

cevoir le sommet de la colonne de mercure. — Enfin, pour mesurer avec précision la hauteur barométrique, on se sert du curseur métal-

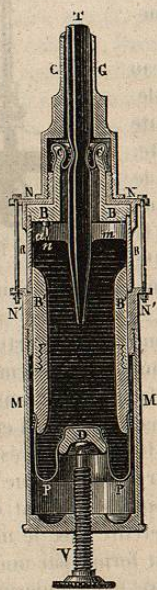


Fig. 109.

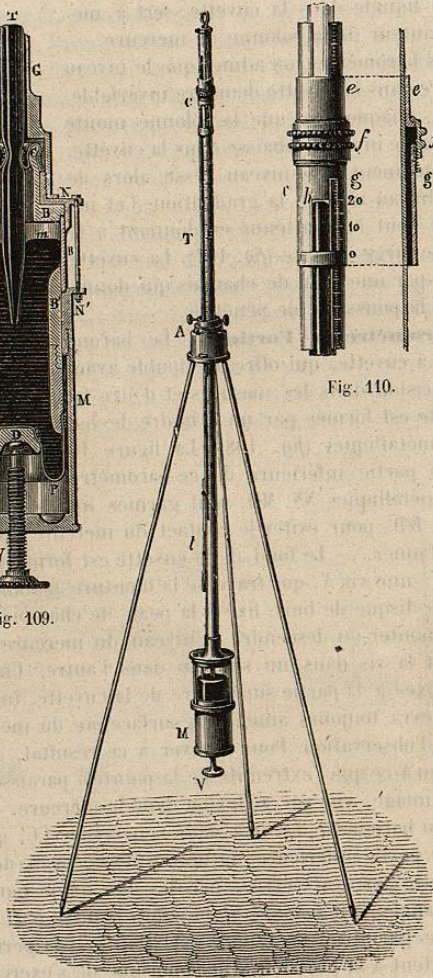


Fig. 108. — Baromètre de Fortin.

lique G (fig. 108 et 110). Ce curseur porte deux petites fenêtres, placées en face l'une de l'autre, de manière que leurs arêtes supérieures soient au même niveau. On fait glisser le curseur, le long de la gaine,

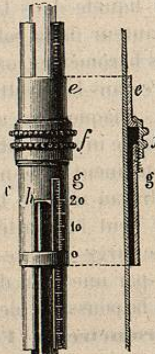


Fig. 110.

jusqu'à ce que le plan horizontal mené par ces deux arêtes paraisse tangent au sommet de la colonne de mercure; le numéro de la division qui correspond à ce niveau est ainsi déterminé avec exactitude (*).

Pour installer l'instrument, on peut le suspendre par sa partie supérieure, comme un fil à plomb. — On peut encore l'assujettir sur un trépied, comme l'indique la figure 108, en adaptant, vers le milieu A du tube, un système de suspension connu sous le nom de *suspension de Cardan*: ce système de suspension permet au tube de se placer toujours verticalement, sous l'action du poids considérable de mercure que contient la cuvette (**).

En général, quand un baromètre à cuvette doit être transporté, on a toujours à craindre que des mouvements accidentels ne fassent rentrer de l'air, par la partie inférieure du tube, jusque dans la chambre barométrique, ou que les chocs du mercure contre le sommet du tube ne viennent à le briser. — Le baromètre de Fortin est, au contraire, facilement transportable: on peut même l'employer comme instrument de voyage. Il suffit de faire remonter le fond mobile de la cuvette, à l'aide de la vis V, jusqu'à ce que le mercure remplisse complètement la cuvette et le tube: on peut alors le renverser, ou lui imprimer des mouvements quelconques, sans avoir à craindre ni rentrée d'air, ni rupture du tube de verre.

