

Les erreurs dues à la capillarité dans les indications des thermomètres à mercure

Autor(en): **Guillaume, C.-Éd.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **12 (1930)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-741230>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les erreurs dues à la capillarité dans les indications des thermomètres à mercure

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME¹

(Avec 2 fig.)

On accroît la précision des indications d'un thermomètre à mercure en allongeant la valeur du degré; mais cette affirmation, que n'aurait pas désavouée M. de la Palisse, est pleine de réticences, comme je vais le montrer.

Le ménisque mercuriel ne conserve pas toujours la même forme; il se bombe lorsque la température monte, et s'aplatit lorsque les indications d'un thermomètre sont rétrogrades. La preuve la plus directe de ce fait consiste à isoler, dans le tube du thermomètre, une colonne, qui se déplace d'elle-même lorsqu'on amène le tube à la position verticale, mais qui s'arrête, lorsqu'on l'incline de la quantité voulue. J'ai trouvé ainsi qu'une colonne mercurielle reste immobile dans un tube de 0,1 mm de diamètre, lorsqu'elle possède une longueur de 48 mm. Les deux ménisques, ascendant et descendant, ayant exactement les mêmes angles de raccordement avec le verre que les surfaces limitant la masse du mercure dans le cas d'une colonne suspendue, freinée par leur différence de forme, l'écart entre les indications du thermomètre dans le cas d'un ménisque ascendant ou descendant sera égal au produit du coefficient de pression intérieure de l'instrument par la pression qu'exercerait la colonne restée juste en suspens dans le thermomètre.

¹ Voir *Archives*, (3), 16, p. 507 (1886) et 17, p. 19 (1887).

Dans la pratique, il y aura à chercher la longueur du degré qui sera la plus avantageuse pour les expériences que l'on prévoit.

Pour les thermomètres calorimétriques, par exemple, où les lectures doivent être prises au vol, la précision sera envisagée tout autrement que dans les thermomètres observés à une température à peu près fixe. Dans ces derniers, les lectures pouvant être faites posément, à la lunette ou même au micromètre, on devra réduire l'erreur capillaire autant que possible, en adoptant une longueur de degré compatible avec de très bonnes observations, et négligeant cette erreur. J'ai trouvé autrefois que, pour les thermomètres observés dans les conditions les plus parfaites, la meilleure longueur pour le degré est voisine de 1 cm.

Il ne faut pas oublier que le grossissement est toujours limité par la nécessité de se mettre suffisamment au point, à la fois sur le ménisque et sur les traits; c'est cette condition qui impose une limite à la grosseur de la tige.

On possède le moyen d'agir sur le coefficient de pression du thermomètre par l'épaisseur des parois du réservoir. Mais là, aussi, la limite est bientôt atteinte. La sensibilité de l'instrument exige que ces parois ne soient pas trop massives; et, pour finir, il y a un minimum du coefficient imposé par la compressibilité du mercure lui-même, qui, dans les thermomètres ordinaires, intervient pour un tiers ou un quart dans la valeur du coefficient de pression.

En somme, on voit que l'erreur capillaire du thermomètre résulte d'un compromis entre les conditions de construction, d'emploi et d'observation de l'instrument.

C'est dans la mesure du coefficient de pression que cette erreur apparaît le plus nettement.

Je rappellerai que, pour déterminer ce coefficient, on introduit le thermomètre dans un tube de verre, contenant une certaine quantité de mercure, où plonge le réservoir, et que l'on achève de remplir avec de la glycérine. Le tube est muni de deux robinets, dont l'un établit la communication avec l'atmosphère, tandis que l'autre le relie avec un récipient de grande capacité,

dans lequel on a fait un vide aussi poussé que le permet une trompe à eau.

Le thermomètre étant mis en place, on lit la position du ménisque toutes les 20 secondes, les lectures impaires étant faites sous la pression atmosphérique, les lectures paires sous la pression qui règne dans le récipient. Les robinets étant inversés aussi rapidement que possible, il s'écoule environ 3 secondes entre la lecture et l'établissement de la nouvelle pression. Dans le cas de l'abaissement de la pression, le ménisque se relève pendant 17 secondes, jusqu'à l'instant où l'observateur lit sa position. Si la marche du thermomètre est rapide, le ménisque se relève complètement; si elle est lente, il est encore partiellement descendant au moment où on le repère. Une détermination complète du coefficient de pression comporte en général 41 lectures, les observations dans un vide partiel étant encadrées par des lectures faites sous la pression atmosphérique.

La marche moyenne est obtenue en divisant la marche totale du thermomètre par 40, et en multipliant le quotient par $17/20$.

J'ai fait de nombreuses déterminations du coefficient de pression de certains thermomètres, en augmentant progressivement la marche de la température, ce qu'on peut obtenir par un refroidissement préalable du bain dans lequel plonge le tube contenant l'instrument.

Voici un exemple d'expériences faites sur un thermomètre dont le degré avait 24,67 mm de longueur.

