt, unité de force
« électromotrice qui a la valeur de 10000000 par rapport à
« l'unité absolue; le Watt, unité de puissance qui a la valeur de
« de 1000000 par rapport à l'unité absolue. »

3. **Considérations générales.** — Les définitions des unités électriques et magnétiques absolues s'appuient finalement sur les lois électromagnétiques généralement admises, qui conduisent à un système de relations interdépendantes entre les différentes entités qui doivent être mesurées. Les unités peuvent être définies par conséquent de plusieurs manières, selon le point de départ choisi.

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

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

sont identiques à celles qui ont été adoptées par la Conférence de Londres de 1908.

La procédure à suivre pour l'établissement et la conservation des étalons de référence indispensables de certaines unités choisies est indiquée dans les paragraphes 6 à 9, qui ont également pour but de servir de guide à la législation.

4. Grandeurs théoriques des unités. — A. DÉFINITIONS PRÉLIMINAIRES : UNITÉS MÉCANIQUES. — Le Comité admet en premier lieu les grandeurs de certaines unités mécaniques, définies comme suit

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7. **Étalons de référence internationaux.** — Les valeurs qui doivent être attribuées aux étalons de référence conservés au Bureau international des Poids et Mesures seront fixées de temps

en temps par le Comité international, sur l'avis du Comité consultatif d'Électricité, en accord avec les résultats des comparaisons effectuées entre eux et les étalons nationaux dont les valeurs auront été déterminées directement par des mesures absolues.

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

9. Rapport entre les Unités absolues et les Unités internationales. — Les rapports des unités absolues aux unités internationales moyennes déduites des unités conservées jusqu'à présent par les principaux Laboratoires nationaux sont les suivants

(à donner à une unité du 5^e ordre près)

Les valeurs de ces rapports sont données uniquement à titre d'indication. Chaque pays devrait tenir compte des valeurs individuelles et des variations de ses propres étalons de référence. En vue des décisions législatives, les paragraphes ci-dessus 1, 4, 7 et 8 suffisent pour donner les définitions essentielles du système des unités électriques absolues qui a été adopté par le Comité, et ne devraient être accompagnés d'aucune valeur numérique.

10. Spécifications recommandées pour les étalons de l'ohm et du volt. — Les spécifications recommandées pour les étalons de référence de l'ohm et du volt sont données dans les Annexes. Ces spécifications ne sont cependant pas obligatoires.



ANNEXE E 12.

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

SUR LA DÉFINITION

DES

UNITÉS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

DANS

LE SYSTÈME ÉLECTROMAGNÉTIQUE ABSOLU M. K. S. μ .

Par M. M. F. MALIKOV.

(Cette Note a paru intégralement dans les publications de l'Institut de Métrologie [1939]. L'essentiel en est résumé dans les propositions suivantes, présentées par la Commission des Unités de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.)

1. Adopter un système d'unités où les unités fondamentales sont celles de longueur, de masse, de temps et de perméabilité magnétique.

2. Prendre pour les trois premières unités le mètre, le kilogramme et la seconde, déterminés à l'aide de leurs étalons par des méthodes arrêtées.

Déterminer la quatrième unité comme le $10^7/4\pi$ -ième de la perméabilité de l'espace vide.

3. Attribuer une dénomination spéciale à l'unité de perméabilité magnétique égale au $10^7/4\pi$ -ième de la perméabilité de l'espace vide.

ANNEXE E 13.

NOTE

SUR

LE PROJET DE RÉSOLUTION

PRÉSENTÉ

PAR LE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Par M. C. BUDEANU,

Professeur à l'École Polytechnique de Bucarest.

(31 mai 1939.)

Une résolution, au sujet des unités mécaniques et électriques pratiques, serait très utile.

Cela contribuera, sans doute, à la précision et à la normalisation générale dont nous avons encore tellement besoin dans ce domaine.

Les définitions des unités seront données dans le système pratique Giorgi.

Étant donné ces considérations, je suis d'accord avec le projet de résolution du National Physical Laboratory.

Cependant je me permets d'attirer l'attention sur les points suivants que je propose de soumettre en même temps à la discussion du Comité.

