

**COMITÉ CONSULTATIF POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE**

**SESSION DE 1953**

---

**PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES**

**RAPPORT ET ANNEXES**



**PRÉSIDENT**  
**du Comité International des Poids et Mesures**

M. J. E. SEARS

---

**LISTE DES MEMBRES**  
**DU**  
**COMITÉ CONSULTATIF**  
**POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE**

---

*Président :*

M. R. H. FIELD, Membre du Comité International des Poids et Mesures, Metrology Section, Division of Physics, National Research Council, *Ottawa*.

*Membres :*

MM. J. CABANNES, Professeur à la Sorbonne, *Paris*.  
B. EDLÉN, Professeur à l'Université de *Lund*.  
J. STULLA-GÖTZ, Conseiller au Bureau Fédéral des Poids et Mesures, *Vienne*.  
Y. VÄISÄLÄ, Professeur à l'Université de *Turku*.  
Pour la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, *Braunschweig* : M. E. ENGELHARD, Abteilung I, Physikalisch-Technische Bundesanstalt.  
Pour le National Research Council, *Ottawa* : M. K. M.

BAIRD, Division of Physics, National Research Council.

POUR le National Bureau of Standards, *Washington* :  
M. E. C. CRITTENDEN, Conseiller du National Bureau  
of Standards.

POUR le Conservatoire National des Arts et Métiers,  
*Paris* : M. M. BELLIER, Directeur du Laboratoire  
d'Essais du Conservatoire.

POUR le National Physical Laboratory, *Teddington* :  
M. H. BARRELL, Senior Principal Scientific Officer,  
National Physical Laboratory.

POUR la Commission de Métrologie, *Milan* : M. E.  
PERUCCA, Directeur de l'École Polytechnique, *Turin*.

POUR le Central Inspection Institute of Weights and  
Measures, *Tokyo* : M. TAMANO, Directeur du Central  
Inspection Institute of Weights and Measures.

POUR la Chambre Centrale des Mesures et Instruments  
de Mesure, *Moscou* : M. M. JUDINE, Directeur de  
l'Institut de Métrologie. M. A. I. KARTACHEV, Section  
d'Optique, Institut de Métrologie.

POUR l'Association Internationale de Géodésie : M. P.  
TARDI, Secrétaire Général de l'Association Interna-  
tionale de Géodésie, *Paris*.

POUR l'Union Astronomique Internationale : M. J.  
CABANNES, Professeur à la Sorbonne, *Paris*.

POUR l'Union Internationale de Physique Pure et  
Appliquée : M. A. PÉRARD, Directeur honoraire du  
Bureau International des Poids et Mesures, *Paris*.

POUR le Bureau International des Poids et Mesures,  
*Sèvres* : M. CH. VOLET, Directeur.

## ORDRE DU JOUR

### DE LA SESSION

---

#### A. — QUESTIONS PRINCIPALES.

- A-1. Le moment est-il venu de recommander l'adoption d'une nouvelle définition du mètre basée sur une longueur d'onde lumineuse?
- A-2. Le vide et l'air normal dans la définition d'une longueur d'onde.
- A-3. Méthode pour définir la source de lumière.
- A-4. Recommandations à faire au Comité International des Poids et Mesures concernant un changement de la définition du mètre.
- A-5. Travaux expérimentaux qu'il conviendrait d'entreprendre avant de faire le choix d'une longueur d'onde étalon qui préserve la valeur actuelle de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium ainsi que celle du Prototype international du mètre.

#### B. — QUESTIONS SECONDAIRES.

- B-1. Recommandations concernant les sources de lumière à employer en interférométrie.
- B-2. Valeurs approuvées par le Comité International des Poids et Mesures pour l'indice de réfraction de l'air en fonction de la longueur d'onde, de la température, etc.

- B-3. Valeurs approuvées par le Comité International des Poids et Mesures pour les longueurs d'onde utilisées en interférométrie comme étalons auxiliaires.
- B-4. Méthodes expérimentales pour la comparaison des longueurs d'onde lumineuse, des étalons à bouts et des étalons à traits entre eux.
- B-5. Le statut futur des prototypes en platine iridié.
- B-6. Le rôle que joueront en métrologie les ondes lumineuses, les étalons à bouts et les étalons à traits considérés comme étalons de référence pour les longueurs.
- B-7. Le rôle du Bureau International dans le domaine des longueurs et l'équipement dont il aura besoin dans le cas où l'on adopterait une définition du mètre par une longueur d'onde.
- B-8. La production d'isotopes convenables et le développement futur des sources de lumière extrêmement monochromatiques.

LISTE DES DOCUMENTS REMIS  
AUX MEMBRES DU COMITÉ.

---

*Les documents précédés du signe \*, déjà publiés par ailleurs,  
n'ont pas été reproduits dans les Annexes.*

---

Rapport sur la définition du mètre, par R. H. FIELD (Annexe M 1,  
p. M 49).

Lettre de J. CABANNES (Annexe M 2, p. M 54).

Extrait d'une lettre de B. EDLÉN (Annexe M 3, p. M 56).

Remarques sur le programme de travail du Comité Consultatif  
pour la Définition du Mètre, par J. STULLA-GÖTZ (Annexe M 4,  
p. M 57).

Notes présentées par Y. VÄISÄLÄ (Annexe M 5, p. M 60).

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne).**

Considérations sur le changement de la définition du mètre,  
par E. ENGELHARD (Annexe M 6, p. M 64).

**National Research Council (Canada).**

Considérations sur la tâche du Comité Consultatif pour la  
Définition du Mètre, par K. M. BAIRD (Annexe M 7, p. M 73).

Propositions soumises à l'attention du Comité Consultatif pour la  
Définition du Mètre, par K. M. BAIRD (Annexe M 8, p. M 76).

**National Bureau of Standards (États-Unis d'Amérique).**

Questions suggérées pour être inscrites à l'Ordre du Jour du  
Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Annexe M 9,  
p. M 79).

- \* Résumé historique de la question d'une nouvelle définition du mètre (publié dans *Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures*, 1952, 2<sup>e</sup> Série, t. XXIII-A, p. 136).

**National Physical Laboratory (Grande-Bretagne).**

- Questions suggérées pour la discussion par le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Annexe M 10, p. M 81).

**Central Inspection Institute  
of Weights and Measures (Japon).**

- Sur la définition du mètre par une longueur d'onde lumineuse (Annexe M 11, p. M 84).

**Comité des Mesures et Instruments de Mesure (U. R. S. S.).**

- \* Propositions concernant le passage à la définition du mètre en longueurs d'onde lumineuse (publié dans *Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures*, 1952, 2<sup>e</sup> Série, t. XXIII-A, p. 133).

Propositions soumises au Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Annexe M 12, p. M 86).

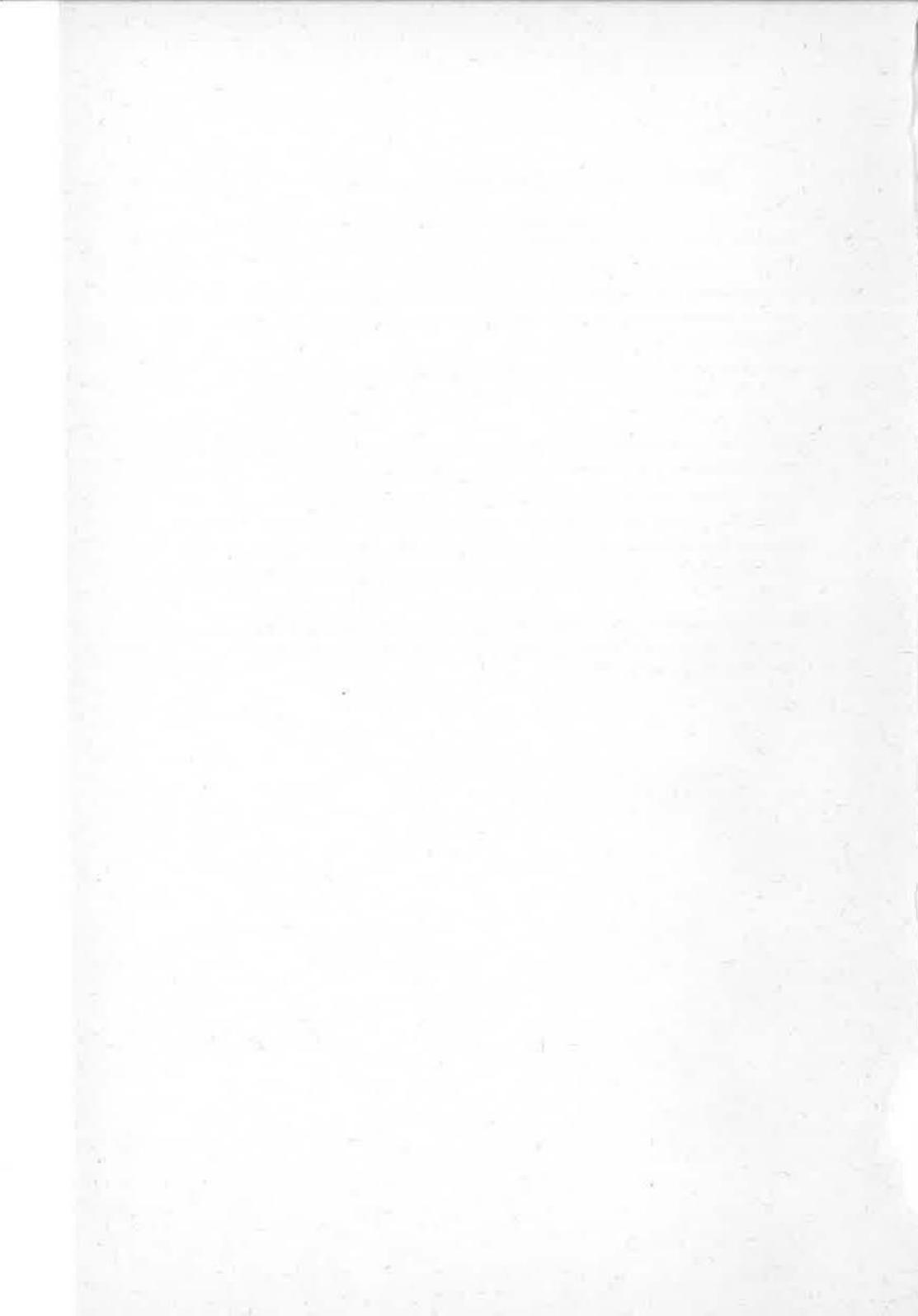
- De la possibilité d'utiliser la radiation des isotopes stables pairs du cadmium pour la représentation de l'unité de longueur, par N. R. BATARCHOUKOVA, A. I. KARTACHEV et M. F. ROMANOVA (Annexe M 13, p. M 88).

**Union Internationale de Physique Pure et Appliquée.**

- \* Au sujet du changement envisagé dans la définition du mètre, par A. PÉRARD (publié dans *Comptes rendus Acad. Sciences*, 1953, 237, p. 284).
- \* Sur les facilités respectives de production et d'utilisation des deux étalons envisagés pour la définition du mètre. Conclusion générale, par A. PÉRARD (publié dans *Comptes rendus Acad. Sciences*, 1953, 237, p. 364).
- \* Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur, par A. PÉRARD (publié dans *La Création du Bureau International des Poids et Mesures et son Œuvre*, Gauthier-Villars, Paris, 1927, p. 259-292).

Bureau International des Poids et Mesures.

- \* La définition du mètre doit-elle être changée ?, par Ch. VOLET (publié dans *Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures*, 1952, 2<sup>e</sup> Série, t. XXIII-A, p. 142).
  - \* Le mètre sera-t-il remplacé par une longueur d'onde lumineuse ?, par J. TERRIEN (publié dans *La Revue Française de l'Élite Européenne*, 1952, N<sup>o</sup> 41, p. 21).
  - \* La conservation des unités du Système Métrique, par Ch. VOLET (publié dans *Nuovo Cimento*, 1951, Série IX, Vol. VIII, Suppl. p. 27).
- Étude d'un étalon en quartz de 100 mm, témoin de l'unité métrique internationale, par J. TERRIEN (Annexe M 14, p. M 95).
- Principe d'une méthode pour comparer un Mètre à traits à une longueur d'onde, par J. TERRIEN (Annexe M 15, p. M 97).
- Résultats des intercomparaisons des Mètres N<sup>os</sup> 13, 13 C, 19, 26 et T 4, en 1939-1944 et en 1953, par Ch. VOLET (Annexe M 16, p. M 100).
- Microphotographies des traits du Prototype international **M** (voir p. M 13), du Mètre étalon N<sup>o</sup> T 2, du Mètre prototype turc N<sup>o</sup> 21 C (voir p. M 14).



## PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Mardi 15 septembre 1953.

PRÉSIDENTE DE M. R. H. FIELD

---

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

Sont présents : M. CASSINIS, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures. MM. BAIRD, BARRELL, BELLIER, CABANNES, CRITTENDEN, EDLÉN, ENGELHARD, JUBINE, KARTAGHEV, PÉRARD, PERUCCA, STULLA-GÖTZ, TAMANO, VOLET, Membres du Comité Consultatif.

Absents : MM. TARDI et VÄISÄLÄ.

Invités : MM. TERRIEN et BONHOURE.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue aux délégués, puis il donne la parole à M. BARRELL qui transmet de la part de M. SEARS, Président du Comité International des Poids et Mesures, les meilleurs souhaits pour les travaux du Comité Consultatif.

M. le PRÉSIDENT propose de nommer comme Rapporteur M. PERUCCA, et comme Secrétaire M. TERRIEN. Ces désignations sont approuvées. MM. PERUCCA et TERRIEN remercient le Comité.

M. le PRÉSIDENT rappelle les circonstances qui ont conduit à créer ce Comité Consultatif, dont il définit la mission.

Depuis longtemps la question de la définition du mètre en fonction d'une longueur d'onde a fait l'objet des préoccupations du Comité International et de la Conférence Générale des Poids et Mesures, mais ce n'est qu'en 1952 qu'elle a paru suffisamment étudiée pour qu'un Comité Consultatif soit spécialement créé en vue d'en examiner tous les aspects. La correspondance qui a été échangée avant cette réunion a montré que ces aspects étaient très divers. Aussi a-t-il paru bon de séparer l'Ordre du Jour en deux parties, afin de ne pas laisser la discussion s'attarder sur des détails qui ne sont pas essentiels.

M. le PRÉSIDENT demande à M. VOLET d'introduire la discussion en donnant quelques renseignements sur le Mètre.

M. VOLET fait un exposé qui peut être résumé comme suit :

« Dans le tribunal que nous formons et qui doit décider si le prototype en platine iridié est digne de continuer son rôle d'étalon primaire, je me propose de tenir le rôle d'avocat de l'accusé. Non pas parce que je crois que ce dernier est parfait, mais parce qu'on a quelquefois apporté, dans l'instruction du procès, des arguments sans fondement. On a trop souvent ignoré, ou oublié, les progrès qui ont été faits dans la réalisation des étalons à traits et dans les méthodes et instruments propres à les utiliser. On est arrivé ainsi à comparer la technique la plus moderne des mesures interférométriques avec la technique des mesures à traits telle qu'elle était

il y a un demi-siècle, ce qui manque évidemment d'objectivité.

« Notre étalon fondamental pour les longueurs a un grave défaut, que le Bureau International connaît mieux que quiconque et qu'il ne cherche pas à dissimuler : les irrégularités de ses traits ne permettent plus d'atteindre la précision que l'on exige actuellement dans les mesures. On s'est contenté jusqu'à maintenant de constater que le Mètre international était parmi les meilleurs des 30 Mètres

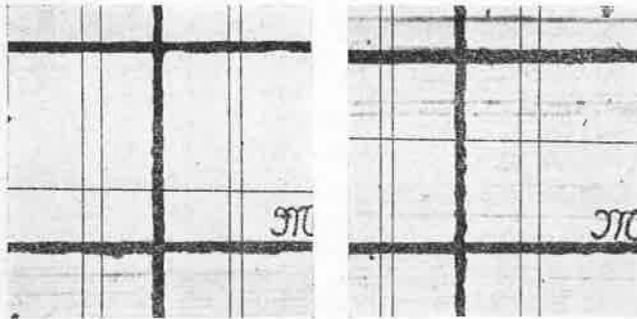


Fig. 1. — Microphotographies des traits du Prototype international **M**.  
Grossissement  $\times 130$ . Type de traits insuffisamment ébarbés.

qui ont été distribués au Bureau International et aux Etats en 1889. Cela ne suffit plus. L'examen des microphotographies des traits de **M**, présentées ici pour la première fois (*fig. 1*), montre d'une manière évidente que la précision de 1 à 2 dixièmes de micron qui est obtenue dans les mesures avec cet étalon, ne saurait être dépassée. Cette limite n'est d'ailleurs effectivement atteinte qu'à la faveur de spécifications détaillées sur la manière de pointer les traits.

« A titre comparatif, la figure 2 montre des traits gravés selon la technique moderne. Des Mètres ainsi

tracés sont définis à quelques centièmes de micron près (voir Annexe M 16, p. M 100).

« Ce fait, à lui seul, exige que l'on reconsidère la question de la conservation de l'unité de longueur. Il semble anormal que des copies soient meilleures que leur modèle. Cela serait toutefois acceptable, à mon avis, si l'on convenait de ne plus recourir à ce modèle.

« Si la spectroscopie n'existait pas, j'aurais ainsi proposé que le mètre fût conservé par un groupe de nouveaux

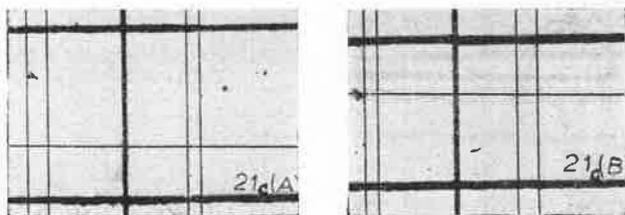


Fig. 2. — Microphotographies des traits du Mètre N° 21 C appartenant à la Turquie. Grossissement  $\times 130$ . Traits modernes ébarbés normalement.

étalons dont les équations relatives, et par rapport à **M**, auraient été déterminées avec le plus grand soin et une fois pour toutes. On aurait pu de la sorte ouvrir la voie à de nouveaux progrès, tout en conservant la même définition du mètre. Ce dernier point n'est pas sans intérêt. On pourrait en effet regretter qu'une unité aussi familière que le mètre ait une définition qui ne soit comprise que par un petit groupe d'initiés.

« Mais le problème se pose différemment aujourd'hui. La spectroscopie elle-même a fait des progrès et ne peut plus se contenter de la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium qui lui sert d'étalon fondamental. Les spectroscopistes aussi sont amenés à mesurer de nouvelles

longueurs d'onde qui sont mieux définies que celle qui leur sert de référence depuis 1907. Ils proposent en conséquence que l'on choisisse une autre longueur d'onde étalon et que celle-ci soit déclarée fondamentale pour toutes les mesures de longueur.

« Le Comité Consultatif aura à choisir entre cette solution, qui satisfait le désir qu'on a toujours eu de fonder les unités principales sur des grandeurs naturelles, et la solution dont je viens de parler, qui assure la pérennité de la définition du mètre tout en présentant des avantages pratiques certains. Je pense en particulier, et quoi qu'on ait pu dire, que pour le métrologiste qui a besoin d'une mesure à traits, il est plus facile, et peut-être plus sûr, de faire vérifier son étalon à Sèvres que d'équiper le laboratoire nécessaire à l'exécution du passage entre la longueur d'onde et la mesure à traits.