(*) Le curseur qui est représenté par la figure 110 se compose de trois pièces: la pièce supérieure e glisse, à frottement juste, le long de la gaine du tube; l'inférieure g, dans laquelle sont pratiquées les fenêtres, a un diamètre un peu plus grand; enfin, la pièce moyenne est une sorte de bague f retenue par l'anneau e, sur lequel, d'ailleurs, elle peut librement tourner: elle engrène, par un pas de vis, avec la pièce inférieure g, ainsi que le montre la coupe longitudinale jointe à la figure 110. On transporte d'abord le curseur tout entier, en faisant glisser la pièce e sur la gaine, jusqu'à ce que les arêtes h des fenêtres occupent à peu près la position voulue; on fait ensuite tourner sur elle-même la bague f, ce qui n'imprime à la pièce g qu'un mouvement vertical très lent, jusqu'à ce que l'œil, placé dans le plan des bords supérieurs des fenêtres, juge de la réalisation définitive du contact.

Pour obtenir plus de précision dans les mesures, on trace, sur le côté vertical de la fenêtre antérieure, en regard de la graduation du tube, une division faisant *vernier* avec elle. On peut ainsi évaluer, à un vingtième de millimètre près, la hauteur de la colonne mercurielle.

(**) La suspension de Cardan présente la disposition suivante. Au cercle métallique A, qui réunit les trois branches du trépied P, P, P (fig. 111), sont fixées deux pointes métalliques a, a', placées sur un même diamètre, et dont les extrémités pénètrent dans de petits ombilics pratiqués dans un anneau intérieur B; dans cet anneau B sont fixées deux autres pointes b, b', placées sur un diamètre perpendiculaire au premier, et dont les extrémités pénètrent dans les ombilics pratiqués dans la gaine qui entoure le tube T. — Le baromètre étant ainsi mobile autour de la ligne aa', le centre de gravité se placera également dans le plan vertical passant par aa'; il se placera donc sur l'intersection de ces deux plans verticaux; c'est-à-dire sur la verticale menée par le point d'intersection des droites aa' et bb'.

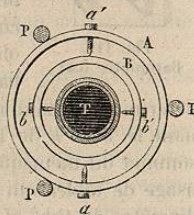


Fig. 111

128. **Baromètre fixe.** — Pour les observations à poste fixe, on emploie la disposition suivante, avec laquelle on obtient toute la précision nécessaire aux recherches scientifiques.

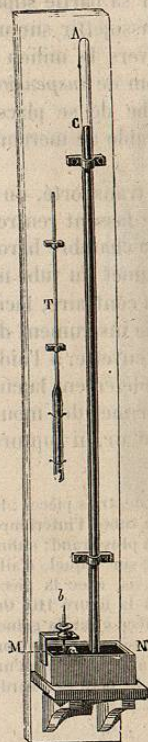


Fig. 112.
Baromètre fixe.

La cuvette MN (fig. 112) est en fonte et porte une pièce coudée à angle droit, que traverse une vis verticale ab terminée par deux points. Le tube a un diamètre d'environ 5 centimètres, et est supporté, ainsi que la cuvette, par une planche fixée au mur. — Pour faire une observation, on fait d'abord mouvoir la vis ab jusqu'à ce que sa pointe inférieure a vienne toucher la surface du mercure. Il suffit alors de déterminer, au cathétomètre : 1° la distance du sommet du ménisque C à la pointe supérieure b ; 2° la distance des deux pointes; et d'ajouter ces deux distances.

129. **Corrections barométriques.** — Les hauteurs barométriques observées doivent subir, pour devenir comparables entre elles, diverses corrections.

