





L'ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE NORMALE
ET LES ÉCHELLES PRATIQUES
POUR LA MESURE DES TEMPÉRATURES;

Par M. Ch.-Éd. GUILLAUME,
Directeur-Adjoint du Bureau International des Poids et Mesures.

(ANNEXE AUX *Procès-verbaux des séances du Comité international
des Poids et Mesures*, SESSION DE 1905.)

L'ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE NORMALE

ET LES ÉCHELLES PRATIQUES

POUR LA MESURE DES TEMPÉRATURES;

Par M. Ch.-Éd. GUILLAUME,

Directeur-Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

1. — L'ÉCHELLE THERMODYNAMIQUE ET L'ÉCHELLE NORMALE.

Considérons une propriété quelconque d'un corps, variant toujours dans le même sens lorsque la température s'élève, et possédant, à toute température, une valeur bien déterminée. Supposons que nous ayons mesuré la valeur de cette propriété à la température de la glace fondante et à celle de l'eau bouillante. Les centièmes successifs de la variation de la propriété considérée, à partir de la température de la glace fondante, définiront les degrés centésimaux d'une échelle thermométrique arbitraire, fondée sur la propriété en question.

On peut évidemment établir autant d'échelles thermométriques arbitraires bien définies qu'il existe de propriétés thermiques des corps répondant aux conditions ci-dessus énoncées.

A une époque où les dilatations des liquides étaient seules employées dans l'établissement des échelles thermométriques, et où la précision des mesures était loin de ce qu'elle est aujourd'hui, l'inconvénient de posséder plusieurs échelles thermométriques arbitraires avait déjà frappé les physiciens, et avait conduit Gay-Lussac à rapporter toutes les opérations thermométriques à une échelle fondée sur la dilatation des gaz permanents. L'idée de Gay-Lussac avait sa pleine justification dans le fait, qu'il pensait avoir définitivement établi, de l'égalité de dilatation des gaz usuels. Il devait

nécessairement voir, dans cette constatation, l'expression d'une loi naturelle d'une portée générale, et ne pouvait mieux faire que de mettre sous le couvert de cette loi, qui apparaissait d'une importance capitale, une mesure livrée jusque-là à l'arbitraire le plus complet.

Le développement de la thermodynamique vint montrer plus tard qu'une échelle thermométrique n'est pas nécessairement liée à une propriété déterminée d'un corps réel, mais qu'il peut exister une échelle possédant une existence propre, indépendante des propriétés de la matière. Par un hasard singulièrement heureux, il se trouve que cette échelle peut être matérialisée dans la forme qu'a indiquée Gay-Lussac, mais en y ajoutant la condition essentielle que le gaz sur lequel est fondée la nouvelle échelle possède certaines qualités que l'on renferme dans la notion limite du *gaz parfait*.

La matérialisation d'une unité ou d'une échelle de mesure susceptible, d'autre part, d'une définition immédiate, soulève des questions délicates et souvent controversées. Si l'on s'en tenait uniquement aux conditions théoriques du problème, on serait conduit à considérer la représentation matérielle comme faisant double emploi avec la définition idéale, si elle pouvait lui être identique; ou, ce qui est pire, comme susceptible de fausser la valeur des résultats auxquels elle conduit, si elle en diffère.

Malgré tout ce que ce raisonnement semble avoir de rigoureux, les besoins de la pratique ont conduit, dans des cas nombreux, à n'en tenir aucun compte. Une représentation matérielle est une nécessité inéluctable de la Métrologie, qui a toujours construit et sanctionné des étalons susceptibles d'être directement utilisés. C'est ainsi qu'après avoir relié l'unité des mesures de longueur aux dimensions de la Terre, on a basé toutes les mesures sur le Mètre des Archives, puis sur le Mètre international; de même, toutes les déterminations de masse sont rapportées au Kilogramme et non à la masse du décimètre cube d'eau; de même enfin, après avoir défini l'ohm comme égal à 10^9 unités C.G.S. de résistance, on l'a matérialisé dans l'Ohm légal et, en une deuxième approximation, dans l'Ohm international.

