

TRAVAUX ET MÉMOIRES

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

PUBLIÉS SOUS LES AUSPICES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL

PAR

LE DIRECTEUR DU BUREAU

TOME XX



PARIS

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

ÉDITEUR DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Quai des Grands-Augustins, 55

—
1944

COMPARAISONS DE THERMOMÈTRES ÉTALONS.

THERMOMÈTRES EN VERRE DUR,
THERMOMÈTRES A RÉSERVOIR EN VERRE D'IÉNA 16^{III}
ET TIGE EN VERRE VERT.

Par **Albert BONHOURE,**

ASSISTANT AU BUREAU.

COMPARAISONS DE THERMOMÈTRES ÉTALONS.

THERMOMÈTRES EN VERRE DUR,
THERMOMÈTRES A RÉSERVOIR EN VERRE D'ÉNA 16^{III}
ET TIGE EN VERRE VERT.

INTRODUCTION.

Les études exécutées autrefois au Bureau international des Poids et Mesures sur les thermomètres à mercure en verre dur, et qui sont relatées dans les *Travaux et Mémoires* (1), en avaient fait des instruments de haute précision, dont les indications étaient si concordantes de l'un à l'autre qu'on pouvait ramener avec sécurité leurs indications à l'échelle du thermomètre à hydrogène, en leur appliquant simplement les corrections qui avaient été déterminées sur un petit nombre d'entre eux par P. Chappuis, au cours de ses travaux sur le thermomètre à gaz. Malheureusement, les fabricants de ce verre en modifièrent la composition sans que nous en fussions avertis, de sorte qu'il est probable qu'un certain nombre d'instruments parmi les derniers que construisit Baudin, ne sont pas susceptibles de s'accorder parfaitement avec ceux des importantes séries qui furent exécutées par Tonnelot au cours des années 1883 à 1890, et dont un grand nombre furent comparés à certains des thermomètres fondamentaux de P. Chappuis, sans avoir révélé de divergence appréciable.

Ainsi que M. Ch.-Éd. Guillaume, Directeur du Bureau, l'a déjà exposé dans son dernier Mémoire *Nouvelles études thermométriques*, dès que cette incertitude dans la composition du verre dur se fut confirmée, le Bureau essaya vainement de faire revenir les verriers à leur ancienne fabrication, puis il chercha quelle était la qualité de verre qui conviendrait le mieux pour le remplacer dans la construction des thermomètres de précision. Dès 1925, les Glaceries de Saint-Gobain ont bien voulu essayer de fabriquer, à notre demande, un verre ayant

(1) CH.-ÉD. GUILLAUME, *Études thermométriques* (T. et M., t. V). — P. CHAPPUIS, *Études sur le thermomètre à gaz et sa comparaison avec des thermomètres à mercure* (T. et M., t. VI). — CH.-ÉD. GUILLAUME, *Thermomètres étalons* (T. et M., t. X). — CH.-ÉD. GUILLAUME, *Nouvelles études thermométriques* (T. et M., t. XVIII).

à peu près la même composition que l'ancien verre dur; mais la sélection des cannes laissait un tel déchet que le constructeur des thermomètres, à l'époque les Établissements Poulenc frères, dut renoncer à l'employer. Le verre vert servant couramment à la fabrication des thermomètres de laboratoire pouvait à la rigueur être utilisé, puisqu'il présente sensiblement les mêmes propriétés que le verre dur; mais on n'était pas assuré que les verriers n'en modifieraient pas la composition dans un temps plus ou moins éloigné.

Un verre de fabrication anglaise, marqué d'une raie bleue longitudinale, et présentant une faible dépression, avait retenu notre attention. Pourtant l'impossibilité d'obtenir des tubes capillaires bien réguliers limite son emploi à l'exécution des réservoirs auxquels on soude des tiges en cristal anglais.