Et d'abord l'action capillaire, qui s'exerce au sommet de la colonne dont le ménisque est convexe (95), a pour effet de diminuer la hauteur que devrait avoir le mercure. On doit donc ajouter, à la hauteur observée, un terme de correction (*). — Pour obtenir la valeur de ce terme, il est nécessaire de tenir compte, non seulement du diamètre du tube, mais aussi de la forme du ménisque qui peut être variable, dans un même tube, soit à cause des impuretés du mercure, soit en raison des mouvements du sommet de la colonne barométrique. Dans chaque observation, si l'on opère avec un baromètre de Fortin par exemple, on

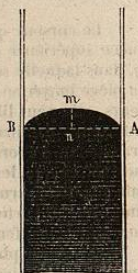


Fig. 115.

détermine la hauteur mn de la flèche du ménisque (fig. 115), en amenant le bord h de la fenêtre successivement dans le plan tangent au sommet du ménisque et dans le plan du cercle de contact. On fait alors usage de tables qui donnent la correction de capillarité, au moyen du diamètre du tube et de la flèche du ménisque.

On doit, en outre, faire subir aux hauteurs observées une correction de température, en raison des variations qu'éprouve la densité du mercure avec la température elle-même. — On verra plus loin

(*) La correction de capillarité est négligeable dans les baromètres fixes, dont les tubes ont généralement un diamètre assez considérable. Elle n'est jamais négligeable dans le baromètre de Fortin.

(livre II, chapitre IV) comment on calcule ce terme de correction.

Enfin, quand on veut rendre comparables les observations barométriques faites en divers lieux, on doit, en outre, tenir compte de ce que l'intensité de la pesanteur, qui sollicite les colonnes mercurielles, varie d'un lieu à un autre. — C'est là un genre de correction dont le développement excéderait les limites du cadre de cet ouvrage.

150. **Baromètre à siphon.** — Le baromètre à siphon consiste en un tube recourbé ABD (fig. 114), formé de deux branches inégales; la plus grande AB est fermée à la partie supérieure, la plus petite BD est ouverte. On emplit d'abord de mercure la grande branche, en inclinant le tube à diverses reprises; on chasse, par l'ébullition, l'humidité et les bulles d'air restées adhérentes au tube; puis on redresse l'instrument, et on l'amène dans une position verticale. — Le mercure s'abaisse dans la grande branche jusqu'en C, et s'élève dans la petite jusqu'en m . La distance verticale de ces deux points mesure la pression atmosphérique; en effet, menons par le point m un plan horizontal mm ; le liquide mBn serait en équilibre, si la colonne de mercure BC était supprimée et que les deux branches de tube fussent en communication avec l'atmosphère (76); or, il est encore en équilibre dans le cas actuel, où il supporte en m la pression de l'atmosphère et en n la pression de la colonne mercurielle nC ; ces deux pressions sont donc équivalentes.

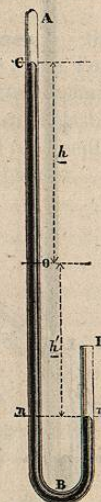


Fig. 114.

Pour mesurer la distance verticale des deux niveaux C et m , on installe entre les deux branches, une échelle divisée en millimètres: le zéro est placé vers le milieu de cette échelle; une graduation ascendante donne la distance h du zéro au niveau C; une graduation descendante donne la distance h' du même zéro au niveau m . La somme $h + h'$ est la hauteur barométrique cherchée.

L'action capillaire s'exerçant en sens contraire aux deux extrémités m et C de la colonne mercurielle, Gay-Lussac avait pensé que, si les deux branches du tube avaient le même diamètre, on pourrait négliger l'influence de la capillarité. Mais, d'une part, l'égalité rigoureuse des deux diamètres est difficile à réaliser; d'autre part, il n'arrive presque jamais que les deux ménisques aient la même flèche. — On aurait donc tort de croire que l'emploi de ce baromètre comporte une précision plus grande que celui du baromètre à cuvette.