« Conserver le mètre au moyen de copies plus parfaites me paraîtrait aussi réalisable que de continuer à rapporter les longitudes terrestres au méridien de Greenwich, alors même que cet Observatoire n'existerait plus. Il suffit de connaître, une fois pour toutes, l'écart entre la nouvelle et l'ancienne référence.

« Quoique je ne me fasse pas d'illusion sur le verdict que rendra notre tribunal, je voudrais encore insister sur le caractère qui m'inquiète le plus dans l'emploi des longueurs d'onde : les interférences par lesquelles elles se manifestent à nous, forment une échelle extrêmement nette sur les petites distances, puis de plus en plus floue lorsque la distance mesurée augmente. Ce caractère évanescence ne plaide certes pas en faveur d'une mesure qui doit être déclarée fondamentale. On objectera sans doute que l'on touche là aux limites extrêmes de la précision. Je le concède volontiers, tout en demandant sur cette question un supplément d'information. Jusqu'à

quel point la structure des raies proposées est-elle symétrique ? Ou : jusqu'à quel point l'ordre d'interférence est-il rigoureusement proportionnel à la longueur mesurée ?

« Je voudrais aussi, avant qu'une décision ne soit prise, que l'on étudiat les possibilités nouvelles que nous offre, dans le domaine des mesures à traits, le microscope photoélectrique récemment créé par la Société Genevoise.

« Il est possible, après ces examens, que l'on reconnaisse aux mesures interférentielles une exactitude un peu supérieure à celle des mesures à traits. Dans ce cas, comme avocat de **M**, je plaiderais encore qu'il est nécessaire de bien examiner si le changement qu'on propose n'est pas hors de proportion eu égard au petit bénéfice qu'on pourrait en tirer. Ne serait-il pas plus sage de garder nos méthodes actuelles de conservation de l'unité jusqu'à ce qu'elles puissent être remplacées par d'autres ayant une supériorité plus nettement marquée ? »

En réponse à l'une des objections de M. VOLET, M. ENGELHARD admet qu'une définition de l'unité fondamentale de longueur par des termes spectraux est abstraite, mais elle seule répond au désir de définir le mètre par une constante naturelle.

Au cours d'un échange de vues sur la précision des mesures interférométriques de longueur, sur la symétrie des raies et la proportionnalité de l'ordre d'interférence à la différence de marche, il est suggéré qu'une partie du désaccord présenté par les différentes déterminations du rapport du mètre à la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, pourrait provenir des mesures sur les Mètres à traits, les comparateurs à microscopés réversibles n'ayant été introduits que plus tard, et dans bien peu de laboratoires.

M. STALLA-GÖTZ soutient la procédure qu'il a proposée

(Annexe M 4, p. M 57), impliquant de nouvelles comparaisons du mètre à une longueur d'onde. M. ENGELHARD pense que ce serait là un grand travail pour retrouver un résultat déjà suffisamment connu.

Cependant, M. VOLET insiste sur l'intérêt qu'il y aurait à comparer au Bureau International des règles à traits dont la longueur aurait été déterminée, uniquement par des longueurs d'onde, dans quatre ou cinq laboratoires bien équipés.

M. BARRELL fait observer qu'il ne suffit pas qu'une nouvelle définition du mètre conserve la longueur de ce dernier; elle doit aussi préserver la longueur admise pour l'onde de la raie rouge du cadmium.

M. PÉRARD souligne l'importance de cette condition, qui sauvegarde toutes les tables de longueurs d'onde.

M. PERUCCA pose le problème en ces termes : nous pouvons, comme l'a suggéré M. VOLET, améliorer nos étalons à traits; nous pouvons aussi adopter un étalon basé sur une longueur d'onde. Il faut choisir la solution qui aurait le plus d'avantages. Mais nous ignorons encore quelle est la précision optimum des étalons à traits d'aujourd'hui.

M. VOLET ne s'opposera pas à l'adoption d'un étalon optique plus précis; mais ce dernier est bien abstrait; du point de vue philosophique, il est le meilleur; l'est-il des points de vue pédagogique et pratique? N'aurons-nous pas, comme en électricité, une unité de longueur internationale moyenne plus ou moins bien acceptée par les grands Laboratoires? Ou, ne risque-t-on pas de créer une situation analogue à celle qui existe en thermométrie? L'échelle thermodynamique des températures

satisfait notre désir d'absolu, elle est sans doute parfaite... mais pratiquement inutilisable.

M. CRITTENDEN objecte que les longueurs d'onde sont des étalons non pas abstraits, mais pratiques, utilisés journellement dans l'industrie.

M. BAIRD rappelle que l'on recherche un étalon non seulement précis, mais invariable.

M. VOLET signale que l'on peut s'assurer pratiquement de la stabilité des étalons, en employant des substances différentes, la silice par exemple, comme M. VÄISÄLÄ l'a fait; mais il reconnaît qu'en s'affranchissant de la matière, on est sans doute mieux garanti contre une variation séculaire.

M. CRITTENDEN pense, en conclusion, que l'on peut admettre que le moment n'est pas encore venu de formuler une nouvelle définition du mètre basée sur une longueur d'onde lumineuse et que des études sont encore nécessaires, mais que le Comité doit maintenant travailler pour atteindre ce but en discutant les autres questions de l'Ordre du Jour.

M. PÉRARD suggère de prendre une position nuancée; on peut « envisager » une nouvelle définition, ce qui implique qu'elle sera examinée avec une certaine faveur.

M. PERUCCA propose que l'on dise pourquoi l'on envisage un changement : c'est pour obtenir une meilleure précision.

M. le PRÉSIDENT constate un accord unanime de principe sur le point A-1 de l'Ordre du Jour et il renvoie à la prochaine séance la rédaction d'une Proposition à présenter au Comité International.

M. JUDINE déclare que dans plusieurs laboratoires, en particulier en U. R. S. S., on sait déterminer, en partant d'une longueur d'onde, des étalons matériels à bouts ou à traits. Répondant à plusieurs questions, il précise que la mesure d'étalons à bouts d'un mètre est chose faite; la mesure d'étalons à traits est en cours. On a expérimenté d'une part les isotopes du krypton, qui ont donné lieu à certaines divergences, d'autre part des raies du mercure naturel « monochromatisées », et des isotopes du cadmium. La préférence doit être en faveur du Cd 114, dont les raies spectrales donnent des interférences sur une différence de marche de 250 à 300 mm.

M. ENGELHARD demande s'il pourrait obtenir des lampes à Cd 114 en échange de lampes à Kr 84; M. VOLET souhaiterait aussi que le Bureau International reçût des lampes à Cd 114. M. JUDINE pense que ces désirs pourront, en principe, être satisfaits.

Sur le choix d'une longueur d'onde dans le vide, plutôt que dans l'air normal, l'accord est unanime.

Comment spécifier cette longueur d'onde? M. ENGELHARD propose d'indiquer les termes spectraux, et de se référer à un atome, non perturbé par des atomes voisins. On sait calculer les très petites corrections qu'entraîne l'emploi d'une lampe particulière; rien ne s'oppose donc à ce que la construction de telles lampes évolue.

M. PÉRARD conserve quelque inquiétude sur la sécurité de ces corrections.

Une discussion sur la façon de maintenir en même temps la valeur actuelle du mètre et celle de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium fait apparaître que l'on peut, pour passer du mètre actuel à la longueur d'onde que l'on choisira comme étalon, se fonder sur la relation

admise entre le mètre et la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium, sans sortir du domaine d'incertitude du prototype **M**. Ce passage fait, cette longueur d'onde ne jouera plus aucun rôle particulier, et l'unité Ångström n'aura plus de raison d'être.

M. PÉRARD rappelle qu'il faudra aussi passer de l'air normal au vide.

D'après M. BARRELL, l'incertitude sur l'indice de l'air est inférieure à l'incertitude sur la valeur de **M**, et l'on pourrait adopter, pour le passage à la nouvelle définition, la formule d'Edlén sanctionnée à Rome en 1952 par la Commission Mixte de Spectroscopie. Les Membres du Comité Consultatif acceptent cette proposition, tout en reconnaissant l'utilité des nouvelles déterminations d'indice proposées par M. ENGELHARD.

La séance est levée à 18<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Jedi 17 septembre 1953.

PRÉSIDENTE DE M. R. H. FIELD

---

La séance est ouverte à 10<sup>h</sup> 5<sup>m</sup>.

Sont présents : MM. BAIRD, BARRELL, BELLIER, CABANNES, CASSINIS, CRITTENDEN, EDLÉN, ENGELHARD, JUDINE, KARTACHEV, PÉRARD, PERUCCA, STULLA-GÖTZ, TAMANO, VOLET.

Excusés : MM. TARDI, VÄISÄLÄ.

Invités : MM. TERRIEN et BONHOURS.

M. le PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu une lettre de M. VÄISÄLÄ, qui exprime tous ses regrets de ne pouvoir assister à la session du Comité et qui rappelle qu'il a exposé son point de vue dans une Note (Annexe M 5, p. M 60) précisant qu'il considère comme fondamental que la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium dans le vide soit sanctionnée.

D'autre part, M. TARDI, dont la santé nécessite encore quelques ménagements, a signalé qu'il ne pourrait malheureusement pas assister à nos discussions.

M. TERRIEN donne lecture du procès-verbal provisoire de la séance du 15 septembre. Celui-ci est adopté avec quelques modifications demandées par MM. CRITENDEN, ENGELHARD et PERUCCA.

M. VOLET annonce qu'à la suite de conversations qui ont eu lieu entre délégués depuis la première séance, trois propositions ont été rédigées, dont le texte est soumis aux délibérations du Comité.

La Proposition I, qui exprime l'avis que le moment est venu d'envisager une nouvelle définition du mètre basée sur une longueur d'onde lumineuse, donne lieu à un certain nombre d'observations. MM. BARRELL et ENGELHARD seraient d'avis de mentionner que la nouvelle définition doit être basée sur une constante naturelle, mais M. PERUCCA craint que cette addition ne laisse la porte ouverte à d'autres constantes naturelles. La Proposition I est finalement adoptée à l'unanimité sous la forme suivante :

#### PROPOSITION I.

*Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, ayant entendu les rapports du Directeur du Bureau International des Poids et Mesures :*

*1<sup>o</sup> sur l'exactitude avec laquelle l'unité fondamentale de longueur du Système Métrique est actuellement conservée au moyen de l'étalon en platine iridié et*

*2<sup>o</sup> sur la précision que permettent d'atteindre aujourd'hui les mesures à traits,*

*estime que le moment est venu d'envisager favorablement une nouvelle définition du mètre basée sur la longueur d'onde d'une radiation lumineuse, dans le but de conférer à l'unité fondamentale de longueur, à la fois une précision plus élevée et un caractère incontestable d'universalité et d'indestructibilité.*

M. VOLLET lit ensuite le projet de la Proposition II, destinée à fixer les conditions dans lesquelles la future longueur d'onde lumineuse fondamentale devra être définie.

Le texte proposé donne lieu à une longue discussion, à laquelle participent la plupart des Membres présents. Elle a eu principalement pour objet les points suivants :

opportunité de mentionner que la future longueur d'onde fondamentale sera une constante naturelle, ou atomique;

nécessité de préciser qu'elle doit être *aussi monochromatique que possible* alors que la qualification de *monochromatique* peut suffire;

façon d'exprimer que cette longueur d'onde ne doit pas être affectée par l'effet Doppler-Fizeau;

choix d'un terme équivalent à *influence perturbatrice*, par exemple *action*, ou *champ extérieur*, etc.

L'accord se réalise finalement sur le texte suivant, adopté à l'unanimité :

#### PROPOSITION II.

*Le Comité Consultatif considère que le mètre devrait être défini, lorsque le moment sera venu, par la longueur d'onde d'une radiation lumineuse se propageant dans le vide, le radiateur et l'observateur étant en repos relatif.*

*Cette radiation serait spécifiée par deux termes spectraux d'un atome dont le spectre soit dépourvu de structure hyperfine, et qui ne soit soumis à aucune influence perturbatrice.*

Le Comité Consultatif étudie ensuite le projet de Proposition III, relative à la prise en considération, comme intermédiaire pour le passage à la nouvelle définition envisagée, de la valeur admise actuellement pour la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium.

M. ENGELHARD fait observer que la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures a fixé deux valeurs sur ce point : celle de la longueur d'onde elle-même, et celle de son inverse, c'est-à-dire le nombre de longueurs d'onde contenues dans le mètre, et que ces deux valeurs présentent un léger écart.

M. PÉRARD estime que la valeur fondamentale est celle de la longueur d'onde, qui est donnée en premier. Le nombre de longueurs d'onde contenues dans un mètre n'est donné que comme conséquence de ce qui précède.

De la discussion qui suit, il ressort que le Comité est unanime pour reconnaître que le passage à la nouvelle définition du mètre doit conserver la grandeur de cette unité dans les limites de précision où celle-ci est actuellement définie.

Après avoir envisagé différentes rédactions, il est décidé de renvoyer à l'après-midi l'adoption du texte définitif de la Proposition III.

La séance est levée à 12<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

# PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL.

Jeudi 17 septembre 1953.

PRÉSIDENCE DE M. R. H. FIELD

---

La séance est ouverte à 15<sup>h</sup> 35<sup>m</sup>.

Sont présents : MM. BAIRD, BARRELL, BELLIER, CASSINIS, CRITTENDEN, EDLÉN, ENGELHARD, JUDINE, KARTACHEY, PÉRARD, PERUCCA, STULLA-GÖTZ, TAMANO, VOLET.

Absent : M. CARANNES.

Invités : MM. TERRIEN et BONHOURS.

M. VOLET relit le projet de Proposition III.

M. PÉRARD fait observer qu'il ne faut pas obliger les expérimentateurs à prendre comme point de départ la raie du cadmium dans le vide pour déterminer les autres radiations susceptibles d'être utilisées, car on peut faire des comparaisons dans l'air beaucoup plus facilement que dans le vide; il suffit ensuite de réduire au vide.

MM. EDLÉN et ENGELHARD appuient cette observation et ne désirent pas que l'on spécifie la valeur de la longueur d'onde dans le vide de la radiation rouge du cadmium.

M. BARRELL pense toutefois qu'il est préférable d'effectuer les comparaisons de longueurs d'onde dans le vide plutôt que dans l'air, car il est ainsi plus facile de réaliser des conditions identiques dans les différents Laboratoires.

M. BARRELL signale que la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium dans le vide, calculée conformément aux recommandations de la Proposition III, est  $0,644\ 024\ 91 \cdot 10^{-6}$  m.

M. VOLET fait remarquer que parmi les meilleures formules de dispersion actuellement connues, celle d'Eidlén conduit, dans le cas qui nous intéresse, c'est-à-dire celui de la raie rouge du cadmium, au résultat le plus écarté. Ne vaudrait-il pas mieux choisir pour la réduction au vide une valeur moyenne ? <sup>(1)</sup>

M. BAIRD estime que la seule chose à spécifier est la longueur d'onde dans le vide de la radiation rouge du cadmium.

De la discussion de ces divers points de vue se dégagent les idées principales suivantes :

1° Il faut conserver la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium dans l'air normal comme base de départ pour déterminer le nombre de longueurs d'onde de la nouvelle radiation dans le vide qui sont contenues dans un mètre.

2° Pour comparer la nouvelle radiation, définie dans le vide, à l'ancienne, définie dans l'air, le choix de la

---

*Note ajoutée en cours d'impression :*

<sup>(1)</sup> M. EIDLÉN rappelle les arguments qu'il a exposés dans « The dispersion of standard air » (*J. Opt. Soc. Amer.*, t. 43, 1953, p. 339) et qui tendent à démontrer qu'un indice faible a plus de chances d'être exact qu'un indice élevé, lequel peut avoir été faussé par la présence d'hydrocarbures lourds dans l'air expérimenté.

formule de dispersion importe peu car on reste dans les limites d'incertitude de la définition actuelle du mètre <sup>(1)</sup>.

3° Il n'y a pas d'inconvénient à laisser libre le choix des radiations pour lesquelles on effectuera la réduction de l'air normal au vide.

Après plusieurs remarques rédactionnelles, la Proposition III est adoptée à l'unanimité sous la forme suivante :

### PROPOSITION III.

*En vue d'assurer à l'unité de longueur une continuité aussi parfaite que possible lors du passage à la définition envisagée, il est recommandé d'établir cette dernière en se servant comme intermédiaire de la valeur  $0,643\ 846\ 96 \cdot 10^{-6}$  m pour la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium telle qu'elle a été spécifiée par la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures.*

*Pour ce passage, la réduction au vide des longueurs d'onde mesurées dans l'air devrait être effectuée par la formule de dispersion pour l'air normal adoptée à Rome en 1952 par la Commission Mixte de Spectroscopie.*

M. le PRÉSIDENT communique qu'un texte a été préparé concernant le choix de la radiation étalon.

M. VOLET donne lecture de ce texte, qui suscite diverses observations de MM. ENGELHARD, PÉRARD et PERUCCA sur les qualités qu'il convient de spécifier expressément et sur leur importance relative.

---

*Note ajoutée en cours d'impression :*

(<sup>1</sup>) M. EDLÉN tient à signaler que, pour la spectroscopie, le choix d'une formule de dispersion qui soit la meilleure possible est important, car il s'agit de rattacher avec une très grande précision l'étalon actuel pour la spectroscopie à l'étalon futur qui sera défini dans le vide.

M. JUDINE tient à souligner encore l'urgence des travaux qui restent à accomplir dans les laboratoires. Un texte est finalement adopté à l'unanimité sous la forme suivante :

PROPOSITION IV.

*Pour ce qui concerne le choix de la radiation étalon qui présente les qualités métrologiques les meilleures ( finesse, symétrie et autres), le Comité Consultatif ne croit pas encore être suffisamment documenté pour émettre une proposition ferme. Il demande que les grands Laboratoires et le Bureau International poursuivent aussi activement que possible leurs travaux dans ce sens.*

A propos du point B-7 de l'Ordre du Jour, concernant le rôle du Bureau International dans le domaine des longueurs et son équipement, M. VOLLET signale que l'opinion a été émise que, si la définition du mètre en longueur d'onde était adoptée, le rôle du Bureau International serait quelque peu diminué, en particulier aux yeux du public. Il demande quel est le sentiment du Comité Consultatif sur cette question.

Tous les Membres du Comité Consultatif protestent contre une telle conception, c'est le contraire qui doit se produire.

M. VOLLET confirme qu'il serait intéressant d'effectuer dans les Laboratoires nationaux un passage entre les longueurs d'onde et les longueurs à traits, ces dernières devant conserver une grande importance, à la fois scientifique et industrielle. Il faudra s'assurer que la nouvelle définition n'apporte pas de perturbation dans la cohérence actuelle des longueurs à traits. Le Bureau International a

donc encore à jouer le rôle important de centre officiel pour la coordination de tous les travaux à effectuer dans ce domaine et pour la vérification des étalons nationaux de longueur.

M. CASSINIS soutient fortement cette opinion et insiste sur la nécessité, pour le Bureau International, d'être équipé sans retard en vue de pouvoir remplir sa tâche nouvelle.

M. CRITTENDEN souhaite que le sentiment unanime du Comité soit exprimé dans une Proposition soulignant l'importance croissante du Bureau International dans le domaine des mesures de longueur comme dans ses autres sphères d'activité.