Nous nous sommes arrêtés finalement à une solution analogue, en associant des réservoirs en verre d'Iéna 16^{III} à des tiges en verre vert. C'est le fait, pour le constructeur des thermomètres, d'avoir à proximité de lui le fabricant de tiges, qui nous a fait préférer cette combinaison à la précédente; il en résulte de grandes facilités dans le choix de celles-ci.

La dilatabilité du verre d'Iéna 16^{III}, dont on a fait de nombreuses déterminations, est très voisine de celle du verre vert. C'est grâce à cela que l'on peut obtenir, par soudure de ces deux verres, une liaison parfaite présentant toute sécurité.

Le but des comparaisons qui font l'objet de cette Note était de déterminer la différence de marche entre ces nouveaux thermomètres et nos thermomètres étalons en verre dur, afin de relier les indications des premiers à celles du thermomètre à hydrogène sous volume constant, qui constitue l'échelle normale des températures.

Étude individuelle des nouveaux thermomètres.

C'est dans l'intervalle de température où le thermomètre à mercure est susceptible de la plus haute précision (0° à 100°), que P. Chappuis avait autrefois comparé au thermomètre à gaz, les quatre thermomètres Tonnelot en verre dur n^{os} 4428, 4429, 4430 et 4431, et c'est aussi à ce même intervalle que se trouvent limitées les expériences actuelles.

Quatre thermomètres de la nouvelle fabrication y prirent part. Leurs caractéristiques sont indiquées ci-dessous :

| Thermomètres n ^{os} | Limites de la division étudiée. | Longueur du degré mm |
|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 123..... | -2 + 52 et 98-102 | 6,9 |
| 124..... | -2 + 52 98-102 | 6,9 |
| 180..... | -2 + 2 46-102 | 6,8 |
| 181..... | -2 + 2 46-102 | 6,8 |

l'intervalle (52-98) ou (2-46) étant remplacé par une ampoule.

Ces instruments ont fait d'abord l'objet d'une étude individuelle très complète.

Calibrage. — La correction du point 50 des thermomètres n^{os} 123 et 124 a été déterminée à l'aide de trois colonnes de mercure différentes, d'une longueur approximative de 50 degrés, observées successivement dans les positions [0·50] et [50·100] de l'échelle. L'intervalle [50·100] a été ensuite soumis à un calibrage en cinq parties, qui a été répété trois fois. Enfin, chaque section a été calibrée séparément de deux en deux degrés. En ce qui concerne les thermomètres n^{os} 180 et 181, le point 50 de l'échelle a été déterminé à l'aide de deux colonnes, l'intervalle [46·102] a fait l'objet d'une division en quatre parties, et deux calibrages croisés ont fourni les corrections de deux en deux degrés.

Intervalle fondamental. — La valeur de l'intervalle fondamental des thermomètres n^{os} 123 et 124 a été déterminée par douze observations, celle des thermomètres n^{os} 180 et 181 l'a été par neuf et onze observations respectivement. Chaque observation comprenait quatre lectures du thermomètre dans la vapeur d'eau en ébullition, à l'aide de l'appareil qui permet de le mettre successivement en position horizontale et en position verticale; cet appareil a déjà été décrit dans les publications du Bureau (*). Aussitôt après, on déterminait le point zéro du thermomètre, qui avait été refroidi rapidement jusque vers 50° et plongé dans la glace fondante.

La pression atmosphérique est mesurée en valeur absolue à l'aide d'un baromètre à mercure de précision, avant et après la détermination de l'intervalle fondamental de chaque thermomètre; ses variations sont enregistrées graphiquement par un statoscope, qui sert d'instrument d'interpolation, et dont la sensibilité permet de déceler des changements de 0^{mm},02 à 0^{mm},03 de mercure.

On avait vérifié, en outre, l'équidistance des traits des thermomètres, et déterminé leur coefficient de pression selon l'usage.

