

LE BAROMETRE LIEGEOIS

Le baromètre, comme l'indique l'étymologie, mesure la pression atmosphérique; son invention ne peut donc remonter plus haut que la découverte de cette pression, au milieu du XVII^e siècle. A ce moment, on avait depuis longtemps, peut-être même depuis Platon et Aristote, la notion du "poids de l'air"; mais l'expérience "du vuide" dans le tube à mercure, faite par Viviani à la suggestion de Torricelli, ne date que de 1643. Il fallut encore plusieurs années avant que Torricelli n'observât que la hauteur barométrique variait d'un jour à l'autre, et ce n'est que bien plus tard qu'il établit une corrélation entre ces fluctuations et la prévision du temps.

Or, dès la fin de ce même XVII^e siècle, les verriers liégeois avaient imaginé et popularisé une variante du baromètre, bien connue des collectionneurs, mais qui jusqu'ici n'a été étudiée que fort superficiellement.

Le "baromètre liégeois" est constitué d'une fiole de verre, fermée à sa partie supérieure et à demi pleine d'eau; à sa base s'attache un tube recourbé vers le haut, ouvert à son extrémité supérieure (fig. 2,3,4). Dans ce tube, la colonne d'eau est soumise à la pression atmosphérique; dans la fiole, l'eau reçoit la pression de l'air enfermé dans ce récipient. Lorsque la pression atmosphérique extérieure augmente, le niveau de l'eau dans le tube baisse, et lorsque la pression extérieure diminue, le niveau dans le tube monte; c'est l'opposé de ce qui se passe dans nos baromètres à mercure usuels.

Bien entendu, les indications d'un tel instrument varient selon la quantité d'air contenue dans le réservoir, selon la pression initiale de cet air, et selon les niveaux initiaux de l'eau dans le réservoir et dans le tube. Si nous ajoutons que la section du tube est loin d'être constante sur toute sa longueur, et que la section du réservoir l'est encore moins, on reconnaîtra qu'il ne peut guère être question de mesures de précision. Tout au plus peut-on faire des comparaisons: si le niveau de l'eau monte dans le tube, on pourra prévoir le mauvais temps; s'il baisse, le temps s'améliorera.

Pour fixer les idées, nous avons mesuré les hauteurs de l'eau dans le tube, en ^{mettant} un baromètre liégeois (fig.3) en parallèle avec un baromètre anéroïde de précision, logé dans une chambre pneumatique, à des pressions allant de 71 à 80 cm de mercure. Nous avons obtenu les résultats mis en diagramme à la fig. 1.

Dans une première expérience, nous avons réglé les niveaux de façon qu'ils soient identiques dans le tube et dans le réservoir pour une pression extérieure de 76 cm de mercure, et qu'en outre ce niveau soit à mi-longueur du tube (courbe A).

Une deuxième série de mesures a été faite en abaissant, pour une pression atmosphérique de 76 cm, le niveau de l'eau dans le tube au minimum admissible; une pression plus élevée aurait ainsi soufflé de l'air extérieur dans le réservoir; par contre, on pouvait abaisser la pression jusqu'à 71 cm environ avant que le tube ne "crache" par son extrémité ouverte (fig courbe B).

Enfin, une troisième série fut faite en élevant au contraire le niveau initial de l'eau au maximum, toujours pour la pression de 76 cm; on pouvait alors exercer des pressions allant jusqu'à 81 cm avant d'insuffler de l'air dans le réservoir (courbe C).

Fig 1



On obtient ainsi une courbe moyenne et deux courbes limites, et ces trois courbes sont semblables.

L'analyse mathématique du problème conduit d'ailleurs aux équations suivantes:

$$p = \left\{ p_0 - \rho (X_0 - x_0) \right\} \cdot \left\{ \frac{l_0 + X_0}{l_0 + X} \right\} + \rho (X - x)$$

$$s(x) dx = - S(X) dX$$

dans lesquelles

p = pression atmosphérique à mesurer
 p_0 = d° à un instant initial arbitraire
 x = hauteur de l'eau dans le tube
 X = d° dans le réservoir
 x_0 = valeur de x à l'instant initial
 X_0 = valeur de X à l'instant initial
 ρ = poids spécifique de l'eau
 $s(x)$ = section du tube à la hauteur x
 $S(X)$ = section du réservoir à la hauteur X

en outre $l_0 = \frac{V_0}{s}$ où V_0 est le volume rempli par l'air dans le réservoir, à l'instant initial.