Pour concrétiser les vues qui précèdent, M. VOLET rédige un texte qui, après des observations de MM. BAIRD, BARRELL, CASSINIS, CRITTENDEN, PÉRARD et PERUCCA, est adopté à l'unanimité sous la forme suivante :

#### PROPOSITION V.

*Dans l'éventualité où la définition du mètre serait changée, le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, ayant la conviction que la mission du Bureau International des Poids et Mesures doit rester fondamentale comme précédemment dans le domaine des mesures de longueur, recommande que ce dernier soit équipé des instruments les plus précis pour effectuer des mesures interférentielles dans le vide, pour réaliser dans les conditions les meilleures la liaison entre les longueurs d'onde, les étalons à traits et les étalons à bouts, et continuer à remplir ainsi l'une des missions essentielles que lui a confiées la Convention du Mètre.*

M. VOLET entretient ensuite le Comité Consultatif de la

question posée par M. le Président dans son *Rapport sur la définition du mètre* (Annexe M 1, p. M 49) au sujet de la date à laquelle la nouvelle définition du mètre par une longueur d'onde pourra être sanctionnée officiellement. Il est douteux que les travaux préparatoires à la fixation de cette définition soient terminés l'année prochaine et que, par conséquent, la Conférence Générale des Poids et Mesures de 1954 puisse prendre une décision. Pour ne pas repousser la solution de cette question à la Conférence de 1960, on a proposé que le Comité International demande à la prochaine Conférence de lui donner les pouvoirs nécessaires pour prendre lui-même les décisions envisagées, décisions qui seraient sanctionnées ultérieurement par la Conférence de 1960.

M. PÉRARD fait remarquer que ce ne serait pas une innovation. On a déjà opéré de cette façon au moment du changement des unités électriques en 1948. On éviterait ainsi de reculer de sept années une décision qui peut être prise dans un délai beaucoup plus rapproché.

M. VOLET présente quelques objections à cette proposition. Il rappelle qu'en 1948 il ne s'agissait pas d'un simple changement de définition, mais du remplacement d'unités électriques par d'autres. Il était donc nécessaire qu'une date précise fût rapidement fixée pour permettre une mutation simultanée dans tous les Pays. Dans le cas du mètre, au contraire, tous nos efforts tendent à rendre le changement de définition pratiquement insensible. Pour M. VOLET ce changement a un caractère symbolique très important et il estime que ce n'est pas trop d'en réserver la décision à une Conférence Générale.

M. PERUCCA pense qu'il suffirait d'attirer l'attention du

Comité International sur cette question; il jugera lui-même ce qu'il doit faire.

MM. CASSINIS, CRITTENDEN, EDLÉN et JUDINE se déclarent favorables à une procédure d'urgence.

Après quelques observations de forme, le texte suivant est adopté à l'unanimité :

#### PROPOSITION VI.

*Le Comité Consultatif recommande que le Comité International demande à la Conférence Générale, qui doit se tenir en 1954, de lui conférer les pouvoirs nécessaires pour décider lui-même des modalités et de la date du changement sans avoir à attendre la Conférence Générale suivante.*

Un certain nombre d'autres questions prévues à l'Ordre du Jour, qui paraissent moins importantes et pas assez mûres pour faire l'objet d'une discussion utile, sont renvoyées à la prochaine session du Comité Consultatif.

Les textes des Propositions adoptées par le Comité sont remis à chacun des Membres. M. VOLLET signale qu'ils sont susceptibles de recevoir encore quelques légères modifications de forme. D'autre part, si certains délégués, après réflexion, croyaient devoir exprimer une observation au sujet de ces textes, ils sont priés d'en faire part au Bureau International, qui transmettra au Comité International en même temps que le Rapport sur les présentes délibérations.

M. PÉRARD, au nom des Membres, remercie M. le PRÉSIDENT de l'autorité et de la bonne grâce avec lesquelles il a conduit les débats.

M. le PRÉSIDENT remercie à son tour les Membres du Comité de leur empressement à rechercher un accord unanime et se félicite avec eux des résultats acquis.

La séance est levée à 17<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>.



PREMIER RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par le Professeur E. PERUCCA, Rapporteur

---

Le Comité a tenu trois séances, les 15 et 17 septembre 1953, au Bureau International des Poids et Mesures, sous la présidence de M. R. H. FIELD.

Étaient présents à ces réunions : MM. BAIRD, BARRELL, BELLIER, CABANNES, CRITTENDEN, EDLÉN, ENGELHARD, JUDINE, KARTACHEV, PÉRARD, PERUCCA, STULLA-GÖTZ, TAMANO, VOLET, Membres du Comité Consultatif; MM. TERRIEN et BONHOURE, invités.

M. G. CASSINIS, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures, a pris part à toutes les séances du Comité.

Sont excusés : MM. TARDI et VÄISÄLÄ.

Les travaux de la session, préparés avec les soins bien connus du Bureau International des Poids et Mesures et de son Directeur, ont eu pour base de nombreux documents présentés à cette occasion.

M. FIELD, Président, a tout d'abord fixé en termes précis la tâche du nouveau Comité Consultatif.

1° Dès le début, décider s'il existe des raisons techniquement bien établies pour remplacer le Mètre prototype actuel, **M**, par un nouvel étalon, probablement une longueur d'onde lumineuse. Avant de prendre une décision, chaque Membre du Comité Consultatif pourrait communiquer quels renseignements expérimentaux additionnels sont indispensables.

2° Examiner les effets d'un tel changement, spécialement pour la science et pour l'industrie.

3° Si, après un examen très approfondi, on a pris la décision d'aviser le Comité International en recommandant la substitution d'une longueur d'onde à l'étalon matériel actuel, le Comité Consultatif devra examiner avec soin le travail déjà effectué dans les laboratoires équipés d'une façon appropriée. Après cet examen, il faudra décider si les faits établis sont suffisants pour permettre de rédiger une définition pour le mètre qui en autorise la reproduction avec un haut degré d'exactitude dans tout laboratoire bien équipé. Une telle définition devra servir sans aucune modification importante pour 50 ans; en même temps, elle devra satisfaire tous les besoins de la science et de l'industrie.

4° Si, selon l'avis du Comité Consultatif, les données du problème ne sont pas suffisantes, on pourra organiser les recherches nécessaires dans les laboratoires les plus appropriés (les recherches importantes pourront avoir lieu dans deux ou plusieurs laboratoires indépendants).

5° Dans ce cas, il faut considérer la possibilité de recommander au Comité International qu'il demande à la Dixième Conférence Générale, prévue pour 1954, les

pouvoirs nécessaires pour sanctionner la nouvelle définition aussitôt qu'elle pourra être formulée d'une façon satisfaisante. (Si ce procédé n'est pas suivi, il ne sera pas possible de sanctionner une nouvelle définition avant 1960, à la Onzième Conférence Générale.)

Après que M. VOLET, Directeur du Bureau International, eut fait un exposé-introduction extrêmement substantiel et objectif de la situation actuelle, le Comité Consultatif examina le premier point de son programme qui peut s'énoncer comme suit : actuellement il règne l'ordre de préséance suivant : étalon à traits → étalon à bouts → longueur d'onde. La question est maintenant de savoir si l'ordre de préséance d'aujourd'hui doit être maintenu, ou s'il doit être inversé : longueur d'onde → étalon à bouts → étalon à traits.

La définition actuelle du mètre a été sanctionnée en 1889 par la Première Conférence Générale des Poids et Mesures, qui a adopté un prototype à traits en platine iridié constituant un étalon arbitraire, tandis que le mètre était né comme étalon naturel.

Le niveau de la science physique et de la technique métrologique d'alors avait conduit à reconnaître les graves difficultés que l'on rencontrait dans le choix d'un étalon naturel réalisable avec une précision suffisante.

Bien que J. BABINET, en 1827, eût déjà proposé l'étalon défini par une longueur d'onde, à une époque où l'on ne connaissait encore que la raie du sodium, qui était un doublet; bien que J. MAXWELL, en 1870, eût exposé les avantages de principe d'un tel étalon, c'est seulement après 1889 que les progrès de la technique métrologique permirent les expériences de MICHELSON et BENOÎT, effectuées en 1892-1893 au Bureau International des Poids et

Mesures et qui fixèrent les premières relations précises entre le mètre et les longueurs d'onde de certaines raies dites « monochromatiques » du cadmium naturel.

A la suite de ces travaux on peut considérer comme définitivement posée la question d'une nouvelle définition du mètre qui serait devenu, comme unité primaire, une longueur à bouts définie et réalisée par un certain nombre de longueurs d'onde d'une radiation lumineuse suffisamment monochromatique.

Le mètre, avec son caractère d'étalon naturel et sa réalisation primaire « optique » (1), nous donnerait un étalon à bouts à partir duquel seraient mesurés les étalons à traits que la pratique nous montre encore bien nécessaires dans certaines mesures de précision très élevée.

L'étalon primaire devenant une longueur d'onde, le Mètre à traits serait déclaré étalon secondaire et sa longueur pourrait être fixée, provisoirement, à 1,000 000 00 m en accord avec les limites de précision qu'on peut fixer aujourd'hui. La situation serait analogue à celle qui existe actuellement : le Mètre en platine est l'« étalon primaire », ce qui n'a pas empêché la Conférence Générale des Poids et Mesures d'adopter en 1927, comme étalon fondamental pour les longueurs d'onde lumineuse, la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, émise dans des conditions spécifiées, avec la valeur  $643,846\ 96 \cdot 10^{-9}$  m.

Grâce à cette déclaration, toutes les mesures de longueurs d'onde de la spectroscopie, toutes les mesures de calibres à bouts plans de l'industrie, fondées sur cette

---

(1) Pour la brièveté je l'appellerai « mètre optique ». Dans la suite, je me permettrai aussi d'adopter le terme déjà largement employé de « mononuclide », pour remplacer l'expression « élément à isotope unique ».

longueur d'onde étalon actuellement secondaire, sont parfaitement comparables dans le monde entier. Si les rôles d'étalon secondaire et d'étalon primaire venaient à être inversés, une déclaration analogue de la Conférence Générale des Poids et Mesures, fixant provisoirement la longueur du Mètre en platine iridié conservé au Pavillon de Breteuil, assurerait de la même façon à l'avenir l'uniformité des mesures à traits dans le monde, ainsi que la continuité avec toute l'exactitude désirable.

Cette « continuité », c'est-à-dire la plus grande concordance possible entre le Mètre prototype (étalon à traits) actuel et le nouvel étalon à longueur d'onde (étalon à bouts) pose en même temps le problème de la comparaison entre une longueur à traits et une longueur à bouts.

Le problème, déjà abordé par MICHELSON, a été également traité par PETERS, qui a démontré la possibilité de tracer un étalon à traits en utilisant comme référence une longueur d'onde lumineuse. Il y a déjà des laboratoires où l'on sait déterminer des étalons matériels à bouts et à traits en partant d'une longueur d'onde.

La question est encore d'un vif intérêt aujourd'hui, ainsi qu'il résulte de certains documents présentés au Comité Consultatif; toutefois, on a exprimé l'opinion que l'on ne devrait pas attacher trop d'importance aux difficultés actuelles de la comparaison des étalons à bouts aux étalons à traits ou de ces derniers à une longueur d'onde étalon. Il est presque certain qu'on surmontera ces difficultés à l'aide de nouvelles méthodes.

De tels sujets et le choix de formules pour la réduction à des conditions normales méritent certainement d'être discutés, mais sans qu'ils puissent affecter sérieusement le choix de l'étalon fondamental de longueur.

L'amélioration de la technique du traçage permet toutefois d'obtenir des traits de qualité bien supérieure à celle des traits du Mètre prototype. Dans un des documents présentés, on a pu comparer la microphotographie des traits du prototype **M**, peu « ébarbés » [largeur  $8\ \mu\text{m}$  <sup>(2)</sup>], avec celle des traits modernes du Mètre **21 C** (Turquie) normalement ébarbés (largeur  $4\ \mu\text{m}$ ); ces derniers permettent évidemment un repérage beaucoup plus soigné.

La précision de  $0,1\ \mu\text{m}$  sur la longueur d'un Mètre à traits semble désormais acquise par la technique actuelle. On reconnaît que si l'on veut augmenter cette précision, il est nécessaire d'abandonner l'étalon prototype.

Mais, de plusieurs côtés, on considère atteinte la précision relative de  $10^{-8}$  pour le « mètre optique » et l'on a même avancé la valeur  $10^{-9}$ .

Il est certain que si l'on acceptait comme valeur conventionnelle primaire, donc exacte, la valeur

$$\lambda_{\text{Cd rouge}} = 643,846\ 96 \cdot 10^{-9}\ \text{m}$$

déjà sanctionnée par la Septième Conférence Générale dans les conditions spécifiées, la possibilité de reproduction d'étalons à traits pourrait atteindre une précision qui ne permettrait plus de différencier ces étalons de l'étalon actuel à traits. Toute crainte de discontinuité devrait disparaître.

Il s'ensuit que, du point de vue scientifique, le « mètre optique » mérite désormais de recevoir la préférence sur celui d'aujourd'hui. La technique de mesure par les longueurs d'onde, ou technique interférentielle, s'est

---

(<sup>2</sup>) Le symbole  $\mu\text{m}$  représente  $10^{-6}\ \text{m}$  selon une règle déjà fréquemment employée.

développée à un tel point que l'on peut aujourd'hui, grâce à elle, effectuer non seulement dans les laboratoires d'État, mais aussi dans l'industrie, des mesures courantes de longueur avec une précision jusqu'ici inégalée.

Il semble impossible d'envisager, comme on l'a supposé, un retour ultérieur de la définition du mètre par une longueur d'onde à la définition par un prototype matériel.

Il va de soi qu'il sera toujours nécessaire, même en cas de prééminence de la technique interférentielle, de disposer d'étalons à traits, car toutes les mesures de longueur ne se prêtent pas à une évaluation directe par les ondes lumineuses. Ce qu'il y aurait de nouveau c'est que, dans la technique interférentielle, les étalons de longueur à bouts ou à traits pourraient en principe être contrôlés par les ondes lumineuses avec une grande exactitude et une grande rapidité à une époque quelconque et en un lieu quelconque.

Aussi longtemps que l'unité de longueur est définie par un prototype matériel, il n'existe en principe aucune garantie de son invariabilité. La preuve de variations n'est qu'une question d'exactitude de mesure. L'expérience acquise, lors de la comparaison générale des Mètres étalons avec le prototype déposé au Bureau International des Poids et Mesures, est significative (Ch.-Éd. GUILLAUME, *La Création du Bureau International des Poids et Mesures*, Paris, 1927), et montre une indiscutable stabilité du prototype, mais dans les limites de l'exactitude des mesures.

En 1927, lorsque la Septième Conférence a débattu pour la première fois la proposition de définition d'un « mètre optique », la question n'était pas encore mûre.

Nos connaissances sur la structure des raies, par exemple, n'étaient pas encore assez complètes, ni assez certaines. Il n'existait également aucune possibilité d'obtenir un mononuclide en quantité notable susceptible d'être utilisé comme source des radiations.

Mais maintenant le développement des connaissances spectroscopiques paraît en quelque sorte achevé. En outre, on sait produire en quantité suffisante les mononuclides nécessaires à l'émission d'ondes lumineuses extrêmement monochromatiques. De plus, on peut réaliser des lampes de construction simple, capables de répondre aux exigences les plus sévères et dont on a toutes raisons de croire qu'elles dureront assez longtemps.

Avec les sources de lumière récentes, il est déjà possible de mesurer directement des intervalles de 1 000 000 longueurs d'onde. On peut penser que le développement futur des sources de lumière permettra d'atteindre en une seule étape des longueurs de 1 m. Pour des intervalles plus grands, la technique interférentielle dispose du procédé d'addition qui ne diffère pas en principe de celui de la technique des mesures à traits. C'est en effet, dans le cas des mesures à traits, la capacité limitée des machines à diviser et des comparateurs employés et, dans le cas des mesures interférentielles, la limitation de la longueur de cohérence, qui rendent indispensable le procédé d'addition.

L'adoption d'une longueur d'onde comme longueur fondamentale réunit toutes les propriétés favorables qui sont liées à la notion de constante naturelle, en particulier l'invariabilité, l'indestructibilité et, avant tout, l'omniprésence. Enfin, il faut ajouter l'avantage de la division interne extraordinairement fine et exacte que l'étalon longueur d'onde fournit par surcroît.

Il y a, d'autre part, avantage à caractériser la radiation fournissant la longueur d'onde primaire par les termes spectraux de la transition correspondante.

Néanmoins, dans le cas concret d'une source déterminée, on devrait spécifier l'exactitude avec laquelle peut être reproduite la valeur idéale, conforme à la définition, de la longueur d'onde.

Avec une telle réglementation, les générations à venir pourraient toujours utiliser une source de lumière qui corresponde à l'état de la technique de leur époque. Avec le développement des sources de lumière, le mètre pourrait être reproduit avec une exactitude toujours plus grande, mais sa valeur resterait inchangée. Les limites de la reproductibilité du mètre pourraient être évaluées chaque fois avec une exactitude suffisante d'après nos connaissances physiques sur les phénomènes qui s'accomplissent dans les lampes.

Ce serait l'un des rôles importants du Bureau International, à l'avenir, de développer, d'étudier et d'expérimenter ces types de lampes.

On signale cependant encore l'opportunité d'étudier les points suivants :

— Production de mononuclides pour l'excitation de radiations spectrales extrêmement monochromatiques.

— Possibilité de nouveaux développements dans le domaine de l'émission de lumières extrêmement monochromatiques et de la réalisation des sources lumineuses.

— Possibilité de réviser, sans difficultés, chaque fois qu'on le jugera opportun, une définition du mètre fondée sur une longueur d'onde pour la rattacher à la radiation la plus fine disponible.

A ce propos, il faut remarquer que des expériences très soignées ont été effectuées sur certaines raies des mononuclides  $^{198}_{80}\text{Hg}$ ,  $^{114}_{48}\text{Cd}$ ,  $^{84}_{34}\text{Kr}$ . Mais on ne peut pas décider immédiatement quelle raie spectrale particulière sera choisie, parce que les résultats expérimentaux ne sont pas suffisants pour que l'on soit certain du choix le meilleur. Un échange de lampes entre les différents Laboratoires et le Bureau International des Poids et Mesures serait grandement souhaitable.

Il paraît clair, d'après les points précédents, que la meilleure action pour le Comité Consultatif est de recommander que certaines décisions soient sanctionnées immédiatement, laissant pour une date ultérieure le choix d'une raie particulière. Si l'on suivait cette recommandation cela aurait une grande valeur pour hâter une nouvelle définition du mètre. Ajourner ces décisions ne mènerait à rien, pour la raison qu'il existe déjà suffisamment d'éléments d'information et qu'il ne reste plus à prendre que des décisions conventionnelles.

D'autre part, on ne saurait trop mettre en valeur l'intérêt d'un accord immédiat sur tout ce qui peut favoriser une nouvelle définition du mètre, excepté le choix d'une raie particulière, car on donnerait ainsi à la recherche l'orientation nécessaire pour franchir ce dernier pas. Les savants et les Laboratoires nationaux auraient alors une base de travail pour l'obtention des résultats nécessaires à l'établissement de la nouvelle définition.