**Nouvelles déterminations de la valeur de l'intervalle fondamental
des thermomètres n^{os} 4428 à 4431.**

On pouvait craindre que la dilatabilité du verre constituant l'enveloppe de ces thermomètres, en se modifiant avec le temps, n'ait provoqué un changement de leur échelle; mais une modification de cette dilatabilité aurait fait varier aussi l'intervalle fondamental de ces thermomètres; c'est pourquoi il était intéressant, à quarante-six ans d'intervalle, de répéter cette détermination. En raison des risques d'accidents que comporte la manipulation de ces instru-

(*) CH.-ÉD. GUILLAUME, *Études thermométriques*, p. 38.

ments, que leur grande longueur (700^{mm} environ) sous un très petit diamètre (3^{mm},5 à 4^{mm},6) rend particulièrement fragiles, on s'est borné à faire deux mesures de cet intervalle fondamental. Celles qui concernent le thermomètre n° 4428 n'ont pas été retenues, parce qu'elles ont été faussées par la présence d'une bulle d'air, constatée après coup dans le réservoir.

Voici les moyennes des valeurs trouvées en 1885 par MM. P. Chappuis et Ch.-Ed. Guillaume et en 1931 pour les trois autres thermomètres :

| | 1885. | 1931. | Diff. |
|--------------|---------------------|--------------|--------------|
| | ^d | ^d | ^d |
| 4429..... | 100 degrés = 99,822 | 99,823 | +0,001 |
| 4430..... | 99,886 | 99,886 | 0,000 |
| 4431..... | 99,920 | 99,915 | -0,005 |
| Moyenne..... | | | -0,001 |

La concordance de ces deux groupes de mesures est très satisfaisante. Les différences ne présentent rien de systématique et sont sans doute inférieures aux erreurs possibles des observations. Ces thermomètres demeurent certainement d'excellents témoins de l'échelle normale.

Comparaisons.

A ces instruments, on a joint, pour les comparaisons, les thermomètres Tonnelot n°s 4327 et 4330, et Baudin n°s 15201 et 15273, dont l'échelle s'étend de 0° à 50°; mais, comme leur comparaison deux à deux, à chaque température,

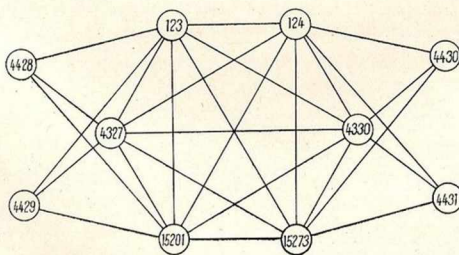


Fig. 1. — Schéma des comparaisons. Les traits relient les thermomètres qui ont été comparés directement.

eût nécessité un travail trop considérable, eu égard au but à atteindre, on s'est borné aux observations indiquées par le schéma ci-dessus.

COMPARAISONS DE THERMOMÈTRES ÉTALONS.

7

On voit que les six thermomètres n^{os} 123, 4327, 15201, et 124, 4330, 15273, ont été comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles, tandis que les thermomètres n^{os} 4428 et 4429 ont été comparés seulement aux trois premiers, et que les thermomètres n^{os} 4430 et 4431 l'ont été aux trois derniers. Ces vingt-sept comparaisons ont été faites à 10°, 20°, 30°, 40° et 50°. D'autre part, à 60° et à 70°, le thermomètre n^o 180 a été comparé aux n^{os} 4428 et 4429, et le n^o 181 l'a été aux n^{os} 4430 et 4431. Enfin, des observations supplémentaires à 50° sur les thermomètres n^{os} 123, 124 et 180, 181, ont permis de s'assurer de la bonne concordance des deux paires d'instruments.

Ces comparaisons ont été faites dans une auge qui est utilisée au Bureau depuis fort longtemps. Elle se compose de deux cuves rectangulaires, l'une contenue dans l'autre, et toutes deux remplies d'eau. Dans chacune d'elles, un agitateur commandé par un moteur électrique aspire l'eau à une extrémité et la refoule à l'autre extrémité. Ces agitateurs fonctionnent en permanence pendant les observations.