En vue d'une telle définition, on devait nécessairement chercher à déterminer, par l'expérience, les écarts existant entre l'échelle définie théoriquement, et les indications thermométriques données par la dilatation des gaz réels. Un travail très étendu, dans lequel se

trouvaient rassemblées pour la première fois toutes les données alors connues concernant les propriétés thermiques des gaz usuels, conduisit M. Weinstein ⁽¹⁾, à la suite de M. Jochmann ⁽²⁾, à montrer que, aux températures comprises entre 0° et 100°, les thermomètres à air et à acide carbonique sont en légère avance sur l'échelle thermodynamique; et une recherche expérimentale très précise, exécutée au Bureau international, de 1885 à 1887, par M. P. Chappuis, permit d'établir les divergences existant entre les indications des thermomètres à azote, à hydrogène et à acide carbonique. Rapprochés des conclusions de M. Weinstein, ces résultats conduisirent à admettre que les indications du thermomètre à hydrogène, aux températures usuelles, sont si voisines de l'échelle théorique qu'il était alors impossible d'indiquer le signe de la divergence possible des deux échelles. Ce résultat était d'ailleurs appuyé par les nombreuses expériences ayant mis hors de doute le fait que, de tous les gaz connus à l'époque de ces recherches, l'hydrogène est de beaucoup celui qui s'approche le plus de l'état parfait.

On put dès lors faire un nouveau pas dans l'unification, avec l'idée de fixer, pour l'usage, une échelle thermométrique unique, et de la choisir de telle sorte que, à l'époque plus ou moins éloignée où l'on pourrait établir définitivement l'échelle thermodynamique, les changements à opérer fussent réduits à la plus petite valeur possible. Ces diverses raisons engagèrent le Comité international des Poids et Mesures à adopter pour son Service, sous le nom d'*échelle thermométrique normale*, l'échelle donnée par la variation de pression de l'hydrogène, partant d'une pression initiale de 1^m de mercure à 0°. Cette résolution, prise en 1887, a été sanctionnée par la Conférence générale de 1889.

En prenant cette décision, le Comité et la Conférence n'avaient en vue que le Service des Poids et Mesures, dans lequel les températures à mesurer ne dépassent pas des limites étroites; il n'avait donc pas à se préoccuper des difficultés que pouvait présenter l'emploi de l'hydrogène comme gaz thermométrique aux températures très élevées ou très basses, et sa décision, qui consacrait une nou-

(1) B. WEINSTEIN, *Ueber die Reduktion der Angaben von Gasthermometern auf absolute Temperaturen* (*Metronomische Beiträge*, n° 3, 1881).

(2) JOCHMANN, *Beiträge zur Theorie der Gase* (*Schlömilch Zeitsch. für Math. und Phys.*, t. V, 1860, p. 24).

velle étape dans l'unification des mesures, pouvait être considérée comme irréprochable.

Mais la majorité des physiciens ayant adopté la décision du Comité international, on eut à envisager les inconvénients pratiques que présente l'emploi de l'hydrogène dans certaines conditions particulières. D'une part, il n'est pas de réservoirs connus qui soient susceptibles de conserver l'hydrogène sous pression à des températures élevées; d'autre part, certaines expériences pouvaient faire craindre que, à des températures très basses, la dilatation de l'hydrogène s'écartât sensiblement de celle d'un gaz parfait.

Voyons d'abord quels sont les écarts réels entre l'échelle du thermomètre à hydrogène et l'échelle thermodynamique.

Les perfectionnements récents de la théorie des gaz ont donné beaucoup de sécurité aux calculs relatifs à la question qui nous occupe. Tour à tour, MM. Callendar, Rose-Innes, D. Berthelot, ont abordé le problème, et l'ont traité avec succès. Je me tiendrai aux conclusions de la plus récente de ces recherches, celle de M. Daniel Berthelot, dont je reproduirai ici les conclusions qui nous intéressent particulièrement ⁽¹⁾.