A. *Unités mécaniques.* —

B. *Unités électriques et magnétiques.* — Pour mieux préciser nos unités dans le cadre du système pratique adopté, je considère qu'il serait avantageux de donner, dès à présent, les

définitions exactes des unités pratiques de champ électrique, de flux magnétique ainsi que d'induction magnétique. Ce sont des unités qui ne risquent pas d'être modifiées par l'opération éventuelle de « rationalisation » encore en cours de discussion.

En ce qui concerne la définition de l'ampère je me permets de signaler la variante suivante :

L'ampère est le courant constant maintenu dans une bobine infinie à n spires par mètre de longueur, ainsi que dans une spire située dans le plan du champ d'induction de cette bobine dans le vide et qui imprime à la spire mobile un couple égal à $4\pi n 10^{-7}$ joule par mètre carré de sa section (1).

J'indique cette variante seulement à titre de renseignement. Les deux définitions sont identiques. Je reconnais que la définition du National Physical Laboratory est plus simple et rend mieux l'idée théorique, tandis que la variante se rapproche plus des conditions de réalisation.

Étant donné qu'il s'agit seulement des définitions destinées à fixer la grandeur des unités et non les méthodes de réalisation, je crois qu'il est préférable de retenir la définition de l'ampère telle qu'elle a été proposée par le National Physical Laboratory.

Projet de résolution. — Étant donné les considérations plus haut indiquées, je me permets de présenter le texte suivant à ajouter éventuellement au projet de résolution mis en discussion :

a. Définition du « Poids ». — Le poids, d'un corps est la force qu'imprime à ce corps l'accélération de la pesanteur.

b. Utilisation du nom « gramme » avec ses multiples et sous-multiples (kilogramme, tonne, etc.). — Le nom « gramme » avec ses multiples et sous-multiples (kilogramme, tonne, etc.) sera réservé exclusivement aux unités de masse.

c. Unité pratique de champ électrique. — L'unité de champ électrique est le champ uniforme qui dans sa direction correspond à une différence de potentiel de 1 volt par mètre de longueur.

(1) Cette définition reproduit avec une faible modification un texte que j'ai publié l'année dernière.

d. Unité pratique de flux magnétique (Weber). — Le weber est le flux magnétique qui induit dans une spire qu'il traverse une force électromotrice d'un volt, lorsque le flux tombe uniformément à zéro en 1 seconde ⁽¹⁾.

e. Unité pratique d'induction magnétique. — L'unité d'induction magnétique est l'induction uniforme dont le flux est égal à un weber, lorsqu'il traverse une surface de 1 mètre carré perpendiculaire à la direction du flux.

⁽¹⁾ Une définition pareille a été donnée par le National Physical Laboratory.

ANNEXE E 14.

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

SUR L'ÉTABLISSEMENT
DES
ÉTALONS DES UNITÉS MAGNÉTIQUES

Par M. E. G. CHRAMKOV.

(Cette Note a paru intégralement dans les publications de l'Institut de Métrologie [1939]. La conclusion en est résumée dans les propositions suivantes) :

1. Parmi les problèmes discutés par le Comité consultatif d'Électricité devraient se trouver les questions relatives à l'établissement des étalons des unités magnétiques.
 2. Les étalons doivent être réalisés, en premier lieu, pour l'unité de l'intensité de champ magnétique et pour l'unité de flux magnétique. La réalisation de l'étalon de l'unité de moment magnétique serait aussi très rationnelle.
 3. Le Comité consultatif devrait proposer aux Laboratoires métrologiques nationaux d'entreprendre des travaux sur la réalisation des étalons des unités magnétiques.
-

ANNEXE E 15.

NOTE SUR LE RAPPORT
DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U.R.S.S.
SUR L'ÉTABLISSEMENT
DES
ÉTALONS DES UNITÉS MAGNÉTIQUES

Par M. C. BUDEANU,
Professeur à l'École Polytechnique de Bucarest.

(31 mai 1939).

L'idéal serait évidemment d'avoir à notre disposition des étalons pour toutes les unités électriques et magnétiques.