L'auge intérieure est recouverte par une glace qui est en contact avec la surface du liquide. L'auge extérieure est reliée à une petite chaudière dans laquelle l'eau est obligée de circuler, en même temps qu'on peut la chauffer à l'aide d'un gros brûleur à gaz. On a ajouté à ce mode de chauffage, une résistance électrique qui plonge entièrement dans l'eau de l'auge extérieure, et qui peut y dissiper une puissance maximum de 800 watts. Cette installation électrique est utilisée principalement comme chauffage d'entretien.

Les thermomètres, disposés horizontalement sur un support en bronze qui est complètement immergé dans l'eau, ont leurs réservoirs à quelques millimètres l'un de l'autre.

Une comparaison entre deux thermomètres comprenait généralement dix lectures faites avec la division en dessus de la colonne et dix lectures avec la division en dessous. Ces nombres ont été doublés pour les comparaisons effectuées à 60° et à 70°, afin de compenser, dans une certaine mesure, la moindre précision qu'elles comportent, du fait des difficultés d'observation des thermomètres qui s'accroissent à mesure que la température s'élève, et qui sont provoquées par le dégagement des gaz dissous dans l'eau. La position du zéro de chaque thermomètre était toujours déterminée avant et après la comparaison.

Les nombres observés à une même température, jusqu'à 50°, ont été traités par la méthode des moindres carrés, afin d'obtenir les écarts les plus probables de chacun des instruments par rapport à la moyenne des quatre thermomètres fondamentaux, n^{os} 4428, 4429, 4430, 4431. On a obtenu ainsi, pour chaque groupe d'observations, un système d'équations de condition tel que celui qui est reproduit ci-dessous (comparaisons à 50°) :

TABLEAU I. — *Équations de condition.*

| | deg | Obs. — Calc. |
|------------------|------------|-------------------|
| [123]—[124] | = -0,002 1 | +0,000 1 |
| [123] — [4327] | = +0,006 3 | +0,000 3 |
| [123] — [4330] | = +0,006 4 | 0,0000 0,000 0 |
| [123] — [15201] | = +0,008 4 | +0,000 9 |
| [123] — [15273] | = +0,012 2 | -0,001 5 |
| [123] — [4428] | = +0,004 8 | -0,000 5 |
| [123] — [4429] | = +0,006 9 | +0,000 6 |
| [124]—[4327] | = +0,007 2 | -0,000 0 |
| [124] — [4330] | = +0,006 8 | -0,001 8 |
| [124] — [15201] | = +0,010 4 | +0,000 7 |
| [124] — [15273] | = +0,018 0 | +0,002 1 |
| [124] — [4430] | = +0,007 3 | 0,000 0 0,000 0 |
| [124] — [4431] | = +0,006 4 | +0,000 1 +0,000 5 |
| [4327]—[4330] | = +0,000 9 | +0,000 5 |
| [4327] — [15201] | = -0,000 9 | -0,002 4 |
| [4327] — [15273] | = +0,009 1 | +0,001 4 |
| [4327] — [4428] | = -0,000 2 | +0,000 5 |
| [4327] — [4429] | = -0,000 3 | -0,000 6 |
| [4330]—[15201] | = +0,000 2 | -0,000 8 |
| [4330] — [15273] | = +0,007 8 | +0,000 5 |
| [4330] — [4430] | = -0,001 6 | -0,000 3 |
| [4330] — [4431] | = -0,003 2 | -0,000 8 |
| [15201]—[15273] | = +0,004 6 | -0,001 6 |
| [15201] — [4428] | = -0,002 2 | 0,000 0 0,000 0 |
| [15201] — [4429] | = -0,001 1 | 0,000 0 0,000 0 |
| [15273] — [4430] | = -0,008 3 | +0,000 3 |
| [15273] — [4431] | = -0,009 0 | +0,000 6 |

d'où l'on tire les équations normales.