Les écarts entre le thermomètre à hydrogène à volume constant (la pression initiale étant 1^m de mercure) et l'échelle thermodynamique sont les suivants ⁽²⁾.

Températures.	Écarts.	Températures.	Écarts.
^o	deg	^o	deg
-240	+0,18	+ 100	0,000
-200	+0,06	+ 200	+0,003
-100	+0,008	+ 300	+0,007
0	0,000	+ 400	+0,013
+ 20	-0,0005	+ 500	+0,02
+ 40	-0,0005	+ 800	+0,04
+ 60	-0,0005	+1000	+0,05
+ 80	-0,0003		

⁽¹⁾ D. BERTHELOT, *Sur les thermomètres à gaz, et sur la réduction de leurs indications à l'échelle absolue des températures.* (*Travaux et Mémoires*, t. XIII.)

⁽²⁾ Les données relatives aux températures très élevées ne doivent être considérées que comme approximatives. Les écarts sont proportionnels à la pression initiale.

Les quantités positives du Tableau doivent être *ajoutées* aux indications du thermomètre à hydrogène pour les ramener à l'échelle thermodynamique.

Les résultats donnés par M. Berthelot s'arrêtent à l'entrée d'un domaine dont la conquête, réalisée grâce aux admirables travaux de M. Olszewski, de M. Dewar, de MM. Ramsay et Travers, et d'autres physiciens qui avaient préparé les voies, est encore trop récente pour que l'on puisse enregistrer définitivement les résultats des mesures déjà faites dans cette région pittoresquement désignée par M. Dewar comme le nadir des températures. Remarquons cependant que le thermomètre à hydrogène nous conduit au seuil de cette région, à une trentaine de degrés du zéro absolu, sans présenter encore, par rapport à l'échelle thermodynamique, un écart trop considérable. Mais il ne permettrait pas d'aller beaucoup plus loin sans que les écarts devinssent très sensibles, et d'une nature complexe.

A toutes les températures aisément accessibles à l'expérience, les écarts cherchés sont petits au contraire, et tels que, jusqu'ici, aucune mesure de température exprimée dans l'échelle normale n'éprouverait, par sa transformation dans l'échelle thermodynamique, de correction supérieure à sa propre incertitude. Pour l'immense majorité des déterminations météorologiques, les deux échelles pourront rester confondues pendant longtemps encore, et ce n'est que pour certaines déterminations particulièrement délicates que l'on pourra, dans un avenir sans doute encore éloigné, être conduit à distinguer entre elles.

La décision du Comité international, qui créait, pour le Service des Poids et Mesures, une échelle normale, avait paru pleinement justifiée à l'époque où elle a été prise. Les travaux récents ont donné à cette décision une sanction encore plus complète qu'on n'eût pu l'espérer.

Mais la difficulté pratique de l'emploi de l'hydrogène aux températures élevées subsiste tout entière. On peut la tourner, cependant, sans s'écarter pratiquement des définitions acceptées par les physiciens par un emploi judicieux du thermomètre à azote. En effet, il résulte des mesures faites par M. P. Chappuis que la variation de pression exercée par une masse donnée d'azote enfermée dans un volume invariable est représentée, en fonction de la température, par une courbe dont la courbure, notable aux températures basses, diminue de plus en plus lorsque la température s'élève.

Pratiquement, pour une pression initiale de l'ordre d'une atmosphère, la relation est suffisamment linéaire au-dessus de 80° pour que l'on puisse négliger la courbure de la courbe. Si donc on déterminait la valeur du degré pour un thermomètre à azote entre deux températures telles par exemple que 100° et 200° , on pourrait considérer, aux températures plus élevées, les indications du thermomètre à azote comme correctes, dans les limites de précision des meilleures déterminations. Il sera pratique, en particulier, de faire une telle détermination entre la température d'ébullition de l'eau et celle du soufre, cette dernière étant admise à 445° sous la pression atmosphérique normale ⁽¹⁾.