En définitive, il ne semble pas que l'on puisse affirmer que le moment soit venu de procéder à une nouvelle définition du mètre basée sur une longueur d'onde lumineuse et, bien que l'emploi des sources de radiations à isotope unique (mononuclide) représente déjà un

progrès indiscutable, il faut reconnaître la nécessité du développement de nouvelles études; l'exhortation à ce développement de la recherche est venu de plusieurs côtés, soit dans le but de choisir les sources les plus convenables, soit pour la réalisation de meilleurs étalons à traits qui, même considérés comme des étalons secondaires, auront toujours un rôle important à remplir en métrologie de précision.

En conclusion de ses longues et profondes discussions, le Comité s'est trouvé d'accord sur le fait que l'étalon défini par une longueur d'onde lumineuse, tout en ne révélant pas encore toutes les qualités requises pour permettre son adoption définitive, se présente néanmoins dans des conditions plus favorables qu'en 1948, lors de la Neuvième Conférence Générale, pour être préféré comme étalon primaire.

Il semble que le point essentiel soit le manque de données suffisantes pour justifier le choix d'une raie spectrale comme étalon primaire.

Au contraire, un certain nombre d'autres spécifications nécessaires à la définition de l'étalon par une longueur d'onde lumineuse, pourraient être établies dès à présent.

Toutes ces discussions ont abouti au vote des propositions suivantes, adoptées à l'unanimité :

#### PROPOSITION I.

*Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, ayant entendu les rapports du Directeur du Bureau International des Poids et Mesures :*

*1° sur l'exactitude avec laquelle l'unité fondamentale de longueur du Système Métrique est actuellement conservée au moyen de l'étalon en platine iridié et*

2° sur la précision que permettent d'atteindre aujourd'hui les mesures à traits,

estime que le moment est venu d'envisager favorablement une nouvelle définition du mètre basée sur la longueur d'onde d'une radiation lumineuse, dans le but de conférer à l'unité fondamentale de longueur, à la fois une précision plus élevée et un caractère incontestable d'universalité et d'indestructibilité.

PROPOSITION II.

*Le Comité Consultatif considère que le mètre devrait être défini, lorsque le moment sera venu, par la longueur d'onde d'une radiation lumineuse se propageant dans le vide, le radiateur et l'observateur étant en repos relatif.*

*Cette radiation serait spécifiée par deux termes spectraux d'un atome dont le spectre soit dépourvu de structure hyperfine, et qui ne soit soumis à aucune influence perturbatrice.*

Une longue discussion s'ensuit afin de fixer, dès à présent, le plus grand nombre de conditions assurant la meilleure définition de la raie spectrale :

- élimination des influences perturbatrices (champs électrique, magnétique, etc.);
- élimination, soit des mouvements ordonnés des centres émetteurs par rapport à l'appareil récepteur, soit de leur mouvement statistique (effet Doppler);
- élimination du renversement des raies;
- symétrie des raies;
- conservation du patrimoine des données spectroscopiques de haute précision, déjà acquis.

L'examen de la façon de maintenir, soit la valeur actuelle du mètre, soit la longueur d'onde de la raie rouge du Cd, fait apparaître que l'on peut, pour passer du mètre actuel à la longueur d'onde que l'on choisira

comme étalon, se fonder sur la relation admise entre le mètre et la longueur d'onde de la radiation rouge du Cd, sans sortir du domaine d'incertitude du prototype du mètre. Ce passage fait, la raie du Cd ne jouera plus aucun rôle particulier, et l'unité Ångström n'aura plus de raison d'être.

Il faudra aussi passer de l'air normal au vide.

On considère acquis qu'un calcul fondé sur la formule d'Edlén, sanctionnée à Rome en 1952 par la Commission Mixte de Spectroscopie pour le passage des longueurs d'onde dans l'air normal à celles dans le vide (ou vice versa), donne la précision suffisante.

On reconnaît l'avantage de spécifier la valeur de la raie étalon dans le vide. Mais :

1° *a*) Réduira-t-on au moyen de cette formule, les valeurs des longueurs d'onde dans l'air aux valeurs dans le vide, ou :

*b*) Basera-t-on la valeur définitive à adopter sur des mesures de longueur d'onde faites dans le vide ?

2° Est-il souhaitable :

*a*) D'effectuer des déterminations directes de la longueur du mètre en fonction de plusieurs longueurs d'onde, comme cela fut fait par MICHELSON, ou :

*b*) De retenir comme exacte la longueur du mètre en fonction de la raie rouge du Cd dans l'air

$$\lambda_{\text{Cd rouge}} = 643,846\,96 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

(le nombre de 1 553 164,13 longueurs d'onde contenues dans 1 m doit être considéré comme dérivé du précédent, donc seulement approché), et de comparer spectroscopiquement les longueurs d'onde des autres radiations

sélectionnées avec la longueur d'onde de la raie du Cd?

Ces considérations conduisirent à adopter les propositions suivantes :

PROPOSITION III.

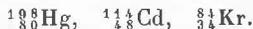
*En vue d'assurer à l'unité de longueur une continuité aussi parfaite que possible lors du passage à la définition envisagée, il est recommandé d'établir cette dernière en se servant comme intermédiaire de la valeur  $0,643\ 846\ 96 \cdot 10^{-6}$  m pour la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium, telle qu'elle a été spécifiée par la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures.*

*Pour ce passage, la réduction au vide des longueurs d'onde mesurées dans l'air devrait être effectuée par la formule de dispersion pour l'air normal adoptée à Rome en 1952 par la Commission Mixte de Spectroscopie.*

PROPOSITION IV.

*Pour ce qui concerne le choix de la radiation étalon qui présente les qualités métrologiques les meilleures ( finesse, symétrie et autres), le Comité Consultatif ne croit pas encore être suffisamment documenté pour émettre une proposition ferme. Il demande que les grands Laboratoires et le Bureau International poursuivent aussi activement que possible leurs travaux dans ce sens.*

En effet, malgré les travaux déjà effectués sur cette question, on doit constater que de nouvelles études sont nécessaires avant de donner une préférence marquée à l'un des mononuclides suivants, déjà employés :



Si ces études conduisent à choisir une radiation prototype de l'un de ces isotopes, il y aura le problème du passage de la valeur conventionnelle primaire de la radiation rouge du cadmium à celle de la radiation choisie. Mais on

pense que les méthodes interférométriques actuelles sont déjà suffisantes pour faire le passage avec assez de précision.

L'opinion générale du Comité Consultatif étant que la technique expérimentale d'aujourd'hui, appuyée sur des principes de physique bien établis, permet le passage à un mètre étalon primaire optique, la question du rôle futur du Bureau International des Poids et Mesures s'est posée.

Tous les Membres du Comité Consultatif sont d'accord pour considérer que, si une définition du mètre par un étalon naturel enlève au Bureau International son rôle de dépositaire de l'étalon prototype, elle doit amener à confier à cette Institution, en considération de sa position privilégiée justement gagnée dans le passé, toutes les opérations fondamentales de liaison entre les différents étalons de longueur d'onde qui pourraient être faites, et entre ces étalons et les étalons à traits. Nous avons déjà signalé que l'importance de ces derniers restera très grande, alors même qu'ils auront cessé d'être les étalons primaires.

Afin d'assurer au Bureau International des Poids et Mesures la possibilité d'accomplir ce rôle, le Comité Consultatif a adopté la proposition suivante :

PROPOSITION V.

*Dans l'éventualité où la définition du mètre serait changée, le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, ayant la conviction que la mission du Bureau International des Poids et Mesures doit rester fondamentale comme précédemment dans le domaine des mesures de longueur, recommande que ce dernier soit équipé des instruments les plus précis pour effectuer des mesures interférentielles dans le vide, pour réaliser dans les conditions les meilleures la liaison entre les*

*longueurs d'onde, les étalons à traits et les étalons à bouts, et continuer à remplir ainsi l'une des missions essentielles que lui a confiées la Convention du Mètre.*

Le Comité Consultatif a examiné la question de la date à laquelle la nouvelle définition du mètre par une longueur d'onde pourra être officiellement adoptée.

En considération des recherches que l'on a estimées encore nécessaires avant toute décision, recherches qui ne pourraient être accomplies à temps pour la prochaine Conférence Générale, mais qui pourraient mener à une conclusion bien avant 1960, la proposition suivante a été adoptée :

PROPOSITION VI.

*Le Comité Consultatif recommande que le Comité International demande à la Conférence Générale, qui doit se tenir en 1954, de lui conférer les pouvoirs nécessaires pour décider lui-même des modalités et de la date du changement sans avoir à attendre la Conférence Générale suivante.*

Un certain nombre de questions, qui n'ont pas paru assez mûres pour faire l'objet d'une discussion utile, ont été renvoyées à une prochaine session du Comité Consultatif.

ANNEXE M 4.

---

RAPPORT  
SUR LA DEFINITION DU MÈTRE

Par R. H. FIELD,  
Président du Comité Consultatif.

---

*a.* ÉTALONS NATURELS ET ÉTALONS ARBITRAIRES. — Pour l'établissement des étalons pour les unités de mesure, les physiciens ont toujours préféré des étalons que l'on peut trouver dans la nature. L'avantage de tels étalons est que l'on peut les reproduire à volonté dans tous les laboratoires bien équipés, en n'importe quel lieu de la Terre. Par contre, s'il faut se servir d'un étalon arbitraire pour représenter une unité, un tel étalon est sujet aux détériorations et ne peut exister qu'en un seul lieu. Cela entraîne des comparaisons avec plusieurs de ses copies, qui doivent être transportées d'un lieu à un autre en accomplissant des voyages souvent très longs.

Dans la pratique, on a toujours rencontré de graves difficultés en recherchant des étalons naturels. Il s'agit, en effet, de trouver des étalons que l'on puisse réaliser avec une précision au moins égale à celle que l'on peut atteindre dans les comparaisons entre les instruments pratiques représentant la même unité.

*b.* LE MÈTRE ÉTALON ARBITRAIRE. — Au début on a représenté le mètre comme un étalon naturel, soit la dix-millionième partie d'un quart de méridien terrestre. Mais, aux environs de 1790, puis de 1880, l'état de la technique des mesures était tel qu'il a été impossible de mesurer une longueur donnée en fonction de l'étalon naturel avec une précision du même ordre que celle que l'on obtenait dans la comparaison de deux règles métalliques

entre elles. Par conséquent on a toujours préféré adopter un étalon arbitraire, dont la valeur restait proche de celle de l'étalon naturel, mais qui était le seul prototype définissant l'unité de longueur. En d'autres termes, le mètre étalon arbitraire a permis aux mesures de longueur d'être exécutées avec un plus haut degré de précision que si elles étaient rapportées au mètre naturel.

*c. LE MÈTRE ÉTALON DE L'AVENIR ?* — La question s'est posée de savoir si l'avance rapide de la science et de la technique depuis 1889 a fortement changé la situation et si l'on peut, dans le cas du mètre, se servir actuellement d'un étalon naturel, avec tous ses avantages. Le mètre est, probablement, la plus fondamentale de toutes les unités employées dans la science et dans l'industrie et, par conséquent, les étalons d'usage qui le représentent sont utilisés dans le monde entier. Même dans les pays dits « inch using », le mètre est l'étalon pour toutes les mesures de longueur dans le domaine scientifique et dans la technique de précision. En outre, il entre dans toutes les mesures des grandeurs électriques de ces pays et il va devenir, probablement, la seule base pour la définition du yard.

*d. PERFECTIONNEMENT DES ÉTALONS MATÉRIELS.* — Il faut se rappeler que, en même temps que l'on a amélioré la précision avec laquelle les étalons naturels peuvent être utilisés, on a aussi perfectionné la construction et les méthodes de comparaison des étalons matériels. De plus, à l'heure actuelle, un étalon définissant une unité de longueur doit être un étalon pour les mesures de tous les types de longueurs. Il n'est pas avantageux d'avoir plus d'un étalon pour une seule et même unité.

*e. RAPPORT ENTRE LE MÈTRE INTERNATIONAL ET LES LONGUEURS D'ONDE LUMINEUSE.* — La définition actuelle du mètre fut sanctionnée par la Première Conférence Générale des Poids et Mesures en 1889. Elle donne une description du prototype à traits en platine iridié, **M**.

On dit qu'il y a environ 130 ans, lors de la recherche d'un étalon naturel de longueur, il a été suggéré que l'on pouvait se servir d'une longueur d'onde lumineuse. Il est bien connu que cette possibilité a commencé d'être réalisable après les expériences de Michelson et Benoît au Bureau International des Poids et Mesures, en 1893, dont on a tiré le premier rapport précis

entre le mètre et les longueurs d'onde de certaines radiations du cadmium. Des travaux plus récents, par exemple au Bureau International des Poids et Mesures, ainsi qu'en Allemagne, en Angleterre, au Japon et en U. R. S. S., ont confirmé les résultats de Michelson. Peters, aux États-Unis, a démontré la possibilité de tracer un étalon à traits en utilisant, comme référence, une longueur d'onde lumineuse.

Plus récemment, avec le développement des procédés pour la séparation des isotopes en quantités utilisables, des raies spectrales plus pures sont devenues disponibles. Ces sources, ainsi qu'il a été démontré expérimentalement, donnent des franges d'interférence pour des différences de marche plus grandes que celles qu'il était possible d'obtenir avec la radiation rouge du cadmium. Ainsi, l'étude des sources isotopiques est courante dans plusieurs laboratoires métrologiques mondiaux.

Conformément à l'opinion connue, on peut dire que les méthodes d'intercomparaison des étalons à traits, des étalons à bouts et des longueurs d'onde lumineuse permettent d'atteindre une exactitude qui n'est limitée, actuellement, que par la précision avec laquelle on peut comparer entre eux les prototypes en platine iridié. Tout en reconnaissant que l'emploi de la technique la plus moderne permet d'envisager la construction de prototypes à traits d'une précision plus élevée que les prototypes actuels, on peut, en même temps, considérer que les développements ultérieurs vont aussi accroître la précision avec laquelle on utilise les longueurs d'onde lumineuse pour la mesure des longueurs. Il faut souligner aussi que, si le Mètre prototype international, **M**, était remplacé par un autre étalon à traits d'une précision plus élevée, cela équivaldrait à créer une discontinuité analogue à celle qui résulterait du remplacement de **M** par une longueur d'onde lumineuse.

*f.* LONGUEURS D'ONDE LUMINEUSE ÉTALONS. — Se basant sur les travaux de Michelson et de ses successeurs, l'Union Astronomique Internationale adoptait en 1907 la radiation rouge du cadmium comme étalon de référence pour les longueurs d'onde.

En 1927, la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures a sanctionné un rapport entre le mètre et cette même longueur d'onde.

La Huitième Conférence Générale, en 1933, a recommandé l'étude de la définition du mètre en fonction d'une longueur d'onde lumineuse.

En 1948, la question était encore posée à la Neuvième Conférence Générale et cette Conférence a suggéré que les études soient continuées afin qu'une nouvelle définition, fondée sur un étalon naturel, puisse être élaborée. Le texte de la résolution adoptée en 1948 est le suivant :

La Conférence Générale des Poids et Mesures

« ayant pris connaissance des possibilités nouvelles offertes par les raies spectrales des éléments à isotope unique, qui réunissent au plus haut point les qualités requises pour constituer les longueurs d'onde étalons ;

« rend hommage aux savants dont les travaux ont abouti à la réalisation de quantités appréciables de ces éléments ;

« reconnaît dans ces raies la possibilité de retrouver pour l'unité de longueur une base naturelle qui aurait une très haute précision ;

« invite les grands Laboratoires et le Bureau International à poursuivre l'étude de ces raies, dans le but d'établir éventuellement une nouvelle définition du mètre fondée sur la longueur d'onde d'une raie choisie, émise dans des conditions spécifiées ».

Plus récemment, on a suggéré au Comité International que le meilleur moyen pour mettre à exécution cette résolution consisterait en l'établissement d'un quatrième Comité Consultatif, pour la définition du mètre. A sa réunion en 1952, le Comité adopta cette suggestion, et le nouveau Comité Consultatif fut constitué.

*g.* PROGRAMME DES TRAVAUX DU COMITÉ CONSULTATIF POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE. — Conformément au vœu de la Conférence Générale, la tâche du nouveau Comité Consultatif est la suivante :

1° Dès le début, décider s'il existe des raisons techniquement bien établies pour remplacer le Mètre prototype actuel, **M**, par un nouvel étalon, probablement une longueur d'onde lumineuse. Avant de prendre une décision, chaque Membre du Comité Consultatif pourrait communiquer quels renseignements expérimentaux additionnels sont indispensables.

2° Examiner les effets d'un tel changement, spécialement dans la science et dans l'industrie.

3° Si, après un examen très approfondi, on a pris la décision de recommander au Comité International la substitution d'une longueur d'onde à l'étalon matériel actuel, le Comité Consultatif

devra examiner avec soin le travail déjà effectué dans les laboratoires sur les diverses sources isotopiques convenables. Après cet examen, il faudra décider si les faits établis sont suffisants pour permettre de rédiger une définition pour le mètre qui en autorise la reproduction avec un haut degré d'exactitude dans tout laboratoire bien équipé. Une telle définition devra servir sans aucune modification importante pour 50 ans; en même temps, elle devra satisfaire tous les besoins de la science et de l'industrie.

4° Si, selon l'avis du Comité Consultatif, les données du problème ne sont pas suffisantes, on pourra organiser les recherches nécessaires dans les laboratoires les plus appropriés (les recherches importantes pourront avoir lieu dans deux ou plusieurs laboratoires indépendants).

Dans ce cas, il faut considérer la possibilité de recommander au Comité International qu'il demande à la Dixième Conférence Générale, projetée pour 1954, de lui donner les pouvoirs nécessaires pour sanctionner la nouvelle définition aussitôt qu'elle pourra être formulée d'une façon satisfaisante. (Si cette procédure n'est pas suivie, il ne sera pas possible de sanctionner une nouvelle définition avant 1960, à la Onzième Conférence Générale.)

*h. QUELQUES CONDITIONS ESSENTIELLES POUR UNE NOUVELLE DÉFINITION DU MÈTRE.* — 1° La définition doit être complète et détaillée afin que chaque laboratoire puisse, en la suivant, reproduire l'étalon avec la plus haute précision expérimentale.

2° La définition ne doit pas changer les valeurs actuelles acceptées pour les prototypes internationaux, d'une quantité supérieure à la limite de précision des comparaisons entre prototypes.

3° La définition ne doit pas changer la valeur en mètre de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, sanctionnée par la Septième Conférence Générale, d'une quantité dépassant l'erreur expérimentale dans la mesure de cette longueur d'onde dans un laboratoire. Cette raie spectrale est couramment utilisée comme étalon en spectroscopie et en métrologie, et il faut garder sa valeur actuelle.

(Les spécifications 2° et 3° ne sont pas indépendantes, mais il est bon de les avoir toutes deux présentes à l'esprit.)

ANNEXE M 2

---

LETTRE  
DE J. CABANNES

---

Paris, le 21 janvier 1953.

Cher Professeur FIELD,

Comme vous me l'écrivez, le Comité Consultatif a bien été formé pour étudier une définition du mètre à partir d'une longueur d'onde reconnue internationalement.

La règle de platine iridié **M**, qui sert actuellement d'étalon (sous le nom de Mètre international), n'a pas une longueur bien définie parce qu'à l'époque où fut construit cet étalon on ne savait pas tracer des traits aussi parfaits qu'on le ferait aujourd'hui. Si l'on veut profiter des progrès de la technique depuis 1889, il faut donc abandonner cet étalon déjà ancien.