TABLEAU II. — *Équations normales.*

| | | | |
|---|---|---------------|-----------|
| 7 [123] — [124] — [4327] — [4330] — [4428] — [4429] | — [15201] — [15273] | deg = +0,0429 | |
| - [123] + 7 [124] — [4327] — [4330] | — [4430] — [4431] — [15201] — [15273] | = +0,0582 | |
| - [123] — [124] + 7 [4327] — [4330] — [4428] — [4429] | — [15201] — [15273] | = -0,0049 | |
| - [123] — [124] — [4327] + 7 [4330] | — [4430] — [4431] — [15201] — [15273] | = -0,0109 | |
| - [123] — [4327] | + 3 [4428] | — [15201] | = -0,0024 |
| - [123] — [4327] | + 3 [4429] | — [15201] | = -0,0055 |
| — [124] — [4330] | + 3 [4430] | — [15273] | = +0,0026 |
| — [124] — [4330] | + 3 [4431] | — [15273] | = +0,0058 |
| - [123] — [124] — [4327] — [4330] — [4428] — [4429] | + 7 [15201] — [15273] | = -0,0168 | |
| - [123] — [124] — [4327] — [4330] | — [4430] — [4431] — [15201] + 7 [15273] | = -0,0690 | |

On aboutit finalement au tableau suivant, qui résume les résultats obtenus à 10°, 20°, 30°, 40° et 50°.

COMPARAISONS DE THERMOMÈTRES ÉTALONS.

9

TABLEAU III. $M = \frac{[4428] + [4429] + [4430] + [4431]}{4}$.

| 10°. | 20°. | 30°. | 40°. | 50°. |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| deg | deg | deg | deg | deg |
| [123] = M + 0,0002 | M + 0,0030 | M + 0,0031 | M + 0,0054 | M + 0,0052 |
| [124] = » + 0,0027 | » + 0,0034 | » + 0,0035 | » + 0,0057 | » + 0,0074 |
| [4327] = » - 0,0011 | » - 0,0019 | » - 0,0034 | » - 0,0011 | » - 0,0008 |
| [4330] = » - 0,0022 | » 0,0000 | » - 0,0014 | » - 0,0002 | » - 0,0012 |
| [43201] = » - 0,0005 | » - 0,0003 | » - 0,0021 | » - 0,0020 | » - 0,0023 |
| [43273] = » - 0,0031 | » - 0,0047 | » - 0,0083 | » - 0,0085 | » - 0,0085 |
| [4428] = » - 0,0003 | » - 0,0025 | » + 0,0026 | » + 0,0019 | » - 0,0001 |
| [4429] = » - 0,0006 | » + 0,0013 | » - 0,0017 | » - 0,0012 | » - 0,0011 |
| [4430] = » - 0,0005 | » + 0,0005 | » - 0,0015 | » - 0,0013 | » + 0,0001 |
| [4431] = » + 0,0014 | » + 0,0007 | » + 0,0006 | » + 0,0005 | » + 0,0011 |

Les divergences entre les thermomètres n^{os} 4428, 4429, 4430, 4431, et leur moyenne M, avaient été déjà étudiées par Chappuis avant les comparaisons avec le thermomètre à gaz ⁽¹⁾. M. Guillaume avait aussi comparé autrefois les thermomètres n^{os} 4327, 4330, 4430, 4431 entre eux ⁽²⁾, et il avait calculé les écarts des deux premiers par rapport à la moyenne des quatre thermomètres n^{os} 4428, 4429, 4430 et 4431, à l'aide des valeurs tirées des expériences de P. Chappuis. Nous reproduisons ci-dessous ces divers résultats, accompagnés de leurs différences avec les nombres actuels, exprimées en millièmes de degré.