Le même résultat serait atteint approximativement pour les températures supérieures à 100° , si, après avoir déterminé les points fondamentaux comme à l'ordinaire, on abaissait la valeur du zéro de $0,02$ degré. Les températures supérieures à 100° seraient alors remontées de manière à revenir aux indications du thermomètre à hydrogène.

Cette indication contient la règle simplifiée de l'emploi du thermomètre à azote aux températures élevées; mais un procédé de calcul aussi simple ne s'applique pas aux températures basses, où les relations sont loin d'être linéaires; il vaut donc mieux, si l'on veut faire servir le thermomètre à azote à des mesures rigoureuses, calculer les températures à la manière ordinaire, et leur appliquer, pour les ramener à l'échelle thermodynamique, les corrections fournies par la théorie. Les chiffres du Tableau ci-après, établis par M. D. Berthelot, se rapportent au thermomètre à azote sous une pression initiale (à 0°) de 1^m de mercure, ou sous une pression constante d'une atmosphère.

⁽¹⁾ MM. Callendar et Griffiths indiquent $444^{\circ},53$, MM. Chappuis et Harker $445^{\circ},2$; le premier résultat, rapporté à un thermomètre à pression constante, doit être élevé de $0,42$ degré environ pour être ramené à l'échelle normale. Le second doit être, d'une part, élevé de $0,13$ degré pour la même raison, puis légèrement abaissé pour tenir compte d'une correction dans la formule de dilatation de la porcelaine. Il est difficile, en somme, de dire si la température en question est supérieure ou inférieure à 445° ; elle semble n'en pas différer de plus d'un dixième de degré.

Température.	Corrections du thermomètre à azote à	
	volume constant.	pression constante.
	deg	deg
-150.....	+0,33	+1,11
-100.....	+0,125	+0,353
- 50.....	+0,036	+0,093
0.....	0,000	0,000
20.....	-0,0055	-0,013
40.....	-0,0085	-0,018
60.....	-0,0079	-0,017
80.....	-0,0047	-0,011
100.....	0,000	0,000
200.....	+0,046	+0,086
300.....	+0,114	+0,209
400.....	+0,194	+0,347
500.....	+0,28	+0,49
800.....	+0,56	+0,95
1000.....	+0,77	+1,26

Les nombres contenus dans le Tableau ci-dessus et dans celui qui se rapporte à l'hydrogène présentent entre eux des écarts dont la valeur est remarquablement confirmée par les résultats des expériences de M. Chappuis, dans tout l'intervalle de température où elles ont été faites.

Aux températures les plus basses, l'hydrogène s'approche aussi de sa liquéfaction, et les indications thermométriques qu'il fournit deviennent incertaines; mais alors il est suppléé par l'hélium, le plus permanent de tous les gaz connus.

Des recherches sur le thermomètre à hélium ont été effectuées par Sir W. Ramsay et par MM. W. Travers, G. Senter et A. Jaquerod. Elles ont donné, par rapport au thermomètre à hydrogène, les écarts suivants :

Températures.	Ecarts.
	deg
- 260 ^o	- 0,20
- 250	- 0,19
- 180	- 0,10

Rapprochant ces nombres de ceux du Tableau relatif à l'hydrogène, on voit que les indications fournies par l'hélium concordent avec l'échelle thermodynamique dans les limites de précision des données actuellement connues, au moins jusqu'à une dizaine de degrés du zéro absolu. Le thermomètre à hélium a été utilisé avec succès jusqu'à 5 degrés du zéro absolu, la plus basse température atteinte jusqu'ici.