Il y a d'ailleurs intérêt, comme vous le faites remarquer, à revenir à un étalon naturel qui soit très bien défini et auquel on puisse facilement comparer les longueurs à mesurer.

Les longueurs d'onde des radiations lumineuses se prêtent bien à de telles mesures, mais le choix de la longueur d'onde exige une raie très fine et dépourvue de satellites.

1° Puisque la largeur de la raie est proportionnelle à  $\sqrt{\frac{T}{A}}$  (T, température absolue; A, masse atomique), il faut choisir comme source de lumière un atome lourd très refroidi. Le krypton (qu'on peut avoir à l'état gazeux à très basse température) et le mercure (qui possède une grande masse atomique) conviennent bien, semble-t-il, puisqu'on sait séparer les différents isotopes de ces deux éléments. On arrive avec l'un ou l'autre à des finesse de raie comparables. Une étude plus serrée du problème nous permettrait de choisir entre les deux solutions. Il faudrait voir quelle est

la source la plus facile à mettre en œuvre et la mieux reproductible. Un inconvénient de la vapeur de mercure serait la nécessité de la mélanger à un gaz étranger pour amorcer la décharge.

2° Lorsqu'on aura choisi l'étalon de longueur d'onde, il faudra le comparer à une règle dont la longueur se rapprochera autant que possible de celle du Mètre international du Pavillon de Breteuil, mais limitée par des traits mieux tracés que les traits de ce dernier. Cette comparaison serait ramenée, comme celle du Mètre actuel, à la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.

.....

---

ANNEXE M 3.

---

EXTRAIT  
D'UNE LETTRE DE B. EDLÉN

(Traduction.)

---

Lund, le 14 février 1953.

.....  
A propos des sujets à inscrire à l'Ordre du Jour, il me semble que les questions importantes ont été englobées dans les deux circulaires que j'ai reçues, l'une du 22 décembre 1952, venant de vous, l'autre du 30 janvier 1953, du National Bureau of Standards. Peut-être pourrait-on examiner aussi *la réduction aux conditions normales des longueurs d'onde mesurées dans des conditions quelconques*. Bien qu'il ne soit pas directement inclus dans la question principale, ce problème est de quelque importance pratique, d'autant plus que la grande majorité des mesures, faites à l'aide de l'étalon qui est à définir maintenant, seront très probablement exécutées dans un air non conditionné.  
.....

---

## ANNEXE M 4.

---

# REMARQUES SUR LE PROGRAMME DE TRAVAIL DU COMITÉ CONSULTATIF POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

par J. STULLA-GÖTZ

---

1<sup>o</sup> L'adoption d'une nouvelle définition du mètre, fondée sur une longueur d'onde lumineuse, exige le changement d'une Résolution fondamentale votée par la Conférence Générale des Poids et Mesures de 1889. Or, la Conférence ne devrait modifier une Résolution antérieure qu'après mûres réflexions. Il ne faut donc pas se laisser presser par l'échéance de 1954.

2<sup>o</sup> La précision des mesures sur les étalons à traits a fait des progrès considérables pendant ces dernières années et l'avance prise par les étalons à bouts a été rattrapée d'une manière très sensible. Nous faisons ici allusion aux nouveaux tracés exécutés sur certains prototypes [1], au comparateur du Bureau International des Poids et Mesures amélioré par M. Volet [1], aux procédés photoélectriques de la Société Genevoise d'Instruments de Physique [2].

Les neuf déterminations du mètre en longueurs d'onde lumineuse [3], ayant donné des résultats s'écartant les uns des autres de quelques dixièmes de micron, ont toutes été faites à l'aide de prototypes munis de traits ne correspondant plus aux exigences modernes et à l'aide de comparateurs non équipés de microscopes à retournement. C'est par hasard que la moyenne de toutes ces mesures, sans égard à la précision ou au poids de chacune d'elles, donne presque la même valeur pour la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium que celle admise par la Conférence Générale des Poids et Mesures.

En tout cas, on a le droit d'estimer qu'il est nécessaire de répéter ces mesures en employant des étalons bien tracés, ainsi

que des appareils et des méthodes exempts d'erreurs systématiques.

3° La longueur qui serait attribuée au Mètre par une nouvelle définition devrait être, autant que possible, la même que celle qui est fixée actuellement.

4° Des considérations 1° à 3° résulte la suggestion suivante :

Les grands Laboratoires nationaux et le Bureau International des Poids et Mesures se procurent des « Étalons à bouts et à traits », imaginés et construits par W. Kösters, c'est-à-dire des Mètres à bouts pourvus de deux traits, susceptibles d'être vérifiés par les longueurs d'onde d'une manière simple [4].

Chacun de ces Laboratoires détermine son « Étalon à bouts et à traits », en longueurs d'onde des radiations des isotopes du mercure ainsi que du krypton. Le Comité International des Poids et Mesures spécifie le mode d'utilisation des lampes.

Chaque Laboratoire compare son « Étalon à bouts et à traits » avec son Mètre national.

La tâche du Bureau International des Poids et Mesures serait alors de comparer au comparateur amélioré les « Étalons nationaux à bouts et à traits », les uns avec les autres, et en outre avec un « Étalon international à bouts et à traits »; du même genre, déposé au Bureau International des Poids et Mesures, ainsi qu'avec les Mètres prototypes d'usage, nouvellement tracés, du Bureau International. Une valeur moyenne serait attribuée à l'« Étalon international ».

On répéterait plusieurs fois ces mesures, qui permettraient de déduire :

a. pour quelles radiations les mesures nationales s'accordent le mieux ;

b. quelle longueur d'onde convient le mieux pour la nouvelle définition du mètre ;

c. par quel nombre de longueurs d'onde on doit définir à l'avenir le mètre pour que le changement de l'unité de longueur soit le plus petit possible.

Ce n'est qu'après avoir pris connaissance de ces résultats que la Conférence Générale des Poids et Mesures devrait détrôner le Mètre international en platine iridié pour le remplacer par un étalon naturel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. PÉRARD et CH. VOLET, *Les Mètres prototypes du Bureau International (Travaux et Mémoires, t. 21, 1952)*.
  - [2] CH. VOLET, *La conservation des unités du Système Métrique (Nuovo Cimento, t. 9, vol. VIII, 1951, suppl. p. 27)*.  
H. MOREAU, *Un microscope micrométrique photoélectrique (Mesures et Contrôle Industriel, t. 16, 1951, n° 165, p. 51)*.
  - [3] A discussion on units and standards : H. BARRELL, *The standards of length in wavelengths of light (Proc. Roy. Soc., A, t. 186, 1946, n° 1005, p. 168)*.
  - [4] W. KÖSTERS, *Comptes rendus des Séances de la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures, 1948, Annexe III, p. 82. V. D. I.-Zeitschrift, t. 87, 1943, p. 524, fig. 8.*
-

NOTES PRÉSENTÉES  
PAR Y. VÄISÄLÄ

(Traduction).

A. SUR L'ÉTALON DE LONGUEUR. — 1. Notre unité de longueur a été définie à l'origine par le Mètre en platine iridié.

2. La longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium a été déterminée dans l'air normal, et cela avec une exactitude égale à celle avec laquelle le Mètre (du paragraphe 1) est pratiquement défini. Comme on le sait, on a décidé de ne plus jamais changer la valeur de la radiation rouge du cadmium ( $\lambda = 0,643\,846\,96\,\mu$ ).

3. Un autre pas en avant serait de déterminer aussi exactement que possible la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium *dans le vide* (d'après le paragraphe 2), de sanctionner la valeur obtenue, et de l'utiliser comme étalon de longueur.

4. D'autres raies de bonne qualité (Kr, Hg 198, etc.) seront rattachées aussi soigneusement que possible à la valeur de la radiation rouge du cadmium dans le vide, et si l'une de ces nouvelles radiations se montrait un étalon plus précis pour les mesures de longueur, on pourrait ainsi *sanctionner la longueur d'onde de cette radiation comme étalon de longueur encore plus parfait*.

Il va de soi qu'un nouvel étalon de longueur (particulièrement ceux des paragraphes 3 et 4) ne serait sanctionné définitivement qu'après qu'il aurait été rattaché à l'étalon ancien avec une précision telle qu'aucune contradiction ne puisse se présenter entre les deux définitions. *Pour la définition de la longueur d'onde, on doit préférer le vide.*

B. SUR DES MESURES DE LONGUEUR DE LA PLUS GRANDE EXACTITUDE. — Le problème de la mesure exacte de distances comprises entre

quelques centaines de mètres et plusieurs kilomètres se présente particulièrement en géodésie. La mesure des bases s'effectue jusqu'ici principalement à l'aide de fils d'invar qui permettent d'atteindre une exactitude d'environ  $10^{-6}$  en valeur relative. La principale difficulté dans l'emploi des fils d'invar réside dans leur étalonnage correct qui, à cause de leur instabilité, doit être effectué à une époque et en un lieu aussi rapprochés que possible de la mesure de la base.

En 1923, j'ai proposé d'utiliser les interférences lumineuses pour la mesure de grandes distances et montré par l'expérience que ceci devait être possible jusqu'à quelques centaines de mètres, peut-être même jusqu'à 1 km. En quelques années, l'appareil de mesure a été construit et des mesures réelles ont été effectuées sur une base expérimentale longue de 192 m au voisinage de l'Observatoire de Turku. On a atteint dans ces mesures une exactitude relative d'environ  $10^{-7}$ , ainsi que je l'avais prévu dans ma première publication. Sous ma direction, quelques élèves ont étendu ces mesures jusqu'à 384 m et en 1947 la base expérimentale de l'Institut Géodésique Finlandais à Nummela, d'une longueur de 864 m, a été mesurée par Kukkamäki et Honkasalo, en utilisant ma méthode interférentielle, avec une erreur moyenne de  $\pm 0,04$  mm. Les appareils interférentiels que j'ai construits sont en usage dans plusieurs Instituts scientifiques. Leur principal domaine d'utilisation est la détermination de la longueur de fils d'invar (24, 25 et 50 m). Le Congrès Géodésique de Bruxelles en 1951 a recommandé de construire des bases géodésiques étalons d'une longueur de quelques centaines de mètres dans différents pays et de les mesurer par la méthode interférentielle.

Dans ma méthode interférentielle, la mesure est effectuée au moyen d'un procédé de multiplication utilisant de la lumière blanche. On pourrait bien choisir la première distance assez courte pour qu'elle pût être mesurée directement en longueurs d'onde, mais pour les mesures sur le terrain, je préfère de beaucoup partir d'un étalon matériel et déterminer sa longueur au laboratoire dans des conditions favorables.

Comme étalons de départ, on a utilisé le plus souvent depuis 1927 des étalons à bouts de 1 m en quartz fondu (tubes de quartz fondu munis d'extrémités en silice transparente ou barres de silice transparente), dont les extrémités sont convexes ou planes.

Ces Mètres en quartz, dont la dilatabilité thermique est environ  $0,4 \mu/\text{degré}$ , ont été comparés les uns aux autres au laboratoire au moyen d'un comparateur interférentiel spécial. Dès les premières comparaisons de 1929 avec un appareil provisoire, au quatrième étage du bâtiment de l'Université de Turku, on a atteint une exactitude de  $\pm 0,02 \mu$ . Actuellement, nous avons en construction un nouveau comparateur dans le laboratoire souterrain de Tuorla, à environ 12 km à l'est de Turku. Les premières mesures d'essai font prévoir que l'on pourra effectuer la comparaison des étalons à bouts assez rapidement avec une exactitude d'environ  $\pm 0,01 \mu$ .

La variation des Mètres en quartz, d'après notre expérience de 25 années, paraît en général assez petite (nous allons comparer entre eux, dans le nouveau laboratoire, un nombre aussi grand que possible des quelques 20 Mètres en quartz que nous avons construits); d'autre part, la comparaison des Mètres en quartz peut s'effectuer avec une exactitude relative d'environ  $10^{-8}$ ; il en résulte que les Mètres en quartz (tout au moins pour des durées assez courtes) constituent un système d'étalons de longueur dont l'exactitude interne est plus grande que celle des anciens Mètres en platine iridié. Grâce à l'introduction de certaines améliorations dans ma méthode de mesure des grandes distances, il ne devrait pas être impossible de mesurer, avec ce système de Mètres en quartz, des longueurs atteignant environ 1 km avec une exactitude relative de  $\pm 2 \cdot 10^{-8}$  ou  $\pm 3 \cdot 10^{-8}$ .

On pourrait rattacher à ce système de Mètres en quartz des étalons en quartz de longueurs différentes (nous en avons construit qui atteignent une longueur de 3 m et nous avons aussi en construction une nouvelle série d'étalons plus courts, inférieurs à 1 m). L'équation de dilatation et le coefficient de compressibilité des Mètres en quartz ont été déterminés autrefois par Kukkamäki, mais nous avons l'intention de répéter des mesures semblables au Laboratoire de Tuorla.

Si l'on réussit à effectuer des mesures absolues de longueur en longueurs d'onde avec une exactitude relative qui serait par exemple  $\pm 2 \cdot 10^{-8}$ , on pourra déterminer avec la même exactitude les longueurs dans notre système de Mètres en quartz, et nous aurons la possibilité de mesurer des longueurs atteignant environ 1 km (et davantage par addition) avec une exactitude voisine de celle que nous venons d'indiquer. Nous avons inclus également dans notre

programme de travail l'exécution de mesures absolues de longueur, en particulier la détermination des longueurs dans notre système de Mètres en quartz. Notre intention est d'effectuer ces mesures dans l'air et de déterminer séparément, au moyen d'un appareil spécial, l'indice de réfraction de l'air au voisinage immédiat de l'appareil servant aux mesures absolues. Pour ce travail, nous avons besoin de la longueur d'onde de la source de lumière (Cd, Hg, etc.) *dans le vide*. Les mesures de température et de pression barométrique ne servent que pour le calcul de petites corrections différentielles et pour la réduction des étalons en quartz aux conditions normales.

(19 mai 1953.)

#### BIBLIOGRAPHIE.

- Y. VÄISÄLÄ, *Die Anwendung der Lichtinterferenz zu Längenmessungen auf grösseren Distanzen* (Veröff. Finn. Geod. Inst., n° 2, Helsinki, 1923).
- Y. VÄISÄLÄ, *Über die Längenmessung mit Hilfe der Lichtinterferenz* (Z. Instrk., t. 47, 1927, p. 398).
- Y. VÄISÄLÄ, *Anwendung der Lichtinterferenz bei Basismessungen* (Veröff. Phys. Lab. Univ. Turku, n° 1, Helsinki, 1930).
- T. J. KUKKAMAKI, *Untersuchungen über die Meterendmasse aus geschmolzenem Quarz nach lichtinterferometrischen Methoden* (Veröff. Phys. Lab. Univ. Turku, n° 2, Turku, 1933).
- TAUNO HONKASALO, *Measuring of the 864 m-Long Nummela Standard Base Line with the Väisälä Light Interference Comparator and some Investigations into Invar Wires* (Veröff. Finn. Geod. Inst., n° 37, Helsinki, 1950).
- L. OTERMA, *Medición de largas distancias pro medio de interferencias de la luz* (VRANIA, n° 228, Tarragona, 1951. Rapport de mise au point).
-

## ANNEXE M 6.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne).

---

### CONSIDÉRATIONS SUR LE CHANGEMENT DE LA DÉFINITION DU MÈTRE

par E. ENGELHARD.

(Traduction.)

---

#### 1. ATTITUDE DE PRINCIPE VIS-A-VIS DE LA QUESTION DE LA DÉFINITION DU MÈTRE.

1.1. Partant du Mètre prototype international à traits, on a déduit les longueurs d'onde par l'intermédiaire d'étalons à bouts. En toute rigueur règne actuellement l'ordre de préséance suivant : étalon à traits  $\rightarrow$  étalon à bouts  $\rightarrow$  longueur d'onde. La question est maintenant de savoir si l'ordre de préséance d'aujourd'hui doit être maintenu, ou s'il doit être inversé dans un proche avenir : longueur d'onde  $\rightarrow$  étalon à bouts  $\rightarrow$  étalon à traits.

1.2. Ce dernier ordre de préséance mérite sans aucun doute de recevoir la préférence sur celui d'aujourd'hui, si on le considère du point de vue de la science, de la théorie de la connaissance, et de la pédagogie, car au sommet se tiendrait une constante atomique bien définie par les fondements mêmes de la physique, donnée par la nature, et reproductible en tout temps, au lieu d'un corps relativement mal défini, que l'on a choisi arbitrairement sous la forme du Mètre prototype international à traits.

1.3. On doit se demander également si l'inversion de l'ordre de préséance en vigueur jusqu'ici est ou n'est pas convenable du point de vue de la métrologie pratique.

A ce sujet, on ne doit pas se laisser induire en erreur par des exemples d'autres définitions mal choisies faisant appel à de soi-disant unités naturelles, tel celui de la définition du mètre par le quadrant terrestre. Cette définition était mauvaise, d'abord parce que c'était une erreur de croire qu'il y eût entre le globe terrestre et un autre corps terrestre quelconque une différence essentielle, et ensuite parce que déduire le mètre du quadrant terrestre est beaucoup trop difficile et imprécis.

Un autre exemple d'une unité naturelle mal choisie est la définition du kilogramme par un décimètre cube d'eau. On aurait peut-être pu prévoir la difficulté que présenterait la reproduction de cette unité.

1.4. Des erreurs semblables seraient exclues pour de bonnes raisons si l'on définissait le mètre par une longueur d'onde.

Le rattachement de la longueur d'onde au Mètre prototype international à traits, effectué au Bureau International pour la première fois par Michelson il y a plus de 60 ans, a été répété depuis lors huit fois en cinq lieux différents et par quatre méthodes différentes. Les résultats de toutes les mesures sont en accord dans les limites de la définition du Mètre à traits. La relation entre la longueur d'onde et le mètre est aussi bien connue que le permet le Mètre prototype international à traits.

1.5. Les divers rattachements de la longueur d'onde au mètre prouvent excellemment que le Mètre prototype international à traits est heureusement d'une stabilité remarquable. Il n'est venu à l'idée de personne de douter de l'invariabilité des longueurs d'onde. L'accord de tous les rattachements de la longueur d'onde au mètre est en fait la seule preuve indubitable de la stabilité du Mètre prototype à traits. Cette circonstance à elle seule présente sous son jour véritable l'ordre de préséance réel du Mètre prototype à traits et de la longueur d'onde.

1.6. La technique de mesure par les longueurs d'onde, ou technique interférentielle, s'est développée à tel point que l'on peut aujourd'hui, grâce à elle, effectuer non seulement dans les

laboratoires d'État, mais aussi dans l'industrie, des mesures courantes de longueur d'une précision inégalée jusqu'ici.

1.7. Il ne faut donc nullement s'attendre, comme on l'a supposé, à ce que l'on retourne plus tard de la définition du mètre par une longueur d'onde à la définition par un prototype.

Il va de soi qu'il sera toujours nécessaire ou utile, même dans la technique interférentielle, de disposer d'étalons, car toutes les mesures de longueur ne se prêtent pas à une évaluation directe par les ondes lumineuses. Ce qu'il y aurait de nouveau dans la technique interférentielle, c'est que les étalons de longueur à bouts ou à traits pourraient en principe être contrôlés par les ondes lumineuses avec rapidité et une grande exactitude à une époque quelconque et en tous lieux.