Mais si ces étalons ne remplissent pas rigoureusement les conditions qu'ils doivent satisfaire, le procédé d'un *très grand nombre d'étalons* serait susceptible de ne pas conduire aux résultats que nous espérons.

Maintenant il y a deux faits nouveaux qui sont intervenus, à savoir, la décision de substituer définitivement les unités absolues au système international et l'adoption du nouveau système pratique. C'est une précision et une normalisation dont nous devons tenir compte, aussi bien lorsqu'il s'agit des étalons que de la définition des unités.

Dans ces conditions, un problème de principe qui se pose préalablement, à mon avis, serait *d'établir le nombre d'étalons strictement nécessaire à l'établissement des unités pratiques de toutes les grandeurs électriques et magnétiques.*

On tiendra compte, sans doute, de l'état actuel du problème, ainsi que des possibilités que la technique métrologique met à notre disposition.

Avec les étalons dont nous disposons déjà, ou qui sont en cours d'adoption, pour les unités de longueur, masse, temps, perméabilité magnétique (perméabilité du vide), résistance, courant, différence de potentiel, nous sommes en état de préciser toutes les unités.

Parallèlement à l'examen de ce premier point, évidemment il serait intéressant de poursuivre en même temps les études concernant la réalisation de tout autre étalon, en nous réservant de prendre ultérieurement une décision en ce qui concerne leur éventuelle adoption.

Dans ce sens, l'examen de la possibilité de réaliser des étalons magnétiques serait utile, si l'on aboutissait à des étalons qui fussent concordants avec les étalons déjà consacrés.



ANNEXE E 16.

National Physical Laboratory.

SPÉCIFICATIONS PROPOSÉES

POUR

LES ÉTALONS DE RÉSISTANCE D'UN OHM.

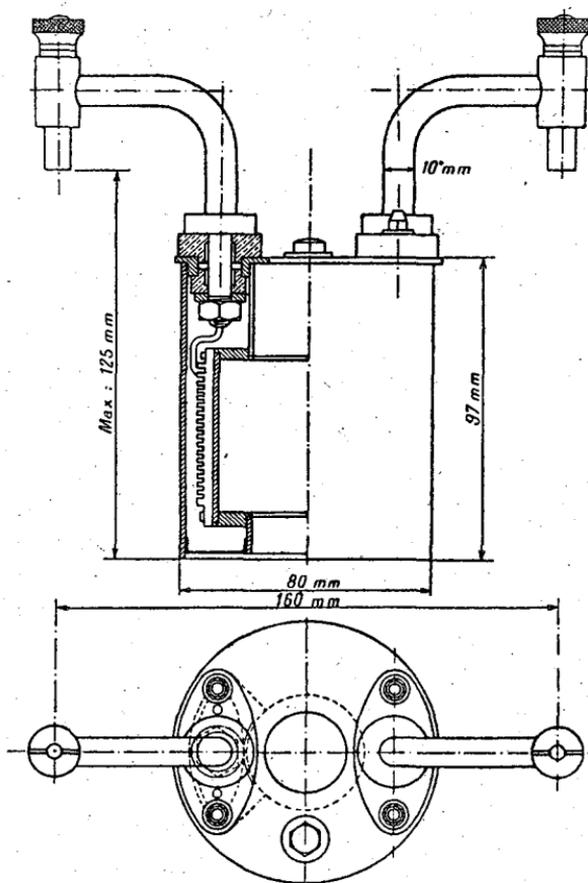
1. *Construction générale.* — La résistance affecte la forme d'une bobine de fil de l'alliage appelé manganine, placée dans un récipient cylindrique rempli d'huile. La bobine se trouve enroulée, sans subir aucune contrainte, sur une « forme » suspendue au couvercle du récipient, et se termine par des conducteurs de cuivre massif, qui sont également fixés au couvercle. Toutes les surfaces externes, excepté les faces extrêmes des bornes terminales, sont nickelées.

Les dimensions principales sont indiquées sur le schéma, p. E 92.