L'hélium serait donc le gaz idéal de la Thermométrie, s'il n'était pas très rare et, par conséquent, coûteux à isoler, et s'il ne possédait pas aussi la propriété qui rend l'hydrogène inutilisable aux températures élevées, celle de traverser les parois de tous les réservoirs. Aux températures ordinaires, il ne présente, d'ailleurs, aucun avantage sur l'hydrogène, puisque ce dernier gaz est d'un maniement facile et fournit directement, et sans aucune correction, des indications pratiquement identiques avec celles de l'échelle théorique.

La question de l'échelle normale des températures se présente donc, en résumé, sous la forme suivante : le thermomètre à hydrogène sous volume constant et sous la pression initiale de 1^m de mercure, adopté par le Comité international comme étalon normal des températures, fournit, jusqu'à des températures très basses, des indications qui se confondent pratiquement avec l'échelle thermodynamique; et ce n'est qu'au voisinage des températures les plus basses qui aient été atteintes que les écarts entre l'échelle normale et l'échelle thermodynamique deviennent appréciables. A ces températures, le thermomètre à hélium prolonge, sans discontinuité, le thermomètre à hydrogène et peut lui être substitué avantageusement. Aux températures élevées, le thermomètre à hydrogène, théoriquement parfait, doit être abandonné pour des raisons pratiques. Le thermomètre à azote peut alors prolonger son échelle, soit que ses constantes aient été déterminées par des opérations faites à des températures suffisamment élevées, soit que l'on applique à ses indications les corrections fournies par la théorie.

Le thermomètre à hélium refuse son emploi dans les mêmes régions que le thermomètre à hydrogène; l'emploi du thermomètre à azote est impossible bien avant les températures basses où l'hydrogène est inutilisable. En somme, aucun gaz ne permet la réalisation d'une échelle unique dans tout l'intervalle des températures que l'on peut atteindre; pour les besoins de la pratique, il semble indiqué de partager les températures en trois régions dont la première, très

basse, exige l'emploi du thermomètre à hélium; la deuxième, comprenant les températures basses et moyennes, convient au thermomètre à hydrogène, et dont la troisième, plus élevée, commande l'emploi du thermomètre à azote. La supériorité, au point de vue thermométrique, de l'hydrogène ou de l'hélium est de fournir, dans tout le domaine moyen, une échelle matérielle pratiquement identique avec celle que définit la thermodynamique, alors que l'azote ne donne pas cette échelle sans une correction ou un artifice.

Cette particularité constitue un avantage certain, pour l'époque actuelle, de l'emploi des deux gaz très parfaits que l'on possède, et pour lesquels il est à peu près indifférent d'appliquer ou de négliger des corrections encore un peu incertaines et dont la petitesse confine à la limite de précision des meilleures expériences. En revanche, il semble évident que, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'unification devra se faire sur l'échelle thermodynamique, obtenue en appliquant les corrections données par la théorie aux indications fournies par divers thermomètres à gaz dans leurs domaines respectifs. Lorsque cette unification définitive s'imposera, on n'aura aucune modification à apporter aux données expérimentales obtenues à notre époque en prenant pour base le thermomètre à hydrogène.

Ainsi, l'échelle normale aura fourni une mesure transitoire parfaite pour tout l'intervalle de températures auquel les physiciens l'ont appliquée, et qui pourra même être indéfiniment conservée pour toute la région moyenne, que le Comité international et la Conférence de 1889 avaient seule en vue en la sanctionnant. Tel ne serait pas le cas de l'échelle de l'azote, qui s'écarte assez de l'échelle normale pour que les mesures précises de notre époque, et plus encore celles de l'avenir, exigent l'application systématique des corrections qu'elle comporte.

2. — MESURES PAR LA VARIATION DE L'INDICE DE L'AIR.

