

La densité dépend également de la température. Le coefficient de dilatation cubique du mercure étant de 0,0002 une variation de 1 degré cause une variation de densité de  $\frac{1}{5.000}$ .

Du fait que la température d'une haute colonne de mercure n'est jamais uniforme, on est obligé de déterminer la température moyenne ce qui n'est pas chose facile. HOLBORN et SCHULTZE (15) estiment qu'il est difficile de connaître la température moyenne à 0,5 degré centigrade près. Plus récemment MICHELS (23) a atteint une précision de 0,1 degré centigrade ce qui peut être considéré actuellement comme une limite. Dans ce dernier cas l'erreur sur la densité est de  $\frac{1}{50.000}$ .

c. En opposant une balance manométrique à une colonne de mercure, il s'introduit une erreur causée par le manque de reproductibilité. Sa valeur est donnée par la reproductibilité ou la sensibilité de la balance manométrique  $\Delta P_2$  qui est de 0,5 g/cm<sup>2</sup> pour l'appareil à piston différentiel de MICHELS. La valeur relative de cette erreur dépend de la hauteur de la colonne et par exemple lors de l'étalonnage de la balance manométrique de MICHELS avec la colonne du Westertoren (Amsterdam) de 27,5 mètres, l'erreur vaut  $\frac{1}{80.000}$ .

Lorsqu'on compare ces différentes causes d'erreurs, on constate que la sensibilité et la mesure de la température sont des facteurs importants. Or, en principe on sait diminuer la première de ces erreurs ( $\frac{\Delta P_1}{P}$ ) en augmentant P, c'est-à-dire en choisissant une plus haute colonne. Il serait toutefois inutile de vouloir trop réduire cette erreur par rapport à l'erreur sur la température. Pour une sensibilité de 0,5 g/cm<sup>2</sup> par exemple une colonne de 30 m suffirait amplement puisqu'elle réduit l'erreur de sensibilité à 10<sup>-5</sup>.

En dernière analyse, pour une colonne de hauteur suffisante, c'est la mesure de la température moyenne de la colonne de mercure qui limite la précision de l'étalonnage.

Pour tout travail de grande précision la section effective de la balance manométrique doit être mesurée par étalonnage. Cette méthode présente, outre sa grande précision, l'avantage d'inclure dans les mesures, des corrections dues au frottement liquide, chute du piston et déformations. Quant à ce dernier point, à savoir la détermination de la surface de la section effective à haute pression, une technique spéciale, que nous décrirons plus loin, permet d'y arriver.

## § 2. Appareillage

A. ÉTALONNAGE SIMPLE. — Nous décrirons brièvement l'appareil d'étalonnage installé par MICHELS au Westertoren à Amsterdam (24). La colonne a 26,5 m de hauteur et est entourée d'une caisse en bois de 30 × 50 cm.

Le mercure est contenu dans un tube en acier de 11 mètres de diamètre, doublé d'un court tube en verre au sommet pour permettre l'observation du ménisque au cathétomètre. L'autre ménisque directement en contact avec l'huile qui transmet la pression est observable au travers des parois d'un tube en verre très épais.

La hauteur de la colonne de mercure est mesurée à l'aide d'un ruban en invar et de deux cathétomètres. Le ruban est suspendu au moyen d'une poulie en bronze et chargé d'un poids de 10 kg à sa partie inférieure.

La température moyenne peut être déterminée à l'aide d'une série de thermomètres placés de mètre en mètre sur toute la longueur de la colonne. Toutefois, s'inspirant des travaux de HOLBORN (12 et 15), MICHELS a préféré employer un thermomètre secondaire : la température moyenne étant calculée à partir de la résistance d'un fil de platine enroulé autour de la colonne. Il semble que par cette méthode la température moyenne puisse être évaluée à 0,1 degré centigrade.

La reproductibilité des étalonnages faites avec cette installation atteint le  $\frac{1}{10.000}$ , la balance manométrique employée ayant une sensibilité de 0,5 g.

B. ÉTALONNAGE SOUS PRESSION. — Quelques auteurs ont décrit des techniques d'étalonnage qui permettent de déterminer expérimentalement la variation de la section effective avec la pression : les descriptions succinctes données ci-après permettront de se rendre compte des difficultés à surmonter au cours de telles mesures et également de la précision des mesures.

1° D'après HOLBORN et SCHULTZE (15) il est possible de faire un étalonnage sous pression si l'on dispose de deux balances manométriques agencées de la façon suivante : la première balance est connectée avec un cylindre à gaz comprimés et avec le tube court d'un manomètre à mercure. La partie supérieure du long tube qui a 12 mètres de hauteur est connectée à un deuxième cylindre à gaz et une deuxième balance.

On commence par déterminer le rapport des sections effectives des deux balances en les mettant en opposition et en déterminant les poids à charger sur les pistons pour les maintenir en équilibre.

On établit ensuite sous les deux pistons, et à l'aide de cylindres à gaz, une différence de pression de 17 kg/cm<sup>2</sup> correspondant à la hauteur de la colonne de mercure. On mesure la section d'une des balances par rapport à l'autre et on détermine ensuite le rapport des sections à la pression de 17 kg/cm<sup>2</sup> en mettant les deux balances en communication. On recommence l'opération en augmentant la pression par tranches de 17 kg/cm<sup>2</sup> et on obtient ainsi la section effective des deux balances manométriques de proche en proche.

Le manomètre à mercure qui fut employé par HOLBORN et SCHULTZE se compose de trois tubes en acier d'un diamètre intérieur de 6 millimètres et un diamètre extérieur de 10 millimètres, ces tubes étant connectés par des joints en cuir. La branche courte était en verre d'un diamètre de 2 millimètres et entourée d'un manchon en acier. Les deux ménisques étaient observés au moyen de tubes capillaires doublant les deux branches du manomètre.

La température fut mesurée à l'aide d'un fil de platine de 0,2 millimètre d'épaisseur isolé à la soie et enroulé autour du tube en fer. La précision des mesures fut de  $\frac{1}{10.000}$  et aucune variation de la section effective avec la pression ne fut observée.

2° Citons également la colonne du Reichsanstalt, modifiée par KEYES et DEWEY (19). Cette colonne d'une hauteur de 8,75 mètres fut équipée de