Ces équations montrent que, pour autant qu'on assimile la forme du réservoir à un tronç de cône et du tube à des cylindres de sections constantes, la courbe des dénivellations sera une hyperbole. L'expérience (fig.1) confirme ce résultat, avec cette restriction que, les sections étant loin d'être géométriquement précises, les courbes en sont moins mathématiques.

Dans ce qui précède, nous n'avons pas tenu compte de deux facteurs qui peuvent influencer les indications:

Le premier est la température. Il est évident que la pression de l'air enfermé dans le réservoir varie avec elle. Pour un instrument placé dans une chambre et pour deux lectures assez rapprochées, la variation de la température n'est pas bien importante; mais dès qu'on compare des indications prises à l'extérieur et à des dates assez éloignées l'une de l'autre, c'est un facteur qu'il ne faut pas négliger. C'est probablement là l'origine des incohérences dans les mesures faites, pendant deux ans et demi, par M. Pholien, et publiées par lui dans la Chronique Archéologique du Pays de Liège en 1923.

Le second est la tension de la vapeur d'eau dans l'air du réservoir. Nous avons vu que la pression de cet air peut varier de 71 à 80 cm de mercure. Dans ces limites, et à une température de 15 à 20 ° C, la variation de la tension de vapeur ne peut avoir d'influence; elle est pratiquement négligeable.

Mais de toute façon, une graduation précise serait vaine; aussi le tube n'est-il garni que de quelques pastilles de verre, faites à la pince et plus ou moins régulièrement espacées. Elles permettent de noter grosso modo les changements de la hauteur barométrique et de prévoir ainsi le temps.

Les baromètres de nos collections ont été exécutés par des verriers liégeois entre la fin du XVIIe et le début du XIXe s. On sait que sous le règne de Philippe II, des italiens appelés aux Pays-Bas y créèrent une industrie du verre "à la façon de Venise".

Après une période d'antagonisme entre Anvers et la Wallonie, la verrerie liégeoise prit son essor vers 1638, date à laquelle les frères Bonhomme développèrent une importante manufacture dans la Principauté. Leur production fut surtout remarquable dans le domaine des verres soufflés, ornés de fleurs en pâte de verre de couleur, et décorés d'ailerons faits à la pince. La tradition née des artisans immigrés essaima bientôt, notamment dans l'Entre-Sambre-et-Meuse: à Namur, Sébastien Zoude créa en 1753 une verrerie qui subsista plus de cent ans; la verrerie de Rance, fondée en 1806, travailla jusqu'au milieu du XIXe siècle. Entretemps, à Liège même, les Nizet avaient développé la Verrerie d'Avroy qui exista jusqu'à la fin du XIXe siècle, et le Val-Saint-Lambert, établi vers 1825, travaille encore de nos jours avec une notoriété sans cesse accrue. Dans tous ces ateliers, les souffleurs de verre semblent s'être complu à un certain humour, imaginant des formes plus curieuses que logiques: pistolets, pipes, cors de chasse en verre contourné; s'y ajoutent des bénitiers et nos fameux baromètres, d'un goût sûr et charmant et témoignant d'une habileté remarquable (fig. 2,3,4).

———
Quand on observe mieux les produits de cette fabrication, et dans la mesure où des dates peuvent leur être assignées, on remarque une curieuse évolution de la forme du baromètre liégeois:

Au début du XVIIIe siècle, le réservoir est très effilé (fig. 2) et son diamètre moyen est de l'ordre de 4 à 6 cm. Le tube vertical ouvert qui y est raccordé longe de près la panse. Les décors à la pince sont souvent en verre de couleur.

A mesure que le temps passe, le réservoir tend à s'évaser; il devient piriforme et de plus en plus large à la base (fig. 3). Le tube s'en écarte peu à peu. Au XIXe siècle, la fiole est devenue trapue, en forme d'oeuf, et le tube barométrique a pris la forme d'un bec de cafetière (fig. 4). En même temps, la décoration s'est simplifiée et a perdu beaucoup de son élégance.

Cette évolution ne résulte pas d'une dégénérescence artistique au contraire, la verrerie liégeoise du XVIIIe siècle est universellement réputée pour son goût parfait. L'évasement progressif de la bouteille doit avoir une autre raison.