151. **Baromètre de Gay-Lussac.** — **Perfectionnement de Buntzen.** — On doit à Gay-Lussac un baromètre à siphon, d'un transport facile, et d'un prix moins élevé que celui du baromètre de Fortin. Les deux branches A et E (fig. 115) sont réunies par un tube capillaire D;

une ouverture très fine, pratiquée en *o*, permet à la pression atmosphérique de se transmettre au niveau *m* du mercure. — L'instrument tout entier est enfermé dans une gaine de laiton, qui porte la graduation : deux fentes longitudinales opposées laissent apercevoir les deux ménisques; enfin deux curseurs, semblables à celui du baromètre de Fortin, servent à mesurer les distances *h* et *h'* du zéro aux niveaux du mercure dans les deux branches.

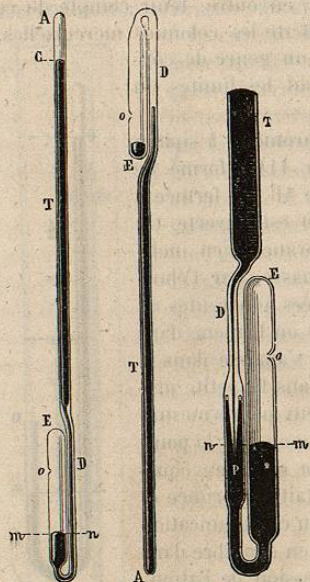


Fig. 113. Fig. 116. Fig. 117.

Pour transporter ce baromètre, on l'amène, en le retournant avec précaution, dans la position de la figure 116, de manière que la grande branche arrive à être entièrement pleine de mercure. Lorsqu'on veut faire une observation, on rétablit le tube dans sa première position. — Dans ces mouvements, la capillarité du tube *D* empêche l'air de diviser la colonne liquide et de s'introduire dans la chambre barométrique.

Pour plus de sûreté encore, le constructeur Buntén, au lieu de souder directement l'extrémité du tube capillaire *D* à la petite branche *E* du baromètre, a imaginé de la terminer en une pointe effilée *P* (fig. 117), et de l'envelopper d'un renflement soufflé dans le tube de verre lui-même. Il est alors impossible qu'une bulle d'air, alors même qu'elle aurait pénétré dans le tube capillaire inférieur, s'introduise par cette pointe et gagne la chambre barométrique; elle va se loger à la partie supérieure du renflement où sa présence n'a aucun inconvénient.

152. Baromètre à cadran. — Le baromètre à cadran (fig. 118) est un baromètre à siphon dans lequel, au lieu d'observer sur une échelle divisée les mouvements des niveaux du mercure, on les amplifie par une disposition particulière. — Sur le mercure de la petite branche repose un poids *p*, suspendu par un fil qui passe en *M* sur une poulie et supporte, à son autre extrémité, un contrepoids *p'* un peu moindre que *p*. Une aiguille est fixée sur l'axe de la poulie. Si le mercure baisse en *m*, l'aiguille tourne dans un sens, entraînée par le poids *p*, qui suit le mercure : elle marche en sens contraire quand le niveau en *m* remonte. — Le tube barométrique est masqué par la planche qui porte le cadran : l'axe de la poulie traverse le cadran en son centre, et l'ai-

guille est fixée à l'extrémité antérieure de cet axe. On marque, sur le cadran, en face des positions diverses de l'aiguille, les hauteurs correspondantes de la colonne barométrique. — Cet instrument est très peu sensible, en raison des frottements qui se produisent toujours entre l'axe de la poulie et ses supports.

153. Baromètres métalliques. — On construit enfin des baromètres, que l'on désigne sous le nom de *baromètres métalliques*, et dont le jeu est fondé sur l'élasticité des métaux. — La figure 119 représente l'un de ceux qui sont le plus répandus.

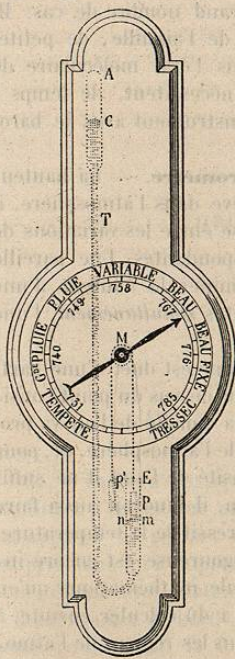


Fig. 118.
Baromètre à cadran.