2. *Le couvercle.* — Celui-ci constitue le support principal pour l'ensemble du montage. Il est en laiton, et le système central tubulaire qui porte les guides recevant la bobine est soudé à sa face inférieure. Deux trous de dégagement, munis de bouchons isolants au-dessus et au-dessous, permettent le passage des conducteurs terminaux au travers du couvercle. Le bouchon isolant supérieur est fixé à sa place par deux vis de laiton qui traversent le couvercle, et dont la tête est soudée dans des fraises pratiquées sur la face inférieure. Le bouchon isolant inférieur est empêché de tourner par des ailettes qui s'appuient sur le cylindre central.

Les surfaces planes séparant le métal et la substance isolante doivent être étanches à l'huile; elles doivent être dépolies et recouvertes de gomme laque; elles peuvent de plus comporter

des rainures circulaires peu profondes, centrées sur les évidements, ce qui facilite l'adhérence du vernis. On remarquera que les dimensions des évidements ont été prévues de façon à obtenir



(Les dessins de construction au complet ont été donnés sur un dépliant encarté à la fin du tirage à part de ce Comité consultatif.)

une surface d'isolement très étendue entre les conducteurs et le couvercle.

Un autre trou est foré près du bord du couvercle, pour qu'après montage on puisse remplir le récipient avec de l'huile. Finalement ce trou est bouché avec une vis à tête plate.

3. *Les tiges-supports des bornes (électrodes).* — Celles-ci sont formées de cuivre à haute conductivité, de 10 mm. de diamètre. Des collerettes en laiton leur sont soudées, au point où elles rencontrent les bouchons isolants à la partie supérieure du couvercle. De petits ergots, fixés sur ces collerettes, ajustés dans des trous percés dans les bouchons isolants supérieurs, les empêchent de tourner. La partie de l'électrode située immédiatement au-dessous du bouchon isolant inférieur est filetée. Un joint épais ovale l'entoure au-dessus de cette partie; deux ergots qui pénètrent dans des trous du côté inférieur du bouchon l'empêchent de tourner. L'électrode est assujettie au couvercle au moyen d'un écrou au-dessous de ce joint. L'écrou, la vis et le joint doivent être traités à la gomme laque, pendant et après l'assemblage, afin d'éviter toute fuite d'huile.

La partie supérieure de la tige électrode est coudee horizontalement vers l'extérieur; la borne de potentiel est soudée sur la branche horizontale. A la partie inférieure de l'électrode, au-dessous de l'écrou interne et de son joint, est soudée une certaine longueur de fil de cuivre, de 2 mm. de diamètre, qui formera par la suite le raccord à la bobine résistante.

4. *Le support de la bobine.* — Le dispositif cylindrique central fixé au couvercle comprend plusieurs parties de diamètres différents. Le haut est étroit afin de permettre la fixation des bornes. La partie médiane est plus large afin d'offrir un diamètre convenable pour le montage de la bobine et aussi dans le but de réduire la quantité d'huile nécessaire pour emplir le récipient, ce qui facilite l'égalisation de température avec le bain d'huile dans lequel est immergée la résistance lorsqu'on fait des mesures. La partie inférieure est plus petite, ce qui facilite la soudure de la jonction avec le récipient externe, et protège le fil contre l'échauffement au moment où la soudure est exécutée.

5. *Le récipient.* — Le haut de celui-ci, où se fixe le couvercle, est fileté intérieurement.

Le fond est en métal plus mince afin de permettre aux bords de « tourner » (to be « spun »). Le bord extérieur du fond est soudé au cylindre externe. La dimension du trou est suffisante pour permettre au cylindre central de passer librement, et on soude lorsque la résistance est achevée.

Le cylindre externe forme une saillie de 2 mm. en dessous du

fond et du tube central afin de les protéger et de diminuer le risqué de contact avec du mercure. Une fois terminé, le fond est verni extérieurement.

6. *La bobine résistante.* — La bobine est en fil de manganine dont la composition est approximativement la suivante : Mn 11 %, Ni 4 %, Cu 85 %.

Le diamètre du fil doit être d'environ 1,2 mm., ce qui entraîne une longueur d'environ 3 mètres pour une résistance de 1 ohm. Le fil doit être nettoyé au moyen d'abrasif fin, et examiné au microscope, afin de déceler les défauts mécaniques. Si un défaut quelconque est décelé, le fil doit être rejeté.