TABLEAU IV.

| 10°. | 20°. | 30°. | 40°. |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Diff. | Diff. | Diff. | Diff. |
| [4327] = | M - 0,0016 | M - 0,0015 | M + 0,0006 |
| [4330] = | » - 0,0044 | » - 0,0005 | » - 0,0040 |
| [4428] = M - 0,0010 + 0,7 | » - 0,0015 | » - 0,0014 | » + 0,0006 |
| [4429] = » 0,0000 - 0,6 | » - 0,0005 | » - 0,0008 | » - 0,0010 |
| [4430] = » + 0,0008 - 1,3 | » + 0,0004 | » + 0,0008 | » - 0,0002 |
| [4431] = » + 0,0002 + 1,2 | » + 0,0016 | » + 0,0014 | » + 0,0006 |

On voit que, dans l'ensemble, la concordance est satisfaisante, les plus gros écarts atteignant exceptionnellement 0^{des},004.

Les comparaisons des thermomètres n^{os} 180 et 181 avec les thermomètres n^{os} 4428, 4429, 4430 et 4431, au voisinage de 60° et 70°, ont donné les résultats suivants :

$$\frac{[180] + [181]}{2} = M \dots \dots \dots + 0^{\text{des}},0036 \quad \quad \quad + 0^{\text{des}},0020$$

Combinés avec les moyennes des valeurs trouvées pour les thermomètres

⁽¹⁾ P. CHAPPUIS, *Études sur le thermomètre à gaz et sa comparaison avec des thermomètres à mercure*, p. 22.

⁽²⁾ CH.-ÉD. GUILLAUME, *Thermomètres étalons*, p. 22.

n^{os} 123 et 124, ces nombres forment le tableau ci-après, qui contient les résultats relatifs aux thermomètres à réservoir en verre d'Iéna 16^{III}.

| Température. | Verre d'Iéna 16 ^{III} — verre dur. |
|--------------|--|
| 0 | deg |
| 10..... | +0,0014 |
| 20..... | +0,0032 |
| 30..... | +0,0033 |
| 40..... | +0,0055 |
| 50..... | +0,0063 |
| 60..... | +0,0036 |
| 70..... | +0,0020 |

Il semblait naturel de chercher à représenter ces nombres par la même formule que P. Chappuis avait choisie pour ses comparaisons entre le thermomètre à gaz et les thermomètres à mercure, c'est-à-dire

$$y = \theta(100 - \theta) (a + b\theta + c\theta^2);$$

mais le calcul a montré que, vers 90°, la valeur de cette fonction s'annule et change même de signe, ce qui paraît bien invraisemblable. Il semble plutôt que la répartition des points de comparaison, leur nombre, et la précision des expériences, ne permettent pas de calculer une formule comportant un terme en θ^2 . On a donc utilisé la même formule réduite à

$$y = \theta(100 - \theta) (a + b\theta),$$

dans laquelle y représente la différence observée et compensée à la température θ (les indications des deux échelles, très voisines, pouvant être confondues dans la formule); a et b étant des constantes qui seront déduites du calcul par la méthode des moindres carrés.

Les résultats du tableau ci-dessus conduisent donc aux équations de condition suivantes :

| | deg | Obs. — Calc. |
|---------|-------------------|--------------|
| 900a + | 9000b = +0,0014 | -0,0007 |
| 1600a + | 32000b = +0,0032 | -0,0003 |
| 2100a + | 63000b = +0,0033 | -0,0010 |
| 2400a + | 96000b = +0,0055 | +0,0009 |
| 2500a + | 125000b = +0,0063 | +0,0018 |
| 2400a + | 144000b = +0,0036 | -0,0004 |
| 2100a + | 147000b = +0,0020 | -0,0012 |

qui permettent d'établir les équations normales

$$\begin{aligned} 2996 \cdot 10^4 a + 13888 \cdot 10^5 b &= + 55,1, \\ 13888 \cdot 10^5 a + 72260 \cdot 10^6 b &= +2450,8. \end{aligned}$$

COMPARAISONS DE THERMOMETRES ÉTALONS.