———
Observons d'abord que les mesures barométriques doivent être prises entre les niveaux dans le tube et dans le réservoir. Il importe donc que le diamètre de ce dernier soit considérable en comparaison de celui du tube; de cette façon, les dénivellations dans la bouteille perdront de leur importance. Pour l'instrument représenté fig. 3, par exemple, la section du réservoir atteint 50 fois celle du tube; en conséquence une variation de hauteur de ± 5 cm dans le tube (c'est-à-dire le maximum compatible avec la longueur du tube) entraîne une dénivellation de 1 mm dans le vase, ce qui est pratiquement insignifiant.

Mais il n'en est pas de même pour la pression de l'air enclos dans le réservoir: à mesure que l'eau s'élève dans le tube, cet air se détend; dans les conditions précitées, une variation de 1 mm dans la fiole entraîne une variation de 2,3 % du volume de l'air qui y est contenu, avec une variation égale de sa pression. C'est loin d'être négligeable: si nous avions affaire à un baromètre à eau sans réservoir, ces 2,3 % se marqueraient par une variation du niveau, dans le tube, de 24 cm. Or nous venons de voir que ce chiffre se réduit à 5 cm.

C'est grâce à la dépression et à la compression de l'air occlus dans la fiole que le baromètre liégeois peut, avec une colonne d'eau de 10 cm seulement, marquer des variations barométriques extérieures de l'ordre de \pm 2 cm de mercure.

La discussion des équations montre que pour une variation donnée de la pression atmosphérique, la dénivellation x dans le tube sera d'autant plus grande que la panse du réservoir sera moins évasée. La fig. 5 montre les niveaux de l'eau dans le tube supposé cylindrique, pour trois réservoirs coniques dont les parois seraient inclinées sur l'axe, respectivement de 30, 45 et 60 degrés.

Cette sensibilité des baromètres à réservoir étroit peut précisément devenir un défaut: car pour marquer les variations usuelles de notre pression atmosphérique, il leur faudrait un tube très long. C'est probablement pour cette raison que les constructeurs liégeois ont progressivement élargi le réservoir; les baromètres ainsi modifiés ont moins de tendance à "cracher" aux basses pressions.

Il convient de remarquer ici que certains constructeurs hollandais ont évolué dans le sens exactement opposé. Vers la fin du XVIIIe siècle, les baromètres construits par eux comportent un dispositif qu'ils appellent "contraroleur", et dont la fonction est d'amplifier les indications du baromètre à mercure (fig. 6). C'est un tube en U, de diamètre constant, ouvert à une de ses extrémités et terminé à l'autre par un très petit évasement hermétiquement clos. Ce tube est rempli, jusqu'à mi-hauteur, d'eau colorée; au-dessus de cette eau, la branche fermée contient de l'air. On constitue de cette manière un baromètre à eau très sensible, et les variations de niveau dans la branche ouverte du "contraroleur" ~~xxxixix~~ marquent, à grande échelle, les modifications de la pression extérieure.

Il est inutile de dire que les indications du "contraroleur" sont éminemment sujettes à caution; tous les facteurs d'erreurs que nous avons mentionnés au sujet du baromètre liégeois y interviennent a fortiori. Aussi l'adjonction de ce dispositif au baromètre à mercure a-t-elle été rapidement abandonnée.

Cherchons à présent d'où peut provenir l'idée du baromètre liégeois. Ce n'est pas, comme pour les singuliers instruments imaginés par Huygens ou par Amontons, l'invention d'un physicien averti. Il est plus probable que le dispositif dérive d'un appareil similaire, connu aux Pays-Bas dès le début du XVIIe siècle, et dont la fonction se rattache à la prévision du temps.

Vers 1604, un "physicien" plus curieux de physique amusante que de mathématiques, Drebbel, conçut un instrument qui s'apparente singulièrement à celui dont nous nous occupons ici: c'était un tube de verre, partiellement rempli d'eau, ouvert à une extrémité et terminé à l'autre par une boule remplie d'air. La hauteur de l'eau dans le tube variait évidemment selon la dilatation de l'air occlus dans la boule. Mais Drebbel fut loin de se rendre compte des raisons de ce phénomène. A son époque, ni le mot "barométrie", ni le mot "thermométrie" n'avait de sens. Le terme "température" se trouve bien dans Pline et dans Vitruve, mais

avec un sens tout différent de celui que nous lui donnons. Pour la plupart d'entre nous, ce mot est inséparable de la graduation thermométrique (1). Mais remarquons qu'en 1626, Sanctorius, tout en inventant le thermomètre, ne sépare pas la température de l'hygrométrie, et mêle le chaud, le froid, le sec et l'humide. Drebbel, qui avait en fait construit un thermoscope avant Galilée n'y voyait qu'un joujou curieux: il appelait cet instrument un "mouvement perpétuel", parce qu'il constatait une oscillation diurne de ses indications, sans cause apparente. Il alla jusqu'à affirmer qu'il avait reproduit le phénomène des marées !