Numéro des observations	Marches	Coefficient de pression		δ
		Observé	Calculé	
1	0,31	129,92	129,78	+ 0,14
2	0,96	130,67	130,66	+ 0,01
3	1,93	131,89	131,97	— 0,08
4	3,80	134,90	134,49	+ 0,41
5	4,56	135,40	135,52	— 0,12
6	4,60	134,96	135,57	— 0,61
7	7,69	140,00	139,75	+ 0,25
8	9,97	141,93		
9	10,10	142,31		
10	13,41	141,76		

Le carnet d'observation porte, sur les pages correspondant aux séries 8 et 9, la note: *le ménisque se déplace par moments dans les observations paires*; et sur celle de la dixième série: *le ménisque part*. C'est pour cette raison que les trois dernières observations ont été laissées de côté dans le calcul.

Le coefficient de pression peut être exprimé par la formule: $\beta = a + bm$, a et b étant des valeurs numériques, et m la marche du thermomètre. La valeur la plus probable des coefficients a et b déduits des observations qui précèdent est:

$$a = 129,35 ; \quad b = 1,351 .$$

Le coefficient vrai doit être compris entre ceux auxquels conduisent les marches égales à 8 et 10 millièmes de degré, soit entre 140,16 et 142,86. Les résultats sont représentés par la figure 1.

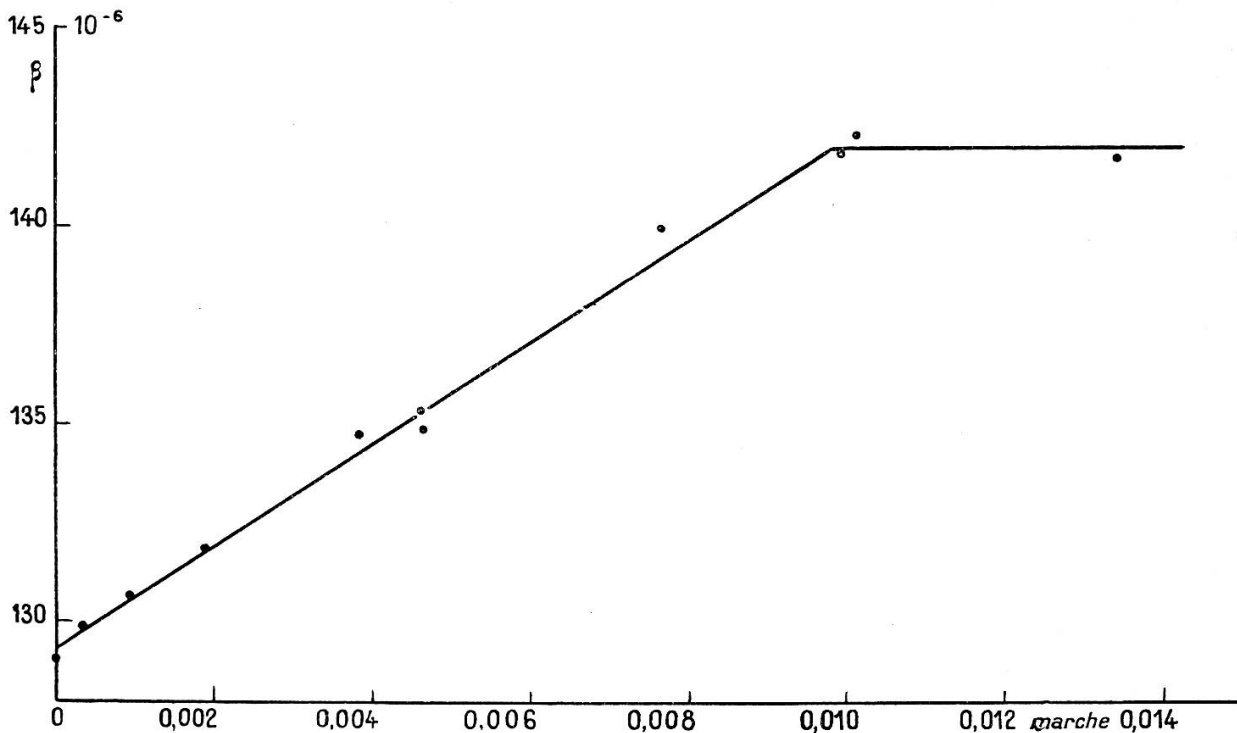


Fig. 1.

Détermination du coefficient de pression par la méthode des marches variables de la température. Le coefficient trouvé augmente d'abord linéairement en fonction de la marche; il cesse de croître lorsque les ménisques ont la même forme sous la pression atmosphérique et sous la pression diminuée.

Au lieu de faire varier la marche de la température, on peut aussi modifier les limites de pression entre lesquelles on opère. Le coefficient est déterminé avec une très faible marche de la température, et on le réduit à la marche nulle par une petite correction.