Les valeurs des constantes qui en résultent sont :

$$\begin{aligned} a &= +2,44725 \cdot 10^{-6}, \\ b &= -0,01312 \cdot 10^{-6}. \end{aligned}$$

Leur substitution dans les équations de condition permet de calculer les erreurs résiduelles qui sont inscrites en regard de ces équations.

La formule cherchée est donc la suivante :

$$\theta_1 - \theta_{vd} = \theta(100 - \theta)(2,44725 - 0,01312 \theta) 10^{-6}.$$

Les indications des quatre thermomètres ayant participé aux expériences de Chappuis sont rapportées, d'autre part, au thermomètre à hydrogène par la formule (1)

$$\theta_{vd} - \theta = \theta_{vd}(100 - \theta_{vd})(61,85909 - 0,47351 \theta_{vd} + 0,0011577 \theta_{vd}^2) 10^{-6}.$$

Il est donc facile de relier l'échelle des thermomètres à réservoir en verre d'Iéna à l'échelle normale du thermomètre à hydrogène, en combinant les deux formules qui précèdent. Le faible écart qui sépare les thermomètres en verre dur et en verre d'Iéna, permet d'écrire

$$\theta_1 - \theta = \theta_1(100 - \theta_1)(64,3063 - 0,48663 \theta_1 + 0,0011577 \theta_1^2) 10^{-6}.$$

C'est à l'aide de cette dernière formule qu'on a tracé le diagramme ci-dessous, et qu'on a calculé la table suivante des corrections qu'il faut ajouter aux indica-

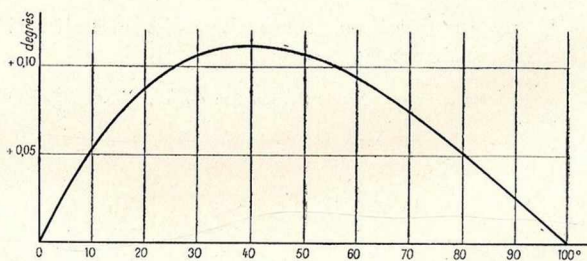


Fig. 2. — Indications des thermomètres à réservoir en verre d'Iéna 16^m et tige en verre vert rapportées au thermomètre à hydrogène.

tions du thermomètre à mercure à réservoir en verre d'Iéna 16^m pour les ramener à celles du thermomètre à hydrogène.

(1) CH.-ÉD. GUILLAUME, *Formules pratiques pour la transformation des coefficients thermiques*, p. 11 (*T. et M.*, t. VI)

TABLEAU V.

Corrections à appliquer aux indications des thermomètres à mercure à réservoir en verre d'Iéna 16^{III} et tige en verre vert, pour les ramener au thermomètre à hydrogène.

| 0. | 10. | 20. | 30. | 40. | 50. | 60. | 70. | 80. | 90. | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | deg | deg | deg | deg | deg | deg | deg | deg | deg | |
| 0 | 0,000 | -0,006 | -0,012 | -0,018 | -0,024 | -0,029 | -0,035 | -0,040 | -0,044 | -0,049 |
| 10 | -0,054 | -0,058 | -0,062 | -0,066 | -0,069 | -0,073 | -0,076 | -0,079 | -0,082 | -0,085 |
| 20 | -0,088 | -0,091 | -0,093 | -0,095 | -0,097 | -0,099 | -0,101 | -0,102 | -0,104 | -0,105 |
| 30 | -0,107 | -0,108 | -0,109 | -0,109 | -0,110 | -0,111 | -0,111 | -0,112 | -0,112 | -0,112 |
| 40 | -0,112 | -0,112 | -0,112 | -0,112 | -0,111 | -0,111 | -0,110 | -0,110 | -0,109 | -0,108 |
| 50 | -0,107 | -0,106 | -0,105 | -0,104 | -0,103 | -0,102 | -0,100 | -0,099 | -0,097 | -0,096 |
| 60 | -0,094 | -0,093 | -0,091 | -0,089 | -0,087 | -0,085 | -0,083 | -0,082 | -0,080 | -0,077 |
| 70 | -0,075 | -0,073 | -0,071 | -0,069 | -0,067 | -0,064 | -0,062 | -0,060 | -0,057 | -0,055 |
| 80 | -0,052 | -0,050 | -0,047 | -0,045 | -0,042 | -0,040 | -0,037 | -0,035 | -0,032 | -0,029 |
| 90 | -0,027 | -0,024 | -0,022 | -0,019 | -0,016 | -0,013 | -0,011 | -0,008 | -0,005 | -0,003 |
| 100 | 0,000 | | | | | | | | | |
| 0. | 0°. | 1°. | 2°. | 3°. | 4°. | 5°. | 6°. | 7°. | 8°. | 9°. |