Si le fil est très raide, un recuit préliminaire peut être désirable avant le bobinage.

Le fil est enroulé une première fois en spirale simple non inductive sur une forme, et il est recuit par élévation lente de température jusqu'à 550° en atmosphère inerte, par exemple dans l'azote ou dans le vide, puis on le laisse refroidir. Le fil est alors soigneusement enlevé de la forme, et traité à l'acide (1), afin d'enlever toutes les parties altérées de la surface. Une réduction en poids de 5 à 10 p. 100 a été trouvée convenable. (Si l'on n'enlève qu'une quantité insuffisante de matière, la résistance augmentera plus qu'il ne faut avec la température.)

Le fil est lavé et brossé légèrement afin d'enlever les pellicules superficielles. On le rince dans l'eau distillée et on le sèche au papier filtre. On le trempe dans un vernis à la gomme laque très fin, et on le laisse sécher à la température ordinaire. Les extrémités du fil résistant sont soudées à l'argent dans des tubes de cuivre courts, de 3 mm. environ de diamètre extérieur, avec du borax comme fondant. Les autres extrémités des tubes sont ensuite soudées à l'étain sur les fils fixés aux extrémités des bornes.

7. *Cales d'espacement.* — Le fil est maintenu par des rainures taillées dans des cales isolantes. Les rainures sont distantes de 2,5 mm. et leur largeur excède le diamètre du fil d'environ

(1) Un acide convenable est :

Acide nitrique (poids spécifique 1,5).....	20 ml.
Eau distillée.....	100 ml.

0,2 mm. Les rainures sur chacune des cales seront disposées de façon à se prêter au montage de la bobine hélicoïdale.

Les cales isolantes peuvent être fixées (*a*) sur la section médiane du cylindre central au moyen de petites vis s'ajustant dans des trous percés sur le bord des *disques annulaires* (qui ont trois millimètres d'épaisseur), ou (*b*) sur un cylindre supplémentaire qui glisse facilement sur le cylindre central.

Ce cylindre supplémentaire est ensuite fixé, lorsque la bobine est entièrement assemblée, au moyen d'une ou plusieurs petites vis s'adaptant dans des trous percés sur le bord du disque.

8. *Assemblage*. — On doit prendre soin de ne soumettre la bobine à aucune contrainte pendant l'assemblage. Ayant placé horizontalement l'axe de la bobine, on peut d'abord mettre les quatre cales côte à côte à la partie inférieure de la bobine et faire glisser l'ensemble sur le support de la bobine. Les cales sont ensuite amenées par un mouvement de rotation à la position qu'elles doivent occuper finalement, et fixées à leur place. Une petite pince isolante sur l'extrémité inférieure de la dernière cale maintient l'extrémité de la bobine en position à l'endroit où le sens d'enroulement se renverse.

Les fils de cuivre de 2 mm., fixés aux tiges porte-bornes, sont alors coupés à une longueur convenable, et soudés à l'étain à l'intérieur de l'extrémité des tubes de cuivre placés aux extrémités libres de la bobine. On doit veiller à ce que tous les joints soudés forment un ensemble métallique hermétique, sans aucune fissure entre les surfaces, et sans qu'aucune trace de fondant ne subsiste.

9. *Ajustage final*. — La résistance à ce moment doit être d'une valeur légèrement trop faible. On l'ajuste par un grattage très doux du fil jusqu'à ce qu'on obtienne la valeur désirée; on recouvre alors à nouveau la partie abrasée d'une couche mince de gomme laque.

Nota. — S'il y a erreur d'ajustage, il faut de préférence qu'elle conduise à une valeur un peu forte plutôt qu'un peu faible. On peut, si on le juge utile, compenser une valeur élevée en utilisant en parallèle une forte résistance extérieure. Par un ajustage convenable de cette résistance, on peut donner à l'ensemble la valeur de 1 ohm avec une exactitude élevée. La valeur de la résistance shunt n'a pas besoin, en général, d'être très précise.

10. *Emplissage et bouchage.* — Lorsque l'ajustage est terminé, l'enveloppe extérieure est vissée à sa place, le filetage étant couvert de vernis à la gomme laque. Le rebord du trou au fond du récipient est soudé au tube central.