Aussi longtemps que l'unité de longueur est définie par un prototype, il n'existe en principe aucune garantie de son invariabilité. La preuve de variations n'est qu'une question d'exactitude de mesure. L'expérience acquise, lors de la comparaison générale des prototypes en 1920-1922, est significative (1).

1.8. En même temps que se développait la technique interférentielle, des progrès remarquables ont été faits dans la production de lumières extrêmement monochromatiques. Lorsque, il y a de cela plus de 100 ans, l'idée d'une définition de l'unité de longueur par une longueur d'onde a été exprimée pour la première fois, nos connaissances scientifiques n'étaient pas assez développées. A cette époque, par exemple, on ne connaissait pas encore la structure en doublet de la raie D du sodium. Même en 1927, lorsque la Septième Conférence Générale des Poids et Mesures a débattu pour la première fois sérieusement la proposition d'une telle définition, le problème n'était pas encore mûr. Nos connaissances sur la structure des raies, par exemple, n'étaient pas encore assez complètes, ni assez certaines. Il n'existait également aucune possibilité d'obtenir des isotopes purs en quantité notable.

Mais maintenant, le développement des connaissances spectroscopiques paraît en quelque sorte achevé et les lois des spectres ont été étudiées jusque dans leurs moindres détails. En

---

(1) CH.-ÉD. GUILLAUME, *La Création du Bureau International des Poids et Mesures et son Œuvre*, Gauthier-Villars, Paris, 1927.

outre, on sait produire d'une façon courante et en quantité suffisante les isotopes nécessaires à l'excitation d'ondes lumineuses extrêmement monochromatiques, et l'on sait réaliser des lampes de construction très simple, susceptibles de répondre aux exigences les plus sévères, probablement pour très longtemps.

1.9. Les radiations émises par ces dernières lampes permettent de réaliser une échelle de longueur d'une finesse extrême et d'une exactitude absolue. Pour ces radiations, la linéarité théorique de la progression de l'ordre d'interférence a été vérifiée plusieurs fois et ne peut plus être sérieusement mise en doute.

1.10. Avec les sources de lumière récentes, il est déjà possible de mesurer directement des intervalles de 1 000 000 longueurs d'onde. Vraisemblablement seront développées à l'avenir des sources de lumière avec lesquelles il serait possible d'atteindre en une seule étape des longueurs de 1 m. Pour des intervalles plus grands, la technique interférentielle dispose du procédé d'addition qui ne diffère pas en principe de celui de la technique des mesures à traits. Dans la technique des mesures à traits, c'est la capacité limitée des machines à diviser et des comparateurs utilisables, dans la technique interférentielle c'est la limitation de la longueur de cohérence qui, dans l'un et l'autre cas, rendent indispensable le procédé d'addition.

1.11. Dans la technique interférentielle, on dispose en outre du procédé de multiplication, qui n'a pas de parallèle dans la technique des mesures à traits. Avec ce procédé, on a déjà mesuré des intervalles d'environ 1 000 m (1).

1.12. Des méthodes pour rattacher le Mètre à traits aux longueurs d'onde existent, ce sont celles qui ont été développées en vue de résoudre le problème inverse consistant à rattacher la longueur d'onde au Mètre prototype à traits. Il serait par exemple, en principe, possible au Bureau International de déterminer le Mètre international à traits en fonction des longueurs d'onde avec une exactitude qui, pour l'instant, ne serait limitée que par l'imperfection du Mètre prototype international à traits. Tout laboratoire d'État qui ne pourrait pas ou ne voudrait pas faire

---

(1) *Veröff. Finn. Geod. Inst.*, n° 37, Helsinki, 1950.

usage de la technique interférentielle aurait toujours la possibilité, au cas d'une définition future du mètre par une longueur d'onde, de faire comparer au Bureau International son Mètre prototype à traits au Mètre prototype international à traits (contrôlé par les longueurs d'onde). Ainsi pourrait-on réaliser tout au plus un gain d'exactitude.

1.13. Tous les procédés élémentaires pour rattacher des étalons à traits aux longueurs d'onde ont déjà été développés par Michelson depuis plus de 60 ans. Si l'on avait suivi la voie indiquée par Michelson, la technique des mesures de longueur posséderait vraisemblablement depuis longtemps des machines à diviser interférentielles ou des comparateurs interférentiels d'une précision analogue à celle qu'espère atteindre maintenant la Société Genevoise par la méthode photoélectrique. Néanmoins, il y a plus de 20 ans que la firme Karl Zeiss, à Jéna, a fabriqué et contrôlé des étalons à traits particulièrement exacts d'après les principes utilisés par Michelson (1).

1.14. On ne peut cependant pas douter que la technique des mesures à traits ait été améliorée sensiblement dans les dernières années et qu'elle soit encore susceptible d'améliorations, par exemple grâce à l'utilisation de la méthode photoélectrique de la Société Genevoise. Mais on ne doit pas perdre de vue que le comparateur photoélectrique et la machine à diviser photoélectrique n'ont pas encore franchi le stade du modèle d'étude et ne sont pas encore introduits dans les laboratoires industriels. On ne peut donc pas encore, pour le moment, porter un jugement définitif sur le nouveau procédé photoélectrique de mesure.

Mais, d'autre part, l'exactitude de la technique des mesures interférentielles augmentera encore certainement. Avec la lampe à krypton 84, on pourrait déjà reproduire en principe le mètre avec une exactitude relative approchant  $10^{-9}$  aussitôt que serait donné à la technique de mesure un fondement solide, grâce à une définition appropriée de la longueur d'onde.

1.15. Même si l'exactitude de la technique des mesures à traits atteignait celle de la technique interférentielle, il resterait

---

(1) K. RÄNTSCH, *Über ein Gerät zur interferentiellen Prüfung von Strichmassstäben* (*Optik*, Vol. 4, 1948-1949, p. 283).

encore en faveur de la longueur d'onde une série d'avantages remarquables et bien connus, qui établiraient d'une façon éminente sa supériorité sur le Mètre prototype à traits. La plupart de ces avantages sont étroitement liés à la notion d'une constante naturelle : invariabilité, indestructibilité, indépendance de la température et de la pression et avant tout omniprésence. Ces avantages à eux seuls seraient de nature à provoquer une véritable et bien-faisante révolution dans la métrologie. Enfin, il faut ajouter l'avantage de la division interne extraordinairement fine et exacte que l'étalon longueur d'onde fournit par surcroît.

1.16. Pour la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, il n'existe aucun doute, d'après les considérations précédentes, que le problème de la définition du mètre par une longueur d'onde est maintenant mûr pour une décision immédiate. La P. T. B. soutiendra en conséquence au Comité Consultatif toute proposition de nature à progresser vers l'objectif d'une définition immuable du mètre par le moyen d'une longueur d'onde.

Mais la P. T. B. ne voit, dans la proposition tendant à rattacher à nouveau les longueurs d'onde à des prototypes améliorés et à des étalons mixtes à bouts et à traits, aucun progrès vers le but final de la définition du mètre au moyen d'une longueur d'onde. Une telle procédure ne pourrait avoir comme conséquence que de repousser la décision définitive dans un avenir lointain et imprévisible. En réalité, il ne s'agit pas non plus d'établir la valeur de la longueur d'onde qui soit incontestablement la plus exacte, mais la valeur la plus convenable pour que soit évitée toute discontinuité notable.

1.17. Dans le chapitre 2 seront formulées quelques propositions que la P. T. B. considère comme contenant les fondements indispensables pour une redéfinition éventuelle du mètre.

## 2. ÉLÉMENTS FONDAMENTAUX POUR UNE FUTURE DÉFINITION DU MÈTRE PAR UNE LONGUEUR D'ONDE.

2.1. Définition du mètre par une constante naturelle véritable sous les conditions suivantes :

2.1.1. Définition du mètre par une longueur d'onde dans le vide.

La définition du mètre ne devrait sous aucun prétexte être

alourdie par les incertitudes de la détermination de la température, de la pression et de l'humidité de l'air. L'objection que la plupart des mesures devraient être faites dans l'air ne pourrait être retenue, car il existe une méthode simple pour éliminer la réfraction de l'air.

2.1.2. Définition, pour l'établissement du mètre, d'une longueur d'onde dans le vide d'après les termes spectraux correspondants.

Les longueurs d'onde ne devraient pas être définies par la spécification d'une source de lumière particulière, sinon la définition du mètre ne reposerait pas sur une constante naturelle véritable, mais sur une certaine lampe qui, au bout de peu de temps, serait démodée, comme l'est aujourd'hui la lampe de Michelson.

Une constante naturelle véritable serait la différence  $\Delta E$  de deux états énergétiques d'un atome (en repos par rapport à l'observateur et soumis pratiquement à aucun autre champ que celui de gravitation).

Le nombre d'ondes par mètre qu'il faut définir est

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\Delta E}{hc} \quad [m^{-1}].$$

Cette équation ne contient, en dehors de  $\Delta E$ , que les constantes universelles  $h$  (constante d'action de Planck) et  $c$  (vitesse de la lumière). La constante atomique  $\Delta E$  est caractérisée sans ambiguïté par la désignation des termes, comme on le fait en spectroscopie.

Une définition du mètre dans ce sens pourrait s'énoncer par exemple :

Un mètre est égal à 1 769 557,870 longueurs d'onde dans le vide de la radiation jaune-vert de l'isotope 84 du krypton, caractérisée par les termes  $1^3P_0 - 3^3D_1$ .

Néanmoins, on devrait spécifier une source déterminée, en donnant l'exactitude avec laquelle peut être reproduite, dans les conditions d'alimentation indiquées, la valeur idéale de la longueur d'onde, conforme à la définition.

Avec une telle réglementation, les générations à venir pourraient toujours utiliser une source de lumière qui corresponde à l'état de la technique de leur époque. Avec le progrès du dévelop-

pement des sources de lumière, le mètre pourrait être reproduit avec une exactitude toujours plus grande, mais sa valeur resterait inchangée; l'incertitude de cette reproduction du mètre pourrait être évaluée chaque fois avec une exactitude suffisante d'après nos connaissances physiques sur les phénomènes qui s'accomplissent dans les lampes.

Ce serait l'un des rôles importants du Bureau International, à l'avenir, de développer, d'étudier et d'expérimenter des types de lampes.

2.2. Définition du mètre par une longueur d'onde, selon 2.1, fondée sur un atome de nombre de masse pair et de nombre atomique pair (nombre de masse divisible par quatre). Comme fondement pour une définition par une longueur d'onde il ne pourrait être question que d'un atome dont le nombre de masse et le nombre atomique soient pairs. Seuls les atomes de cette sorte ont un spin  $\frac{h}{2\pi}$  nul.

2.3 Rattachement de la nouvelle définition du mètre à la radiation rouge du cadmium dans l'air afin d'éviter des discontinuités. \*

2.3.1. Réduction de la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium dans l'air, à la longueur d'onde dans le vide, en utilisant la formule de dispersion acceptée internationalement pour l'indice de l'air, ou une autre formule de dispersion, au cas où cette dernière serait considérée comme meilleure.

2.3.2. Rattachement de la longueur d'onde dans le vide de la radiation qui serait prise pour base de la définition future du mètre, à la longueur d'onde dans le vide de la radiation rouge du cadmium (2.3.1), soit par des mesures comparatives, soit par un calcul utilisant le principe de combinaison (selon la proposition du N. B. S., cf. Annexe M 9, point 5).

On dispose déjà de toutes les observations indispensables pour l'établissement d'une définition future par une longueur d'onde. Les décisions nécessaires pourraient être prises immédiatement.

### 3. PROPOSITIONS POUR UNE DISCUSSION GÉNÉRALE.

3.1. La P. T. B. considère que les « Questions suggérées pour la discussion par le Comité Consultatif pour la Définition du

Mètre » proposées par le N. P. L., Angleterre, en décembre 1952 (cf. Annexe M 10) constituent une base convenable pour une discussion générale. Le programme proposé par le N. P. L. éclaire le problème de la définition du mètre sous toutes ses faces.

La P. T. B. s'intéresse en particulier à la discussion des questions 2.6, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, et 4.4 du programme proposé par le N. P. L.

3.2. Sont proposés en outre les points suivants pour une discussion générale :

3.2.1. Production d'isotopes pour l'excitation des radiations spectrales extrêmement monochromatiques.

3.2.2. Possibilité de nouveaux développements dans le domaine de la production de lumières extrêmement monochromatiques et dans la réalisation des sources lumineuses.

3.2.3. Possibilité de réviser sans difficulté une définition du mètre fondée sur une longueur d'onde, chaque fois qu'on le jugera opportun, pour la rattacher à la radiation la plus fine disponible.

(Juin 1953.)

ANNEXE M 7.

National Research Council (Canada).

---

CONSIDÉRATIONS SUR LA TÂCHE  
DU COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

par K. M. BAIRD.

(Traduction.)

---

Les commentaires suivants sont exprimés dans le but de participer à l'échange préliminaire de points de vue suggéré par le Président du Comité Consultatif dans sa lettre en date du 14 janvier 1953.

**DISCUSSION GÉNÉRALE.** — 1. *a.* La considération essentielle dans le choix d'un étalon fondamental de longueur devrait être la précision avec laquelle il peut être reproduit et employé pour comparer diverses longueurs. Aussi, d'après ce critère, il apparaît actuellement évident que le meilleur étalon disponible serait la longueur d'onde d'une radiation visible émise par un isotope unique de masse atomique paire.

*b.* En vertu de la même considération, la longueur d'onde et la méthode d'excitation spécialement choisies devraient être celles qui seraient susceptibles d'être le moins affectées par les conditions d'observation. Par exemple, il serait souhaitable d'éliminer entièrement l'effet des variations atmosphériques en adoptant une longueur d'onde dans le vide; d'un autre côté, le problème du choix de la meilleure source et de la meilleure méthode d'excitation nécessitera une expérimentation ultérieure considérable, comme il est suggéré ci-après.

2. En définissant un nouvel étalon, il est important de maintenir autant que possible la continuité avec le mètre actuel. La manière la plus raisonnable d'y parvenir paraît être d'adopter, comme étant exacte, la valeur déjà acceptée pour la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium et d'ajouter des zéros aux chiffres décimaux significatifs, qui expriment cette longueur d'onde en fonction de la longueur du nouvel étalon (cela, je crois, est dans la ligne de la proposition de l'U. R. S. S. à la Neuvième Conférence Générale).

3. *a.* La commodité pour la pratique et pour les mesures commerciales devrait avoir seulement une importance secondaire dans le choix d'un nouvel étalon international. On peut dériver des étalons secondaires en vue des applications pratiques variées qui peuvent se présenter de temps à autre.

*b.* De même, on ne devrait pas attribuer trop d'importance aux difficultés actuelles du rattachement des étalons à bouts aux étalons à traits ou de ces derniers à une longueur d'onde étalon. Il est presque certain qu'on surmontera ces difficultés à l'aide de nouvelles techniques (comme, par exemple, la comparaison *directe* d'un étalon à traits à une longueur d'onde). De tels sujets et le choix de formules pour la réduction à des conditions normales méritent certainement d'être discutés, mais sans qu'ils puissent affecter sérieusement le choix de l'étalon fondamental de longueur.

SUJETS PROPOSÉS POUR L'ORDRE DU JOUR. — En conséquence des considérations exposées ci-dessus, il est suggéré que les sujets suivants soient étudiés lors de la première réunion du Comité Consultatif.

1. Discussion des arguments pour ou contre l'adoption d'une longueur d'onde lumineuse comme étalon de longueur. On souligne que cette discussion devrait être gouvernée par la considération donnée au paragraphe 1 ci-dessus et ne devrait pas être obscurcie par celles qui sont mentionnées au paragraphe 3 ci-dessus.

2. Si, comme il est extrêmement vraisemblable, les arguments sont en faveur d'une longueur d'onde, et, étant donné qu'on ne dispose pas du temps nécessaire avant la prochaine Conférence Générale pour rassembler des données suffisantes pour le choix

d'une longueur d'onde déterminée, on devrait préparer une résolution dans les termes suivants :

« Que le Comité International soit invité à recommander à la Dixième Conférence Générale le principe d'une définition du mètre basée sur une longueur d'onde lumineuse et que pouvoir soit donné au Comité International de sanctionner une telle définition dès qu'il en aura trouvé une qui soit satisfaisante. »

3. Discussion sur la meilleure manière de maintenir la continuité avec le mètre actuel, peut-être par la méthode mentionnée au paragraphe 2 de la « Discussion générale » ci-dessus.

4. Propositions concrètes quant aux expériences nécessaires pour rendre possible le choix de la meilleure longueur d'onde. Parmi les expériences les plus importantes qui viennent à l'esprit, on peut citer : la comparaison des avantages respectifs des radiations émises par les lampes actuelles à isotope unique ; la réalisation de lampes nouvelles ; la détermination de l'importance des variations de la longueur d'onde moyenne en fonction de la différence de marche, etc.

5. Considérations sur les mesures pratiques nécessitant des étalons secondaires, la connaissance des éléments de réduction aux conditions normales, l'exécution de comparaisons entre différents types d'étalons, etc.

---

ANNEXE M 8.

National Research Council (Canada).

---

PROPOSITIONS SOUMISES A L'ATTENTION

DU COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

par K. M. BAIRD.

(Traduction.)

---

Selon l'opinion du National Research Council, si l'on examine la question de la redéfinition du mètre, telle qu'elle a été discutée par les divers Membres du Comité Consultatif, les points importants suivants peuvent être dégagés.

1. On peut décider immédiatement de redéfinir le mètre en fonction d'une longueur d'onde lumineuse. Il est maintenant suffisamment prouvé qu'une telle définition serait à la fois la plus précise et la plus satisfaisante.

2. On peut prendre immédiatement une décision sur les principes de la nouvelle définition et sur la procédure à suivre pour la rattacher à celle du Mètre international actuel. Il ne manque pour cela qu'un accord sur quelques points conventionnels.

3. On ne peut pas décider immédiatement quelle raie spectrale particulière sera choisie, parce que les résultats expérimentaux ne sont pas suffisants pour que l'on soit certain du choix le meilleur.

Il paraît clair, d'après les points précédents, que la meilleure action pour le Comité Consultatif est de recommander que les décisions mentionnées en 1 et 2 ci-dessus soient sanctionnées immédiatement, laissant pour une date ultérieure le choix d'une raie particulière. Si l'on suivait cette recommandation, cela aurait une grande valeur pour hâter une redéfinition finale du mètre. Ajourner les deux premières décisions ne mènerait à rien, pour la raison qu'il existe déjà suffisamment d'éléments d'information et qu'il ne reste plus à prendre que des décisions conventionnelles. D'autre part, on ne saurait trop mettre en valeur l'intérêt d'un accord immédiat sur tout ce qui peut favoriser une redéfinition du mètre, excepté le choix d'une raie particulière, car on donnerait ainsi à la recherche l'orientation nécessaire pour franchir ce dernier pas. Les savants et les Laboratoires nationaux auraient alors une base de travail pour l'obtention des résultats nécessaires à l'établissement de la nouvelle définition.

En conséquence il est suggéré que le Comité International reçoive le conseil de soumettre à la Dixième Conférence Générale une résolution, selon les termes suivants :

« Dans l'état actuel de nos connaissances, une longueur peut être définie avec la meilleure précision et de la façon la plus satisfaisante par la longueur d'onde d'une radiation visible. La sanction d'une telle définition du mètre serait considérablement facilitée par l'adoption immédiate : *a.* des principes à suivre et *b.* de la procédure pour assurer la continuité avec le Mètre actuel.