D'autres méthodes que celles fondées sur la variation de volume ou de pression d'un gaz ont été employées, dans ces dernières années, pour la mesure des températures. Il convient de citer tout d'abord la méthode élaborée par M. D. Berthelot, fondée sur la mesure, par des procédés interférentiels, de l'indice de réfraction d'une colonne d'air soumise à la température à mesurer. Cette méthode offre, pour les températures élevées, le grand avantage de ne faire intervenir que la longueur de la colonne gazeuse consi-

dérée, sans que l'on ait à s'occuper de ses dimensions transversales; le tube qui la contient peut donc se déformer par la chaleur sans que la mesure en soit rendue moins précise.

La méthode repose entièrement sur l'idée que le pouvoir réfringent d'un gaz varie comme sa densité. Or, au moment où M. Berthelot entreprit ses recherches, on possédait déjà les expériences faites par M. Mascart relativement à l'effet de la pression, et celles de M. Benoit concernant la température. Ces dernières avaient vérifié la loi avec une approximation remarquable; mais elles n'avaient pas dépassé l'intervalle compris entre 0° et 85°. L'extrapolation jusqu'au delà de 1000° tentée par M. Berthelot était donc assez hardie, et l'on ne pouvait pas admettre, sans vérification, que les indications de la nouvelle méthode concorderaient parfaitement avec celles que fournissent les procédés classiques. La vérification a été faite par la détermination de la température de fusion de l'or.

Laissant de côté les résultats anciens de M. Violle, de M. Barus, de MM. Holborn et Wien, dont la précision est inférieure à celle qui a été atteinte dans ces dernières années, il reste, pour établir la comparaison, les déterminations faites par M. D. Berthelot, en 1898, en se servant de la méthode dont le principe vient d'être indiqué; par MM. Holborn et Day, en 1899, à l'aide d'un thermomètre à azote, à volume constant; enfin par MM. Perrot et Jaquerod, qui ont mesuré les températures au moyen de thermomètres à air, à azote, à oxygène, à oxyde de carbone et à acide carbonique.

En appliquant aux résultats bruts de ces mesures les corrections indiquées par M. D. Berthelot ⁽¹⁾, sa méthode étant considérée comme équivalente à celle du thermomètre à air sous pression constante, on trouve les valeurs respectives suivantes de la température de fusion de l'or :

D'après M. D. Berthelot.....	1065,6 ⁰
» MM. Holborn et Day.....	1064,3
» MM. Perrot et Jaquerod.....	1067,4

Le résultat de M. Berthelot étant compris entre ceux, très voisins, que fournit le thermomètre à variation de force élastique, on est autorisé à conclure que la variation du pouvoir réfringent de l'air

(¹) D. BERTHELOT, *Sur le point de fusion de l'or* (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1153).

est rigoureusement proportionnelle à celle de sa densité, et que les indications thermométriques fournies par la méthode de M. Berthelot, corrigées comme celles d'un thermomètre à gaz à pression constante, sont équivalentes à celles que donne le thermomètre à gaz sous sa forme ordinaire.

3. THERMOMÉTRIE RADIOMÉTRIQUE.

La variation de la densité ou de la force élastique d'un gaz n'est pas le seul phénomène que l'on puisse rapporter de façon simple aux principes de la Thermodynamique. Partant des lois fondamentales des phénomènes du rayonnement établies par Kirchhoff en 1861, MM. Boltzmann, W. Michelson, W. Wien, Planck ont donné, aux formules indiquant la puissance du rayonnement d'un corps noir en fonction de la température et de la longueur d'onde, une forme concrète, conduisant à des conclusions que l'expérience permet de vérifier directement. Les relations les plus importantes dont l'examen puisse être abordé sont les suivantes.

Désignant par $f(\lambda, \theta)$ la fonction qui exprime la puissance du rayonnement d'un corps noir ou *radiateur intégral* pour toutes les longueurs d'onde λ et toutes les températures absolues θ , on a d'abord la relation connue sous le nom de *loi de Stefan-Boltzmann*,

$$\int_0^{\infty} f(\lambda, \theta) d\lambda = A \theta^4,$$

qui s'exprime en disant que la puissance totale du rayonnement d'un corps noir est proportionnelle à la quatrième puissance de sa température absolue.