Le récipient est rempli presque entièrement d'huile de paraffine pure par le trou taraudé qui se trouve au sommet de l'enveloppe, après quoi la vis reçoit une couche mince de gomme laque et est mise en place. La vis a une tête de large diamètre afin d'être mieux étanche à l'huile, et un joint de papier peut être utilisé si on le trouve bon.

On doit s'assurer avec grand soin que tous les joints soudés et vernis sont étanches à l'huile. L'expérience montre qu'il est bon de les mettre à l'épreuve, dans toute la mesure possible, avant l'assemblage final.

11. *Étalonnage.* — Il est désirable que la résistance de la bobine soit comparée, aussi tôt qu'on peut le faire après sa construction, avec d'autres bobines de valeur connue, et comparée de nouveau à intervalles fréquents pendant les quelques premiers mois; car l'expérience montre que la stabilité initiale de la résistance est une bonne indication d'une construction satisfaisante et d'une stabilité probable pour une longue période.



ANNEXE E 17.

National Physical Laboratory.

SPECIFICATIONS PROPOSÉES

POUR

LA PILE ÉTALON WESTON

TYPE N. P. L.

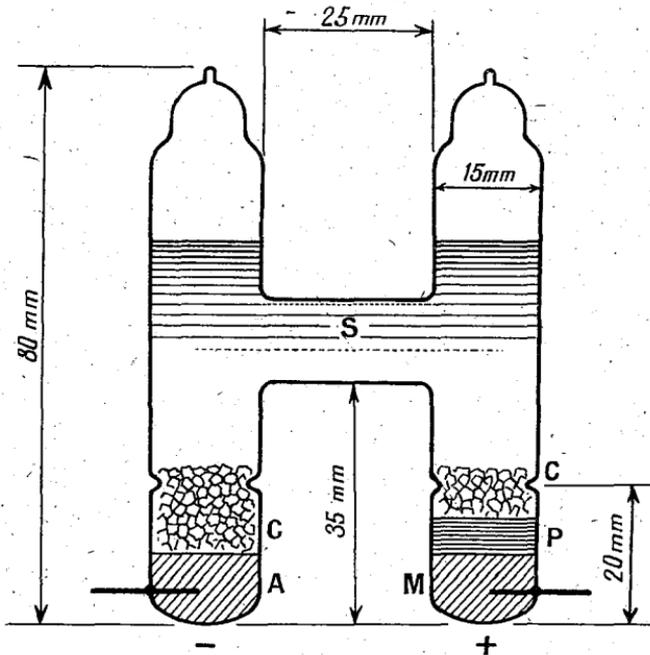
1. La pile étalon Weston est un élément voltaïque dont l'électrolyte est une solution aqueuse saturée de sulfate de cadmium ($\text{Cd SO}_4 \cdot \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$). L'électrolyte peut être soit neutre, soit acidulé par l'acide sulfurique, la concentration d'acide n'excédant pas, de préférence, celle qu'on obtient en dissolvant des cristaux de sulfate de cadmium pur dans une solution décimale d'acide sulfurique.

1 a. Le sulfate de cadmium du commerce peut être purifié de la façon suivante : Dissoudre dans l'eau distillée, filtrer et évaporer au bain-marie presque à sec. Rincer et essorer le résidu avec de l'eau distillée et chauffer alors dans un creuset de platine jusqu'à une température d'environ 800° pendant environ 6 heures. Après refroidissement, dissoudre dans l'eau distillée, de façon à former une solution saturée, filtrer et laisser complètement cristalliser. Essorer les cristaux et les laver à l'eau distillée.

On prépare l'électrolyte en dissolvant ces cristaux jusqu'à saturation soit dans l'eau distillée, soit dans l'acide sulfurique de concentration convenable (par exemple décimale). Afin d'assurer la saturation, la pile doit également contenir du sulfate de cadmium solide. Une certaine quantité de cristaux purifiés devra être finement pulvérisée et réservée à cet emploi.

On étale le dépolarisant au-dessus du mercure, et l'on introduit une couche de cristaux de sulfate de cadmium dans chaque branche. On emplit complètement la pile d'une solution saturée de sulfate de cadmium et on la scelle alors hermétiquement.