J'ai étudié le même thermomètre par cette nouvelle méthode. Les résultats des mesures sont donnés ci-après :

Manomètre	Thermomètre		Observé - Calculé
	Observé	Calculé	
731,8	94,73	95,09	— 0,36
636,0	81,82	81,52	+ 0,30
529,1	66,27	66,38	— 0,11
422,6	51,42	51,30	+ 0,12
352,1	41,40	41,31	+ 0,09
292,0	32,98	32,80	+ 0,18
243,8	26,11	25,97	+ 0,14
197,7	19,49	19,44	+ 0,05
145,4	12,01	12,03	— 0,02
104,5	5,87	6,24	— 0,37

Posant $\alpha + p\beta = n$, et résolvant les équations normales, on trouve

$$\beta = 0,00014164 ; \quad \alpha = - 0,008559 ,$$

avec les erreurs résiduelles inscrites dans la dernière colonne. Ce résultat est conforme à ce qu'on avait trouvé par la première méthode.

Le diagramme fig. 2 représente les données de l'opération. Les observations s'échelonnent le long de la ligne AB; le retard dû à la capillarité est figuré par l'abscisse de C, et l'erreur qui en résulte pour la lecture du thermomètre par l'ordonnée de A, soit α ; le coefficient de pression β est représenté par l'inclinaison de la ligne AB sur l'horizontale.

Les observations sont très concordantes. Il est visible qu'on pourrait déterminer à la fois le coefficient de pression et le retard, par deux observations, l'une voisine du maximum d'écart, l'autre effectuée avec des pressions différant seulement de 100 mm environ. Naturellement, la pression la plus faible doit être choisie de telle sorte qu'un mouvement appréciable du ménisque se produise encore lorsqu'on inverse les robinets.

Le coefficient ainsi déterminé doit encore subir une petite correction, due au fait qu'en même temps que change la pression extérieure, la variation de la hauteur de la colonne du thermomètre modifie légèrement la pression intérieure. Je ne m'y appesantirai pas.

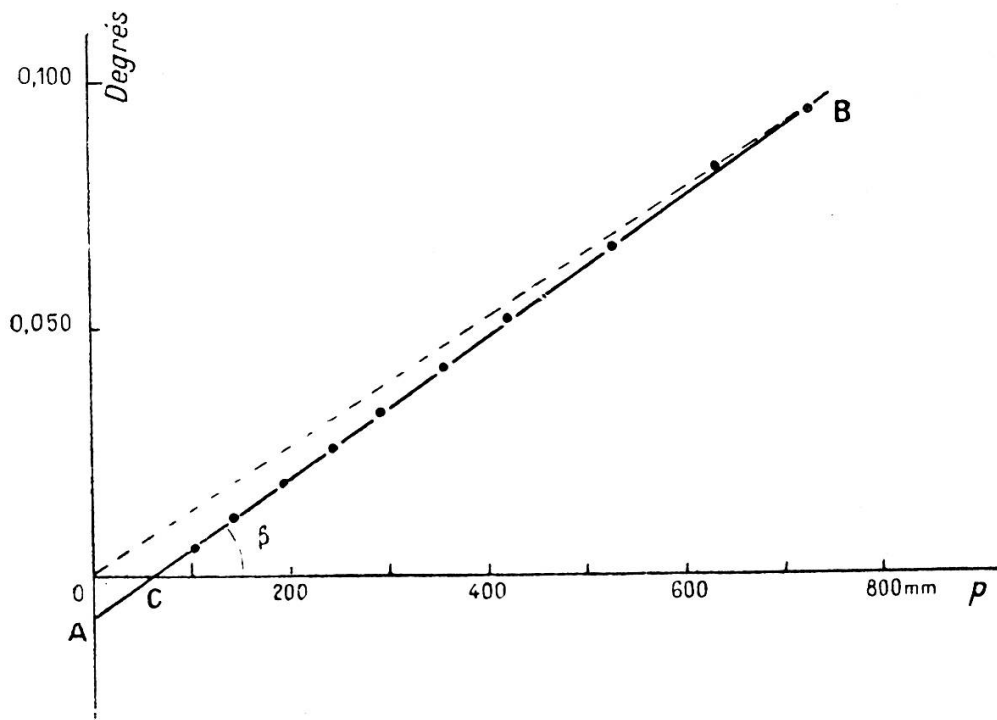


Fig. 2.

Détermination du coefficient de pression par la méthode des pressions variables. La valeur du coefficient trouvé, ramenée à une marche nulle de la température, est une fonction linéaire de la pression, représentée par la droite AB, qui passe à une petite distance de l'origine.

Les exemples reproduits ci-dessus ont été pris dans le dossier d'un thermomètre destiné à des mesures calorimétriques. Dans les thermomètres de forme ordinaire, les erreurs dues à la capillarité sont moindres, mais elles sont loin d'être négligeables. Heureusement, il s'agit souvent de mesurer la différence de températures atteintes dans le même sens, auquel cas l'erreur capillaire s'élimine d'elle-même; mais, lorsqu'on veut indiquer la vraie température, il est nécessaire de rapporter les lectures du thermomètre au zéro pris dans les mêmes conditions, c'est-à-dire, suivant les cas, à colonne ascendante ou descendante. Il y a là une source d'erreurs dont il est aisé de se garer.