Par conséquent la Conférence Générale adopte ce qui suit :

1. Le principe d'une redéfinition du mètre en fonction d'une longueur d'onde lumineuse dans le vide est accepté.
2. La longueur d'onde doit être spécifiée par la transition d'énergie correspondante dans des atomes d'un isotope unique, ayant une masse atomique paire, et au repos par rapport à l'observateur.
3. La longueur d'onde doit être reliée au prototype actuel du mètre de la façon suivante : la relation entre la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium et le mètre, sanctionnée par la Septième Conférence Générale, doit être conservée; la longueur d'onde

dans le vide de la raie rouge du cadmium doit être calculée en utilisant la formule de dispersion recommandée par la Commission Mixte de Spectroscopie (Rome, 1952); la nouvelle raie étalon devra être comparée dans le vide à la raie rouge du cadmium.

4. La longueur d'onde convenable devra être désignée aussitôt que des recherches suffisantes auront permis de décider avec une certitude raisonnable qu'elle est la meilleure. »

Le National Research Council pense que cette résolution fournit dès maintenant une action constructive qui va aussi loin que le justifient les résultats connus. Pour la pratique scientifique elle est équivalente à sanctionner la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium comme étalon intermédiaire ainsi que cela a été suggéré par l'U. R. S. S.; cependant elle évite l'inconvénient d'exiger des pays participants qu'ils changent la définition légale de leur unité de longueur, jusqu'à ce que l'on puisse choisir une définition par une longueur d'onde qui ait des chances d'être maintenue pendant de nombreuses années. La résolution se conforme également à la proposition du Dr Engelhard, qui tend à spécifier le Mètre international par une transition d'énergie plutôt que par une lampe particulière.

En conclusion, on doit souligner que la résolution ci-dessus constituerait une action beaucoup plus efficace que celle qui se bornerait à donner au Comité International le pouvoir de sanctionner une définition lorsqu'il le jugerait opportun. Cette dernière procédure n'apporterait rien en vue de clarifier dès maintenant une situation depuis trop longtemps indécise.

(31 juillet 1953.)

---

ANNEXE M 9.

National Bureau of Standards (États-Unis d'Amérique).

---

QUESTIONS SUGGÉRÉES

POUR ÊTRE INSCRITES A L'ORDRE DU JOUR  
DU COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

(Traduction.)

---

1. Le Mètre étalon sera-t-il défini en fonction d'une longueur d'onde dans l'air sous des conditions normales, ou en fonction d'une longueur d'onde dans le vide ?

2. Si une longueur d'onde dans le vide doit servir d'étalon, adoptera-t-on, comme formule normale pour l'indice de réfraction de l'air, l'une des formules actuelles [formule d'Edlén recommandée par la Commission Mixte de Spectroscopie, Rome, 1952 <sup>(1)</sup>] et :

*a.* Réduira-t-on, au moyen de cette formule, les valeurs des longueurs d'onde dans l'air aux valeurs dans le vide, ou

*b.* Basera-t-on la valeur définitive à adopter sur des mesures de longueurs d'onde faites dans le vide ?

3. Est-il souhaitable :

*a.* D'effectuer des déterminations directes de la longueur du mètre en fonction de plusieurs longueurs d'onde, comme cela fut fait par Michelson, ou

---

(<sup>1</sup>) H. BARRELL, *J. Opt. Soc. Amer.*, t. 41, 1951, p. 295.

b. Retiendra-t-on comme exacte la longueur du mètre en fonction de la raie rouge du cadmium dans l'air ( $\lambda = 0,643\ 846\ 96\ \mu$ ;  $1\ m = 1\ 553\ 164,13\ \lambda$ ) et comparera-t-on spectroscopiquement les longueurs d'onde des autres radiations sélectionnées avec la longueur d'onde de la raie du cadmium ?

(Notons que l'une ou l'autre des deux procédures suggérées par la question 2 est applicable à chaque procédure de la présente question.)

4. Arrêtera-t-on à cette réunion le choix de l'élément et de l'isotope particuliers à utiliser en définitive comme source étalon, ou fera-t-on des mesures sur deux ou plusieurs sources et fixera-t-on finalement son choix après que chacun ait pu faire des expériences avec les différentes sources considérées ?

5. Si l'on doit étudier deux ou plusieurs sources pendant les étapes préliminaires, procédera-t-on, en dernier lieu, à un ajustement statistique pour mettre l'ensemble des résultats en accord avec la valeur  $\lambda = 0,643\ 846\ 96\ \mu$  pour la raie rouge du cadmium dans l'air et avec le principe de combinaison, comme le suggère Meggers (1) ?

6. Peut-on arriver à un accord sur les mesures qui restent à faire par les différents Laboratoires et sur la date probable de la prochaine réunion du Comité Consultatif ?

7. On devrait envisager de présenter au Comité International une résolution recommandant que la Dixième Conférence Générale, prévue pour 1954, soit sollicitée de donner pouvoir au Comité International pour sanctionner une nouvelle définition du mètre aussitôt qu'une définition acceptable sera formulée. Si la proposition de présenter une telle résolution était acceptée, on devrait, dès la prochaine réunion du Comité Consultatif, prendre des dispositions pour la rédaction et la présentation de cette résolution.

(30 janvier 1953.)

---

(1) *J. Opt. Soc. Amer.*, t. 40, 1950, p. 737.

ANNEXE M 10.

National Physical Laboratory (Grande-Bretagne).

---

QUESTIONS SUGGÉRÉES POUR LA DISCUSSION

PAR LE COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

---

1. *La définition actuelle du mètre au moyen d'un étalon à traits :*

1.1. Précision des comparaisons et perspectives d'amélioration au delà de  $\pm 0,1 \mu$ .

1.2. Avantages et inconvénients de la définition par un étalon à traits; stabilité de la barre, qualité et permanence des traits gravés.

1.3. Importance des étalons à bouts modernes dans le contrôle des mesures de longueur en mécanique de précision.

1.4. Précision du passage des mesures à traits aux mesures à bouts (et vice versa).

2. *La définition du mètre en fonction de la longueur d'onde d'une radiation lumineuse monochromatique :*

2.1. Précision de la réalisation des étalons pratiques de longueur à traits ou à bouts, à partir de la définition en longueur d'onde.

2.2. Avantages et inconvénients d'une définition en longueur d'onde.

2.3. Application directe à la mesure interférométrique des étalons à bouts.

2.4. Ressources en équipement interférométrique pour les mesures de longueur dans tous les États adhérents à la *Convention du Mètre*.

2.5. Possibilité de développement des méthodes pour la mesure directe des étalons à traits, éliminant ainsi la nécessité d'avoir recours à la méthode de passage précitée.

2.6. Nécessité pour le Bureau International de posséder les moyens appropriés pour la réalisation de la définition en longueur d'onde — dans les formes pratiques d'un étalon à traits et d'un étalon à bouts — afin de satisfaire les demandes des pays qui ne possèdent pas les ressources d'un laboratoire métrologique moderne.

3. *Méthode d'établissement de la définition du mètre par une longueur d'onde :*

3.1. Importance de conserver comme base du passage à une définition en longueur d'onde, la relation actuellement admise entre le mètre et la longueur d'onde dans l'air normal de la radiation rouge du cadmium, c'est-à-dire  $\lambda_R = 6438,4696.10^{-10}$  m, qui a été expérimentalement confirmée par neuf déterminations indépendantes (ceci maintient la définition actuelle de l'ångström).

3.2. Avantages et inconvénients d'une définition en fonction de la longueur d'onde *dans le vide* de la radiation choisie.

3.3. Examen de la précision obtenue dans les déterminations publiées de la réfraction et de la dispersion de l'air normal dans le spectre visible et de la nécessité ou non d'effectuer de nouvelles déterminations pour établir une équation de dispersion générale satisfaisante pour l'air dans cette région.

3.4. Examen de la proposition visant à établir une définition du mètre par une longueur d'onde par l'intermédiaire de la longueur d'onde *dans le vide* de la radiation rouge du cadmium, c'est-à-dire que la longueur d'onde *dans le vide* de la radiation étalon de référence choisie serait déterminée par des comparaisons directes avec la longueur d'onde *dans le vide* de la radiation du cadmium calculée à partir de l'expression  $\lambda_n n_R$  où  $\lambda_R$  est la

valeur, citée ci-dessus, de la longueur d'onde du cadmium dans l'air normal d'indice de réfraction  $n_R$  obtenu à partir de l'équation de dispersion admise.

*4. Choix d'une radiation appropriée comme étalon de référence; spécification de la source et du mode d'excitation :*

4.1. Choix parmi les radiations émises par des isotopes purs de masse atomique paire (spin nucléaire zéro), comme par exemple le krypton 84 et le mercure 198.

4.2. Examen des modes d'excitation les plus appropriés pour obtenir la pureté spectroscopique la plus élevée.

4.3. Disponibilité et vie des lampes à isotope actuelles.

4.4. Examen des améliorations possibles aux lampes à isotope actuelles, particulièrement l'influence de la réduction de l'élargissement Doppler des raies du mercure 198 par excitation à température très basse (comme avec le meilleur type de lampe à krypton 84 actuellement en usage).

(Décembre 1952.)

---

ANNEXE M 11.

Central Inspection Institute of Weights and Measures (Japan)

---

SUR LA DÉFINITION DU MÈTRE  
PAR UNE LONGUEUR D'ONDE LUMINEUSE

---

1. Nous sommes d'accord en principe pour définir le mètre en fonction d'une longueur d'onde lumineuse.
2. La nouvelle définition du mètre devra satisfaire aux conditions suivantes :
  - 2.1. La nouvelle définition ne devra pas changer la longueur du mètre telle qu'elle est définie actuellement par le Prototype international.
  - 2.2. La nouvelle définition devra être assez claire et complète pour que l'incertitude sur la longueur du mètre soit inférieure à  $10^{-8}$  en valeur relative.
  - 2.3. La nouvelle définition devra permettre de reproduire la longueur d'un mètre, dans les laboratoires bien équipés, avec une précision relative de  $10^{-8}$ .
3. Avant d'adopter une nouvelle définition, on devra discuter à fond les questions techniques soulevées par les conditions du paragraphe 2. Notre position à ce sujet est la suivante :
  - 3.1. Nous considérons qu'il n'est guère nécessaire de déterminer le rapport entre la longueur du Prototype international du mètre et la longueur d'onde qui sera adoptée comme étalon fondamental, parce que les traits de ce Prototype ne paraissent pas définir sa longueur avec une précision relative atteignant  $10^{-8}$ .

- 3.2. Pour éviter toute discontinuité dans l'unité de longueur, nous ne voyons aucun inconvénient à déterminer la longueur de l'onde lumineuse qui sera choisie comme étalon fondamental en se basant sur la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium et en gardant pour cette dernière la valeur acceptée de  $643,846\ 96 \cdot 10^{-9}$  m dans les conditions normales.
  - 3.3. Conformément au paragraphe 2.2 demandant la clarté de la définition, le mètre devra être défini en fonction d'une longueur d'onde lumineuse *dans le vide*.
  - 3.4. Les résultats acquis jusqu'ici ne nous paraissent pas encore suffisants pour fixer de façon définitive quelle radiation émise par un isotope devra servir à définir le mètre.
  - 3.5. Les spécifications concernant la source de lumière devront être claires, sans être d'une rigueur qui rendrait difficile la réalisation. De plus, ces spécifications ne doivent pas être de nature à entraver les progrès auxquels on peut s'attendre dans l'avenir. En ce sens, la proposition 2.1.2 de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt mérite d'être considérée.
  - 3.6. Le mètre devant être défini par une longueur d'onde lumineuse dans le vide, il faudra, pour que l'on puisse effectuer la plupart des mesures pratiques dans l'air, spécifier la formule de l'indice de l'air avec une précision relative atteignant  $10^{-8}$ .
4. Lorsqu'on adoptera la nouvelle définition du mètre, on devra prendre les dispositions suivantes :
    - 4.1. On devra choisir et spécifier les caractéristiques des étalons matériels qui seront utilisés pour déterminer la reproductibilité de la définition du mètre dans les divers laboratoires.
    - 4.2. La longueur de ces étalons matériels devra être déterminée dans les divers laboratoires en se basant sur la nouvelle définition, et le Bureau International des Poids et Mesures devra comparer ces étalons entre eux.
-

ANNEXE M 12.

Chambre Centrale des Mesures  
et Instruments de Mesure (U. R. S. S.)

---

PROPOSITIONS SOUMISES

AU COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE

---

1. L'U. R. S. S., étant l'un des initiateurs de l'adoption de la longueur d'onde lumineuse comme base des mesures linéaires à la place de l'étalon à traits, a déjà exposé son point de vue à la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures (1948).

2. Les propositions faites à la Conférence Générale sont jusqu'à présent soutenues par l'U. R. S. S.

3. Après l'étude par les Laboratoires nationaux, dont l'Institut de Métrologie du nom de Mendéléev, des questions discutées par la Neuvième Conférence Générale, on peut introduire à présent dans les propositions faites auparavant une précision qui permet non seulement de recommander la décision de principe, mais aussi d'affirmer que des travaux avec les isotopes sont préférables.

En qualité de pareil isotope et d'après l'opinion de l'Institut de Métrologie, il est utile de prendre l'isotope  $^{114}\text{Cd}$ , en admettant pour la longueur d'onde de sa raie rouge dans le vide la valeur :

$$\lambda = 0,644\ 024\ 78 \cdot 10^{-6} \text{ mètre.}$$

4. Pour la reproduction de la raie spectrale fondamentale, on adopte le règlement spécial ci-après :

**Règles pour la reproduction de la longueur d'onde lumineuse  
de la raie spectrale fondamentale.**

1. La raie rouge du cadmium reste comme raie spectrale fondamentale.

2. La valeur de la longueur d'onde de la raie rouge de l'isotope  $^{113}\text{Cd}$  dans le vide est posée égale à :

$$\lambda = 0,644\ 024\ 78 \cdot 10^{-6} \text{ mètre.}$$

3. La longueur d'onde de la raie rouge du cadmium 114 peut être reproduite par différents types de sources lumineuses (à l'exception de celles dans lesquelles il y a un mouvement orienté des atomes émetteurs dans la direction d'observation) contenant l'isotope 114 du cadmium, en observant les conditions suivantes :

a. la raie rouge du cadmium émise par la source donnée doit être exempte de renversement;

b. la visibilité des franges d'interférence, définie par le rapport  $V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$ , ne doit pas être inférieure à 0,55.

4. L'observation des conditions exposées dans le paragraphe 3 est contrôlée par l'étude microphotométrique de la figure d'interférence obtenue à l'aide d'un étalon de Fabry et Perot de 100 mm, dont les miroirs possèdent un coefficient de réflexion compris entre 92 et 94 %.

*Note.* — La valeur de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium 114 est déterminée par comparaison avec la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium naturel dans l'air normal :

$$\lambda = 0,643\ 846\ 96 \cdot 10^{-6} \text{ mètre.}$$

ANNEXE M 13

Chambre Centrale des Mesures  
et Instruments de Mesure (U. R. S. S.)

---

DE LA POSSIBILITÉ D'UTILISER  
LA RADIATION DES ISOTOPES STABLES PAIRS  
DU CADMIUM POUR LA REPRÉSENTATION  
DE L'UNITÉ DE LONGUEUR

Note de N. R. BATARCHOUKOVA, A. I. KARTACHEV  
et M. F. ROMANOVA

(*Rapports de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*,  
Nouvelle série, 1953, t. 90, n° 2)

(Traduction)

---

Dans ces dernières années, le développement des méthodes de mesures interférentielles des longueurs a permis de reconsidérer la question de l'unité « naturelle » de longueur sous la forme d'une longueur d'onde lumineuse.

Pour atteindre la plus grande précision possible dans la reproduction de l'unité de longueur, la raie spectrale dont la longueur d'onde servira à définir la longueur du mètre, doit être simple et avoir une largeur qui s'approche autant que possible de sa largeur naturelle. Les raies simples sont émises par les isotopes pairs des éléments ou bien elles peuvent être isolées des raies complexes par la méthode de monochromatisation interférentielle [1]. Quant à la finesse de la raie spectrale, elle est liée

principalement à la construction de la source lumineuse émettrice de cette raie.

Les études atomiques de ces dernières années ont créé des méthodes pour la production des isotopes purs, pairs et stables des éléments et, par là même, ont pourvu les métrologistes et les spectroscopistes de radiations simples. Actuellement on a déjà étudié une série de telles radiations. Toutes les raies du spectre de l'isotope du mercure  $^{198}\text{Hg}$  [2], la raie 5 461 Å de l'isotope  $^{202}\text{Hg}$  [3] et plusieurs raies des spectres des isotopes du krypton  $^{84}\text{Kr}$  et  $^{86}\text{Kr}$  [4] sont déjà étudiées. Cependant aucune de ces raies n'a encore été préférée définitivement et, pour les mesures interférentielles de longueur ainsi que pour la spectroscopie, la raie rouge du cadmium naturel, proposée par Michelson en 1895, reste toujours comme raie spectrale principale.

Le présent travail a eu pour but l'étude de la reproductibilité des longueurs d'onde des raies rouges, émises par les isotopes stables pairs du cadmium  $^{112}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{Cd}$  et  $^{116}\text{Cd}$ .

Pour une petite quantité de matière étudiée (quelques milligrammes) le tube du type sans électrode est la source lumineuse la plus commode et la plus facilement réalisable dans les conditions du laboratoire. La décharge lumineuse est excitée dans le tube par un champ de haute fréquence de l'ordre de 50 à 200 MHz. Les tubes semblables qui contiennent ordinairement de petites quantités de matière étudiée (1 à 3 mg) sont remplis de gaz étrangers sous faible pression (0,1 à 3 mm de mercure) pour faciliter l'excitation et l'entretien de la décharge.

Nous avons préparé pour cette étude quelques tubes en verre au molybdène, contenant du  $^{112}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{Cd}$  et  $^{116}\text{Cd}$ , ainsi qu'un tube avec du cadmium naturel. Ces tubes, excités par un générateur de haute fréquence (60 à 70 MHz) donnaient, quant à leur éclat, une luminosité très satisfaisante. En qualité de gaz étranger on ajoutait de l'argon ou de l'hydrogène sous une pression de 0,1 à 5 mm de mercure. Comme on sait, la tension de vapeur du cadmium n'est suffisante pour exciter son spectre visible qu'à la température d'environ 300° C, c'est pourquoi le tube était placé dans un réchauffeur de petites dimensions, spécialement construit dans ce but. Le contrôle de la température à l'intérieur du réchauffeur permettait d'éviter complètement les phénomènes de renversement dans les raies du cadmium.

Pour l'étude des propriétés monochromatiques des raies spectrales et la définition de leur longueur d'onde, la méthode la plus répandue en spectroscopie et en métrologie est celle qui consiste à observer dans l'interféromètre l'image interférentielle des anneaux d'égalé inclinaison avec des différences de marche variées. C'est cette méthode d'enregistrement photographique des anneaux d'égalé inclinaison obtenus à l'aide de l'étalon interférentiel du type Fabry et Perot à disques interchangeables en quartz, avec des épaisseurs de 16, 30, 47, 59 et 100 mm, que nous avons employée dans notre étude.