Une deuxième relation est contenue dans l'équation

$$\lambda_m \theta = B,$$

dans laquelle λ_m est la longueur d'onde correspondant à la valeur maxima de la puissance de la radiation. C'est la *loi du déplacement de Wien*.

Enfin, si l'on désigne par P_m la valeur de cette puissance maxima, on aura

$$P_m \theta^{-5} = C.$$

A, B et C sont trois constantes.

Ces relations étant établies par la théorie, il fallait d'abord en vérifier l'exactitude. Cette tâche difficile a été entreprise par MM. Lummer et Pringsheim, dans un ensemble de travaux exécutés à la Reichsanstalt, et qui peuvent être rangés parmi les recherches de physique les plus remarquables de ces dernières années.

Ces habiles expérimentateurs ont réalisé le radiateur intégral théorique, qui n'est autre qu'une enceinte isotherme, fermée de toutes parts, à l'exception d'une très petite ouverture servant à recueillir au dehors l'ensemble des radiations qui se trouvent en équilibre à l'intérieur de l'enceinte. L'instrument de mesure était un bolomètre de forme convenable, bolomètre de surface pour l'examen de la loi de Stefan, spectrobolomètre à récepteur linéaire pour la vérification des deux autres lois.

Le résultat de ces recherches a été la vérification, aussi parfaite qu'on pouvait le désirer, des trois lois en question. En outre, une autre loi a été empiriquement établie, loi photométrique, sans justification théorique il est vrai, mais d'une forme si simple qu'elle a permis à son tour de fonder de bonnes mesures sur son existence.

En possession de ces méthodes nouvelles, MM. Lummer et Pringsheim ont songé à étendre le domaine des températures mesurables jusqu'à des régions inaccessibles à tous les pyromètres existants, en raison des modifications que toute matière y éprouve.

Ayant réalisé un corps noir constitué par un cylindre creux de charbon chauffé à l'aide d'un courant intense, ils ont pu utiliser les valeurs préalablement déterminées des constantes A, B et C pour mesurer, au moyen des trois relations précédemment vérifiées et de la loi photométrique directement établie, la température même à laquelle correspondait le rayonnement observé.

Des mesures fondées sur une seule des lois théoriques du rayonnement auraient été déjà précieuses dans les régions inaccessibles au thermomètre à gaz, parce que, reposant sur des considérations théoriques, vérifiées aussi loin que le thermomètre à gaz a permis d'atteindre, elles auraient prolongé sans discontinuité son échelle par une autre d'une valeur apparente tout aussi réelle. Mais les procédés radiométriques ont gagné singulièrement en valeur par la comparaison qui a été faite des données que fournissent les diverses lois du rayonnement. La température du cylindre, maintenue aussi invariable que possible, était mesurée dans des expériences alternées, et immédiatement consécutives.

Le résultat de ces mesures a été donné dans un récent mémoire; la conclusion en est que, jusqu'au delà de 2000° , les températures déduites des diverses lois utilisées concordent certainement à moins de 5 degrés près.

Si l'on songe qu'il y a dix ans à peine, une précision du même ordre était difficilement obtenue dans la région de 1000° , on reconnaîtra que les résultats des recherches récentes marquent un très grand progrès dans la mesure des températures élevées. Comme les lois sur lesquelles reposent les méthodes nouvelles sont établies avec la même rigueur que celles auxquelles conduit la considération des gaz parfaits, les mesures thermométriques fondées sur le rayonnement du radiateur intégral sont aussi justifiées que celles qui font intervenir les méthodes usitées jusqu'ici. L'échelle radiométrique n'est pas distincte de l'échelle thermométrique; elle se confond avec celle-ci dans le domaine qui leur est commun, et la continue très exactement dans les régions qui lui sont inaccessibles.



PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
36980 Quai des Grands-Augustins, 55.