3 a. On devra amalgamer la partie des fils de platine intérieure à la pile en faisant circuler un courant électrique à partir d'une



anode de platine à travers une solution acide de nitrate mercureux jusqu'à chacun des fils pris comme cathode. Après quoi, le récipient sera lavé deux fois à l'acide nitrique dilué et plusieurs fois à l'eau distillée; il devra être séché dans une étuve. On fond l'amalgamé de cadmium, et l'on en introduit une quantité suffisante dans l'une des branches du récipient en H, de façon à recouvrir complètement l'un des fils amalgamés. Dans l'autre branche du récipient, on introduit du mercure en quantité suffisante pour recouvrir le fil amalgamé; on ajoute alors la pâte, les

cristaux finement divisés du sulfate de cadmium, et enfin la solution saturée de sulfate de cadmium dans l'ordre de leur énumération, au moyen de petites pipettes possédant de larges orifices. Dans la branche contenant l'amalgame de cadmium, on ajoute des cristaux de sulfate de cadmium et de l'électrolyte. Si, en emplissant la pile, il advient que des matières viennent au contact de la partie du verre qui doit être chauffée pour la fermeture, on nettoie en essuyant d'abord avec un papier filtre légèrement humecté d'eau distillée, puis avec du papier sec.

Quand on construit des piles à électrolyte acide, il est bon, après avoir préparé une solution saturée de sulfate de cadmium dans de l'acide sulfurique décinormal, d'ajouter à cette solution tous les cristaux de sulfate de cadmium qu'on se propose d'utiliser sous forme solide. Les cristaux devront être finement pulvérisés. Le volume formé par la solution et quelques cristaux de sulfate de cadmium (environ un tiers du volume de sulfate mercureux) devra être ajouté au sulfate mercureux lavé, et le tout sera agité pour assurer à l'acide une distribution uniforme. Après repos, le liquide devra être décanté et filtré, abandonnant le mélange de sulfates solides sous la forme d'une pâte épaisse propre à être introduite dans la pile. Le filtrat est additionné au résidu de cristaux de sulfate de cadmium, et le tout est introduit dans la pile de la manière déjà indiquée.



COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ
AUPRÈS DU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
Session de 1939

	Pages.
Liste des Membres du Comité consultatif d'Électricité.....	E 3
Procès-Verbal de la première séance, mardi 6 juin 1939.....	E 7-E 13
Souhaits de bienvenue aux Membres du Comité consultatif d'Électricité.....	E 7
Présidence de ce Comité.....	7
Télégrammes de vœux adressés à MM. Volterra et Kennelly. Excuses de MM. Budeanu et Enström. Souhaits particuliers à MM. Chramkov, Hartshorn, Hayashi, Schulze et Tikhodeev....	8
Élection d'un Secrétaire et d'un Rapporteur. Documents remis.....	8
Comparaisons faites par le Bureau international des Poids et Mesures, entre les étalons des divers Laboratoires nationaux (Ohm. Volt)...	9
Déterminations faites dans les divers Laboratoires nationaux, des rapports des unités internationales aux unités absolues (Ohm. Ampère)..	9
Attribution de valeurs, en fonction des unités absolues, aux étalons des divers Laboratoires ayant figuré dans les comparaisons du Bureau international (Proposition relative à l'attribution de valeurs provisoires aux rapports entre les unités internationales actuelles et les unités absolues. — Discussion).....	11

	Pages.
Procès-Verbal de la deuxième séance, mercredi 7 juin 1939.....	E 15-E 20
Disposition concernant l'approbation des Procès- Verbaux des séances.....	E 15
Discussion du texte de la Résolution proposée pour l'attribution de valeurs provisoires aux rapports entre les unités internationales et les unités absolues.....	15
Études faites en vue du perfectionnement des étalons représentatifs des unités et des étalons secondaires (Alliage chrome-or).....	18
Établissement de textes susceptibles d'être incor- porés dans les législations ou réglementations (Proposition du National Physical Laboratory, base de la discussion. — Système M. K. S. discuté. — Modification du paragraphe 9).....	18
Procès-Verbal de la troisième séance, mercredi 7 juin 1939.....	E 21-E 32
Adoption du texte se rapportant au paragraphe 9 de la proposition du National Physical Labo- ratory.....	21
Discussion concernant les spécifications recom- mandées pour les étalons de résistance et de différence de potentiel (Date limite pour l'envoi des documents).....	22
Examen d'une lettre de M. Budeanu ayant trait à la définition des unités (Maintien du weber).	23
Résolution concernant les unités électriques absolues.....	25
Prochaine session.....	30
Propositions diverses (Résolution fixant les qua- lificatifs des unités électriques. — Suggestion relative aux comparaisons d'inductance et de capacité).....	31
Clôture de la session.....	32