Dans l'image interférentielle des anneaux d'égalé inclinaison avec la radiation des isotopes pairs du cadmium  $^{112}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{Cd}$  et  $^{116}\text{Cd}$  et pour des étalons interférentiels d'épaisseur différente,



Fig. 1.

on n'a découvert, pour aucune des raies, la présence de structure hyperfine. Comme exemple, une photographie des anneaux interférentiels d'égalé inclinaison pour la raie verte du cadmium est reproduite en agrandissement. La photographie (a) correspond au rayonnement du cadmium naturel et (b) au rayonnement du  $^{114}\text{Cd}$ . L'absence sur la photographie (b) des maxima interférentiels secondaires qui correspondent à la structure hyperfine de la raie, démontre avec évidence la simplicité des raies du cadmium isotopique.

Lors de la détermination des longueurs d'onde de la raie rouge des isotopes du cadmium cités, on prenait successivement des photographies des spectrogrammes interférentiels des tubes sans électrode contenant un isotope du cadmium, puis de la lampe à électrodes incandescentes contenant du cadmium naturel. La raie rouge du cadmium naturel, émise par une lampe à électrodes incandescentes, fut prise par nous comme principale et la longueur de son onde dans l'air normal égale à  $6438,4696 \text{ \AA}$ .

Les mesures des diamètres des anneaux d'égalé inclinaison dans

les lumières de la raie rouge du cadmium isotopique et naturel ont été faites sur dix spectrogrammes interférentiels. D'après les diamètres des cinq premiers anneaux d'égalé inclinaison on pouvait calculer les excédents fractionnaires de l'ordre d'interférence,  $E_1$  pour la raie du cadmium naturel et  $E_2$  pour la raie rouge des isotopes isolés du cadmium. D'après les différences des valeurs des excédents fractionnaires de l'ordre d'interférence se rapportant à la raie rouge du cadmium isotopique et du cadmium naturel ( $\Delta p = E_2 - E_1$ ), on a calculé les longueurs d'onde correspondant aux diverses différences de marche des faisceaux interférents. Dans le tableau I sont données les valeurs des longueurs d'onde de la raie rouge des isotopes du cadmium pour diverses différences de marche dans l'interféromètre, la valeur moyenne pondérée des longueurs d'onde, et les erreurs quadratiques moyennes de cette valeur pondérée.

TABLEAU I.

Différence de marche $2d$ (mm).	$\lambda$ rouge (Å).		
	$^{112}\text{Cd}$	$^{114}\text{Cd}$	$^{116}\text{Cd}$
32,958.....	6438,4695	6438,4671	6438,4662
60,576.....	4693	4676	4669
93,880.....	4688	4675	4662
158,060.....	4692	4678	4664
200,000.....	4689	4677	
Moyenne pondérée.	6438,4690	6438,4677	6438,4664
Erreur moyenne quadratique.....	$\pm 0,0001_2$	$\pm 0,0000_9$	$\pm 0,0001_4$

Pour le calcul de la valeur moyenne pondérée des longueurs d'onde nous avons admis que les poids étaient proportionnels aux différences de marche, car l'erreur relative de la détermination des longueurs d'onde diminue avec l'accroissement de la différence de marche. Il faut noter que la valeur de la longueur d'onde de la raie rouge pour l'isotope  $^{114}\text{Cd}$  est obtenue en fonction des valeurs moyennes de longueurs d'onde pour trois tubes. La grandeur de l'erreur quadratique de la moyenne pondérée caractérise la précision de la reproduction des longueurs d'onde. Cette haute précision dans la détermination de la longueur d'onde

a été obtenue avec un nombre d'observations relativement petit (5 à 15).

Les résultats de la comparaison des longueurs d'onde des raies rouges des isotopes avec la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium naturel peuvent être représentés en graphique si l'on porte sur l'axe horizontal les valeurs des différences de marche  $2d$  en millimètres et sur l'axe vertical les différences entre les excédents fractionnaires du nombre de demi-ondes qui entrent dans la longueur de l'étalon pour les isotopes et pour le cadmium naturel. En comparant les raies simples, on voit que les différences entre excédents fractionnaires sont proportionnelles aux différences de marche et que les points correspondants, ainsi que le montre la figure 2, sont alignés sur des droites dans les limites des erreurs d'observation. Les points se rapportant aux radiations des divers isotopes sont alignés sur des droites inclinées par rapport à l'axe horizontal sous des angles divers, tandis que les points se rapportant au rayonnement du tube contenant du cadmium naturel sont rangés sur l'axe horizontal. Ceci prouve d'une part la présence d'un déplacement des longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium isotopique et la coïncidence des centres de gravité de la raie rouge du cadmium naturel dans une décharge sans électrode et dans la lampe à électrodes chaudes d'autre part. Les écarts observés des longueurs d'onde sont en réalité des écarts isotopiques et ne sont pas produits par les conditions d'excitation de la raie rouge dans la décharge sans électrode. Comme on le voit sur le graphique (*fig. 2*), le plus grand écart de la longueur d'onde vers le violet correspond à l'isotope le plus lourd  $^{116}\text{Cd}$  et l'écart minimum, à l'isotope le plus léger  $^{112}\text{Cd}$ . Les masses successives des trois isotopes pairs du cadmium étudiés ( $^{112}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{Cd}$  et  $^{116}\text{Cd}$ ), diffèrent de deux unités et les composantes de la raie rouge, qui correspondent à ces isotopes, sont régulièrement échelonnées avec un intervalle de  $0,0013 \text{ \AA}$ . Les écarts isotopiques observés confirment encore une fois l'existence de la structure hyperfine de la raie rouge du cadmium naturel [5].

Nous avons préparé pour l'isotope  $^{114}\text{Cd}$  quelques tubes avec des pressions différentes du gaz étranger. Les études des rayonnements de ces tubes ont montré qu'il existe certainement un déplacement du maximum de la raie rouge avec la pression vers les ondes longues, mais sa grandeur ne dépasse pas  $0,001 \text{ \AA}$  par millimètre de mercure.

Dans la pratique des mesures interférentielles de longueur, le spectre des isotopes pairs du cadmium, avec ses raies largement séparées et facilement isolées, est commode pour la recherche de l'ordre d'interférence par la méthode des coïncidences. C'est pourquoi la source lumineuse à raies simples du cadmium, étudiée

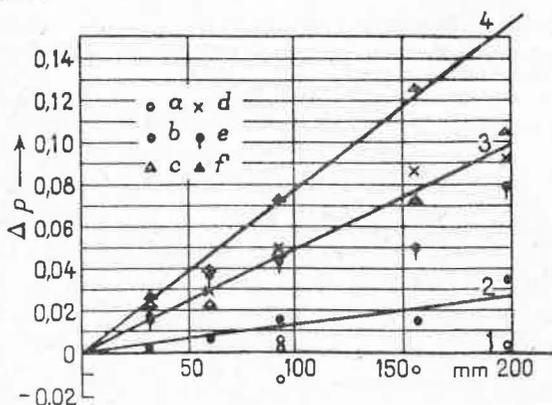


Fig. 2. — En abscisses, différence de marche.

1. 6438,4696 Å.
  2.  $\lambda$  rouge  $^{112}\text{Cd}$  = 6438,4690 Å.
  3.  $\lambda$  rouge  $^{114}\text{Cd}$  = 6438,4677 Å.
  4.  $\lambda$  rouge  $^{116}\text{Cd}$  = 6438,4664 Å.
- a. Lampe n° 1, Cd naturel.  
 b. Lampe n° 10,  $^{112}\text{Cd}$ .  
 c. Lampe n° 3,  $^{114}\text{Cd}$ .  
 d. Lampe n° 5,  $^{114}\text{Cd}$ .  
 e. Lampe n° 6,  $^{114}\text{Cd}$ .  
 f. Lampe n° 9,  $^{116}\text{Cd}$ .

par nous, peut être employée avec succès dans ces mesures.

En vertu du travail accompli, nous croyons possible de proposer comme raie spectrale principale la raie rouge du cadmium, émise par n'importe lequel des trois isotopes  $^{112}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{Cd}$  ou  $^{116}\text{Cd}$ , tout en fixant notre choix sur  $^{114}\text{Cd}$ .

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] N. R. BATARGHOUKOVA, *Travaux de l'Institut de Métrologie de l'U. R. S. S.*, t. 7, (67), 1949, p. 41.
- [2] MEGGERS et WESTFALL, *Bur. Stand. J. Res.*, t. 44, 1950, p. 447.
- [3] J. R. McNALLY, P. M. GRIFFIN et L. E. BURKHART, *J. Opt. Soc. Amer.*, t. 39, 1949, p. 1036.
- [4] KÖSTERS et ENGELHARD, *Proc. Verb. Com. Int. Poids Mesures*, t. 22, 1950, p. 137.
- [5] M. F. ROMANOVA et A. A. FERCHMIN, *Rapports de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, t. 55, n° 2, 1933.

ANNEXE M 14.

Bureau International des Poids et Mesures.

---

ÉTUDE D'UN ÉTALON EN QUARTZ DE 100 mm  
TÉMOIN DE  
L'UNITÉ MÉTRIQUE INTERNATIONALE

par J. TERRIEN.

---

En 1907, le Comité International des Poids et Mesures a décidé que « le Directeur du Bureau sera chargé... d'acquérir plusieurs étalons à bouts en quartz de dimensions différentes, afin de déterminer directement ces dimensions en fonction de la longueur d'onde, toutes les fois que l'on répétera la comparaison de celle-ci avec le mètre ». Ces étalons en quartz, dont les extrémités sont planes, parallèles et perpendiculaires à l'axe cristallographique, ont été construits par les Établissements Jobin; leur longueur est de 10, 20, 30, 40, 50, 100 mm.

Dans les années comprises entre 1920 et 1925, A. Pérard a mesuré, par des méthodes interférentielles, la longueur de ces étalons; ces expériences et leurs résultats sont exposés dans les *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures*, t. 20, 1944. L'étalon de longueur était la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, 0,643 846 96  $\mu$ , dans l'air normal.

Ces expériences initiales de A. Pérard ont conduit à la longueur suivante, à 20°C, de l'étalon de 100 mm :

$$(1) \quad Q_{100} = 100\,002,467 \mu.$$

En 1952, N. Cabrera et J. Hamon ont étudié à nouveau l'étalon en quartz de 100 mm, par une méthode semblable à celle qu'avait employée A. Pérard. L'étalon de longueur était la raie verte du mercure 198, dont la longueur d'onde a été comparée à celle du cadmium rouge par A. Pérard et J. Terrien. La température du quartz pendant ces mesures était comprise entre 19,55 et 20,25° C. La longueur moyenne de l'étalon en quartz, réduite à 20° C par la formule de dilatation déduite de ces dernières mesures, est la suivante :

$$(2) \quad Q_{100} = 100\,002,497 \mu.$$

En 1953, de nouvelles mesures ont été effectuées par J. Terrien et J. Hamon, sur le même étalon, par la même méthode, entre 15,1 et 24,8° C. On a déduit de ces mesures une nouvelle formule de dilatation et la longueur suivante à 20° C :

$$(3) \quad Q_{100} = 100\,002,482 \mu.$$

Cette dernière valeur est égale à la moyenne des deux précédentes; les écarts de  $\pm 0,015 \mu$  peuvent être considérés comme des erreurs expérimentales provenant en partie des erreurs des mesures interférentielles et en partie des mesures de la température du quartz. Rappelons que l'allongement de l'étalon de quartz de 100 mm est  $0,015 \mu$  pour une élévation de température de 0,02 degré; l'incertitude sur la température du quartz paraît être, dans toutes ces expériences, inférieure à  $\pm 0,01$  degré, ce qui entraîne une incertitude inférieure à  $0,008 \mu$  sur la longueur.

La longueur de l'étalon de quartz de 100 mm à 20° C est donc restée constante, en fonction des longueurs d'onde, avec une approximation relative de  $0,15 \cdot 10^{-6}$ .

Ces résultats paraissent satisfaisants; on ne peut affirmer que la longueur du quartz, comparée à la longueur d'onde, ait varié pendant ces trente dernières années.

La comparaison détaillée de tous les résultats montre pourtant une dispersion un peu supérieure aux erreurs estimées, atteignant au maximum  $\pm 0,03 \mu$ . Cette constatation nous incite à considérer comme provisoires les expériences de 1952 et 1953, et à envisager de nouvelles mesures après une étude approfondie des causes d'erreurs.

(Septembre 1953.)

ANNEXE M 15.

Bureau International des Poids et Mesures.

---

PRINCIPE D'UNE MÉTHODE POUR COMPARER  
UN MÈTRE A TRAITS A UNE LONGUEUR D'ONDE

par J. TERRIEN.

---

On constitue un étalon matériel par deux blocs transparents parallélépipédiques, parallèles, séparés par une distance d'environ 1 m. Cet étalon peut être comparé au Mètre prototype et à une longueur d'onde, car il est en même temps un étalon à traits et un étalon optique de Perot-Fabry, comme nous allons le montrer.

1. COMPARAISON AU MÈTRE PROTOTYPE. — Chaque bloc porte un trait T sur sa face inférieure. Dans le microscope d'un comparateur, on observe l'image virtuelle T' de ce trait, qui est relevée par réfraction dans le verre et occupe une position fixe par rapport au bloc. La distance  $l$  des deux images virtuelles T' est comparée au prototype à traits par les méthodes habituelles (*fig. 1*).

2. COMPARAISON A UNE LONGUEUR D'ONDE. — On sait mesurer en longueurs d'onde la distance des deux miroirs parallèles d'un étalon intermédiaire de Perot-Fabry d'au moins 0,25 m, en utilisant les anneaux à l'infini. Partant de cet étalon intermédiaire, on mesure, par les franges de superposition en lumière blanche, la distance  $m$  des faces en regard des deux blocs transparents, à la hauteur des images T'. On connaît ainsi,

en longueurs d'onde, la distance optique (distance mécanique modifiée par les pertes de phase) de ces deux faces.

3. COMPARAISON DU MÈTRE A UNE LONGUEUR D'ONDE. — Les mesures 1 et 2 ci-dessus étant faites, on constitue un nouvel étalon après avoir retourné chaque bloc transparent d'un demi-tour, de façon à permuter les faces planes qui encadrent le trait de chacun d'eux; et l'on recommence les mesures 1 et 2.

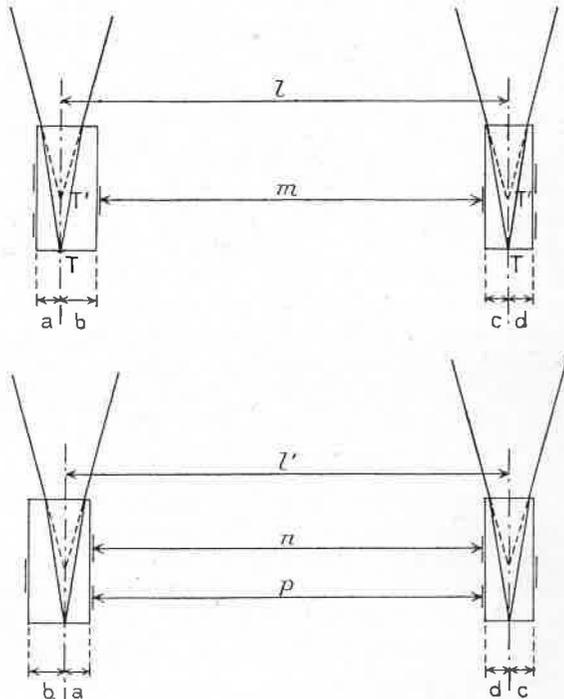


Fig. 1.

$$l + l' = m + \frac{n + p}{2} + a + b + c + d.$$

$l$  et  $l'$  sont comparés à un Mètre à traits.

$m$ ,  $n$  et  $p$  sont comparés à un étalon optique connu en longueurs d'onde.

$a + b$  et  $d + c$  sont mesurés en longueurs d'onde.

La somme des résultats  $l$  et  $l'$  des deux opérations 1 est la mesure d'une certaine longueur en fonction du Mètre prototype.

La somme des résultats  $m$  et  $\frac{n+p}{2}$  des deux opérations 2, augmentée de la somme des épaisseurs des deux blocs  $a + b + c + d$ , est la mesure de la même longueur en fonction d'une longueur d'onde. Leur rapport est donc égal au rapport du mètre à cette longueur d'onde.

Remarquons que l'épaisseur des blocs transparents est facilement mesurable par des méthodes interférentielles, qui font encore intervenir les surfaces optiques. Il est donc inutile de connaître les pertes de phase.

Remarquons encore que les surfaces interférentielles sont des surfaces de verre (ou de silice) métallisées, dont les qualités de planéité et de poli surpassent celles des surfaces d'acier; et enfin que l'on évite les petites incertitudes provenant du degré de fidélité des collages par adhérence qui interviennent dans la plupart des méthodes en usage pour comparer un étalon à bouts et un étalon à traits.

(Septembre 1953.)

ANNEXE M 16.

Bureau International des Poids et Mesures.

---

RÉSULTATS DES INTERCOMPARAISONS  
DES MÈTRES N<sup>os</sup> 13, 13 C, 19, 26 ET T 4,

EN 1939-1944 ET EN 1953

par CH. VOLET.

---

Les Mètres ayant participé à cette étude ont tous été rénovés. Leurs tracés ne sont pas encore parfaits, mais leur qualité est supérieure à celle des Mètres anciens analogues au Prototype international.

Le but des mesures actuelles était de reconnaître si des comparaisons effectuées entre des prototypes modernes, à dix années d'intervalle et par d'autres observateurs, conduisaient aux mêmes valeurs relatives des Mètres.

Les résultats de 1939-1944, cités ci-après, sont déduits de divers groupes d'importantes comparaisons auxquelles ont pris part six observateurs différents.

Les mesures de 1953 ont été effectuées par quatre observateurs qui ont exécuté chacun des comparaisons dans toutes les combinaisons possibles des cinq Mètres, chaque comparaison de deux Mètres étant la moyenne de huit séries de pointés. Parmi ces quatre observateurs, deux (Terrien et Moreau) avaient déjà participé à une partie des comparaisons de 1939-1944, un autre (Leclerc) est aussi un observateur expérimenté et le quatrième (J. Bonhoure) se servait d'un comparateur pour la première fois.

Le tableau suivant donne la valeur de chacun des Mètres exprimée par rapport à la valeur moyenne des cinq Mètres.

	Observateurs.	N° 13.	N° 13 C.	N° 19.	N° 26.	T 4.
		$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$
En 1953.	J. Terrien.....	+0,687	-0,176	+0,459	+0,138	-1,113
	G. Leclerc.....	+0,675	-0,176	+0,535	+0,127	-1,161
	H. Moreau.....	+0,640	-0,160	+0,436	+0,095	-1,011
	J. Bonhoure...	+0,607	-0,174	+0,551	+0,149	-1,134
	Moyenne.....	+0,652	-0,171	+0,495	+0,127	-1,105
En 1939-1944.....		+0,696	-0,114	+0,416	+0,036	-1,034
	$\varepsilon$ .....	-0,044	-0,057	+0,079	+0,091	-0,071

Si l'on suppose que la moyenne des cinq Mètres a été observée de la même manière par les observateurs de 1939-1944 et par ceux de 1953, les écarts  $\varepsilon$  expriment la variation apparente de chacun des Mètres pendant cette période.

Tous les écarts observés sont inférieurs à  $0,1 \mu$ , soit  $10^{-7}$  en valeur relative.

Cette précision dans les mesures sur les étalons à traits pourrait sans doute être dépassée en réalisant des tracés encore meilleurs (ce qui ne paraît pas impossible), et surtout en utilisant un comparateur à microscopes photoélectriques impersonnels.

(Septembre 1953.)