Drebbel, qui naquit à Alkmaar, travaillait vers 1600 à Middelbourg, en Zélande. A cette date, la distinction entre les provinces belges et les Pays-Bas était précaire: rappelons que Galilée appelait "tubus belgicus" la lunette dioptrique, également originaire de Middelbourg. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que l'invention du "motus perpetuus" ait été connue, imitée et même perfectionnée dans nos régions dès le premier quart du XVIIe siècle. Et en effet, les comptes du "Franc de Bruges" mentionnent qu'en 1621, un certain Ghisbert Donckere, "ingénieur de leurs Altesses" a fourni au Collège de cette ville "un instrument de son invention, nommé "perpetuus motus", et qui, sans aucune intervention, est sans cesse en mouvement et se gouverne nuit et jour, marquant d'avance le changement de température, bonne ou mauvaise ..."

La dénomination de "mouvement perpétuel" établit à suffisance qu'il s'agit du tube de Drebbel, dont nous avons fait plus tard un baromètre à eau. Que Ghisbert Donckere ait utilisé le terme "température", ne prouve rien, car le sens de ce mot était alors fort vague. Par contre, il faut insister sur l'expression: "marquant d'avance le changement, bon ou mauvais...". C'est bien la preuve que l'instrument devait servir à la prévision du temps. Ainsi, 22 ans avant Torricelli, un "baromètre" à eau en verre est fabriqué et vendu en Flandre. Très probablement, c'est là l'~~xxxix~~ l'ancêtre du baromètre liégeois.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie particulièrement Monsieur J. Beguin, attaché au Musée du Verre, de Liège, qui lui a donné de précieux renseignements sur les instruments conservés dans ce musée, et Monsieur P. Janssens, *professeur* à l'Université de Bruxelles, qui a bien voulu établir les équations du baromètre à eau, ainsi que les diagrammes de la fig. 5.

1) De nos jours encore, seuls les physiciens savent ce qu'il faut entendre par "température de couleur; températures cinétique, électronique, d'ionisation, d'excitation, de rotation, de vibration; toutes notions bien différentes de la thermométrie usuelle !

4) Remarquons en passant que nous-mêmes, nous dénommons souvent "baromètres" tous les instruments qui servent à prévoir le beau et le mauvais temps, alors que ces instruments ne sont que des hygrosopes: tels les "capucins de baromètre", dont le capuchon se relève sous la tension d'un fil sensible à l'humidité; les ermites qui sortent de leur cabane ou y rentrent, obéissant à la torsion d'un boyau; les baguettes fourchues et les épis d'orge dont les barbes se relèvent au beau temps; les fleurs colorées au chlorure de cobalt, qui passent du bleu au rose sous l'action de l'air humide.

5) ~~D'autant plus qu'il s'agit d'une traduction des comptes du Franc de Bruges, et que jusqu'ici nous n'avons pas eu communication du texte original.~~

Le Baromètre liégeois (H.M.)

LEGENDES DES FIGURES

Fig.1.- Hauteur de l'eau pour diverses pressions atmosphériques.

Fig.2.- Baromètre liégeois, fin du XVIIe s.

Mus.Roy.d'Art & d'Histoire, Bruxelles.

Copyright A.C.L.Bruxelles. H = 31 cm.

Fig.3.- Baromètre liégeois, XVIIIe s.

Coll. de l'auteur. H = 34 cm

Fig.4.- Baromètre liégeois, début du XIXe s.

Coll. de l'auteur. H = 18 cm

Fig. 5.-Variation de la dénivellation selon la forme du réservoir conique.

Fig.6.- Schema du baromètre hollandais à "contraroleur"

R E S U M E

L'auteur décrit un baromètre à eau en verre soufflé, fabriqué dans les verreries liégeoises du XVIIe au XIXe s. L'étude critique et mathématique de cet instrument montre qu'il s'agit d'un appareil populaire, apte à indiquer les variations de la pression atmosphérique et permettant ainsi une certaine prévision du temps. L'origine de l'instrument pourrait avoir été indépendante des expériences de Torricelli.