	Pages.
Sixième Rapport du Comité consultatif d'Électricité au Comité international des Poids et Mesures; par M. H. von Steinwehr.....	E 33-E 40
Annexes des Procès-Verbaux du Comité consultatif d'Électricité	E 41-E 101
E 1. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — <i>Rapport concernant l'état des expériences sur la détermination de l'ohm international en unités absolues</i> ; par M. Zickner.	E 41
E 2. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Résultats supplémentaires à une détermination de l'ohm absolu en faisant usage d'un inducteur perfectionné</i> ; par MM. Harvey L. Curtis, Charles Moon et M ^{me} C. Matilda Sparks.....	43
E 3. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Rapport préliminaire sur une mesure absolue de résistance basée sur l'inversion d'un courant continu dans une inductance mutuelle</i> ; par MM. Frank Wenner, James L. Thomas, Irvin L. Cooter et F. Ralph Kotter.....	E 48
E 4. LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ. — <i>Note complémentaire sur la détermination du rapport de l'ohm international à l'ohm absolu</i> ; par MM. R. Jouaust, M. Picard et R. Hérou.....	49
E 5. PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT. — <i>Rapport concernant l'état des expériences sur la détermination de l'ampère international en unités absolues</i> ; par M. H. von Steinwehr.....	51
E 6. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — <i>Résumé d'un rapport sur la détermination de l'ampère absolu en faisant usage de bobines perfectionnées</i> ; par MM. Harvey L. Curtis, Roger W. Curtis et Charles L. Critchfield.....	56

E 7. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Sur la mesure absolue du courant; par</i> MM. R. Yoneda et Y. Ishibashi.....	E 59
E 8. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — <i>Rapport sur les comparaisons des</i> <i>étalons nationaux de résistance élec-</i> <i>trique; par MM. A. Pérard et M. Roma-</i> <i>nowski.....</i>	62
E 9. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — <i>Rapport sur les comparaisons des</i> <i>étalons nationaux de force électromo-</i> <i>trice; par MM. M. Romanowski et M. Roux.</i>	69
E 10. LABORATOIRE ÉLECTROTECHNIQUE DE TOKIO. — <i>Propositions du Laboratoire électro-</i> <i>technique.....</i>	74
E 11. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — I. <i>Lettre</i> <i>et projet de Résolution concernant les</i> <i>unités électriques pratiques absolues...</i>	78
II. <i>Projet de Résolution concernant les</i> <i>unités électriques pratiques absolues...</i>	79
E 12. INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S. — <i>Sur la définition des unités électriques</i> <i>et magnétiques dans le système élec-</i> <i>tromagnétique absolu M. K. S. μ; par</i> M. M. F. Malikov.....	84
E 13. <i>Note sur le projet de Résolution présenté</i> <i>par le National Physical Laboratory;</i> par M. C. Budeanu.....	85
E 14. INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U. R. S. S. — <i>Sur l'établissement des étalons des</i> <i>unités magnétiques; par M. E. G.</i> Chramkov.....	88
E 15. <i>Note sur le Rapport de l'Institut de Métro-</i> <i>logie de l'U. R. S. S. sur l'établis-</i> <i>sement des étalons des unités magné-</i> <i>tiques; par M. C. Budeanu.....</i>	89

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

112790 Quai des Grands-Augustins, 55.

Dépôt légal, imprimeur, 1946, n° 275.

Dépôt légal, éditeur, 1946, n° 122.

Achévé d'imprimer le 21 avril 1947.