Expériences antérieures.

En 1889, M. Guillaume ⁽¹⁾ avait comparé deux thermomètres construits entièrement en verre d'Iéna 16^{III}, à nos deux thermomètres Tonnelot n^{os} 4327 et 4330, à douze températures comprises entre 0° et 50°. Les résultats de ces expériences, reliés à l'échelle normale du thermomètre à hydrogène par la formule ⁽²⁾

$$\theta_1 - \Theta = \theta_1(100 - \theta_1)(63,1001 - 0,49261\theta_1 + 0,0011577\theta_1^2) 10^{-6},$$

sont très voisins de ceux que fournissent les comparaisons actuelles, ainsi que le montre le tableau suivant :

Écarts par rapport au thermomètre à hydrogène.

| Température. | Verre d'Iéna 16 ^{III} . | Verre d'Iéna 16 ^{III} , tige en verre vert. | Différences. |
|--------------|-------------------------------------|---|--------------|
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 10 | +0,0525 | +0,0536 | -0,0011 |
| 20 | +0,0859 | +0,0881 | -0,0022 |
| 30 | +0,1037 | +0,1066 | -0,0029 |
| 40 | +0,1086 | +0,1121 | -0,0035 |
| 50 | +0,1034 | +0,1072 | -0,0038 |

Conclusion.

La Septième Conférence générale des Poids et Mesures, réunie au Pavillon

⁽¹⁾ CH.-ÉD. GUILLAUME, *Nouvelles études thermométriques*, p. 26.

⁽²⁾ Dans le Mémoire original, cette formule est exprimée en fonction de θ .

de Breteuil en 1927, a adopté, à titre provisoire, une échelle thermométrique internationale représentée par des repères de température, des formules d'interpolation et des méthodes de mesure proposés, d'un commun accord, par les Laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis d'Amérique et de Grande-Bretagne.

En particulier, l'intervalle de température qui s'étend de -190° à $+660^{\circ}$ est défini, dans cette échelle, par le thermomètre à résistance de platine, utilisé dans des conditions bien déterminées. Ce choix et la faveur justifiée dont cet instrument est l'objet dans de nombreux laboratoires, ne doivent pas faire oublier pourtant la simplicité et la commodité d'emploi du thermomètre à mercure. D'ailleurs, le thermomètre à résistance de platine met en œuvre un matériel encombrant, délicat, difficilement transportable et trop onéreux pour qu'on puisse l'utiliser dans toutes les expériences qui nécessitent la connaissance de la température. Aussi, il semble bien que le thermomètre à mercure, judicieusement employé dans l'intervalle de température, assez restreint il est vrai, où il peut donner des indications précises, présentera encore pendant longtemps un incontestable intérêt dans un grand nombre de cas.

La fabrication des nouveaux thermomètres a été étudiée et mise au point par la Société Prolabo, dont les techniciens, MM. Marteret et Veyrun, ont toujours témoigné d'un égal désir de donner satisfaction au Bureau international. L'exécution soignée de ces thermomètres permet de les utiliser avec la même sécurité que les beaux instruments dont Tonnelot, puis Baudin, assurèrent autrefois la construction.