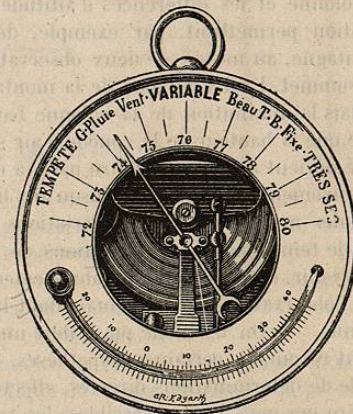


Fig. 119. — Baromètre métallique.

La partie principale de cet instrument est une petite boîte ronde, dont le dessus est formé par une lame métallique mince, qui présente des plis circulaires destinés à augmenter sa flexibilité (on distingue, sur la figure, à peu près la moitié de cette boîte). On a fait le vide dans la boîte, et on l'a fermée ensuite hermétiquement. La pression atmosphérique fait fléchir la lame, comme la membrane dans l'expérience du *creve-vessie* (125), mais ici la lame est assez résistante pour ne pas se briser. — Quand la pression atmosphérique augmente, la lame s'infléchit davantage; elle tend à se redresser quand la pression atmosphérique diminue. Ces mouvements sont transmis à un système d'engrenages, de manière à imprimer des déplacements beaucoup plus grands à une aiguille mobile sur un cadran. — Le constructeur, en comparant les indications de cet instrument avec celles d'un baromètre à mercure, inscrit sur le cadran les hauteurs de la colonne de mercure qui

correspondent aux diverses positions de l'aiguille. — Les baromètres métalliques ont l'avantage d'être peu volumineux et facilement transportables. Cet avantage, joint à leur prix peu élevé, les fait préférer aux baromètres à mercure, dans un grand nombre de cas. Ils accusent, par des mouvements appréciables de l'aiguille, de petites variations de la pression atmosphérique; mais l'état moléculaire du métal éprouve des modifications lentes, qui nécessitent, de temps à autre, une nouvelle comparaison de chaque instrument avec le baromètre à mercure, et un nouveau réglage.

154. **Mesure des hauteurs par le baromètre.** — La hauteur barométrique diminuant à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, il serait intéressant d'obtenir une relation précise entre les variations de la colonne et les différences d'altitude correspondantes. Une pareille relation permettrait, par exemple, de déterminer la hauteur d'une montagne, au moyen de deux observations faites *simultanément*, l'une au sommet, l'autre au pied de la montagne.

Mais la diminution de la colonne barométrique est due, d'une part, à ce que la hauteur de la couche d'air située au-dessus du point considéré devient moindre; d'autre part, à ce que la densité de l'air va progressivement en décroissant jusqu'aux limites de l'atmosphère. Or, pour calculer avec exactitude les variations de densité de l'air, il ne suffit pas de tenir compte des variations de pression, il faudrait aussi faire intervenir, dans le calcul, un abaissement progressif de la température, que l'observation constate, mais dont la loi rigoureuse est encore inconnue. — On n'a donc pu établir une formule mathématique qu'en ayant recours à certaines hypothèses, et l'on a dû calculer ensuite, à l'aide de déterminations directes, effectuées dans les régions de l'atmosphère qui nous sont accessibles, les valeurs des coefficients que cette formule contient.

La formule la plus précise est celle qui est due à Laplace :

$$X = 18595^m (1 + 0,002837 \cos 2\lambda) \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000} \right] \log \frac{H}{h};$$

X représente la hauteur cherchée, λ la latitude du lieu, T et H la température et la pression au pied de la montagne, t et h la température et la pression au sommet.

Quand la hauteur X ne dépasse pas 1000 ou 1200 mètres, on peut employer la formule plus simple, donnée par Babinet :

$$X = 16000^m \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000} \right] \frac{H-h}{H+h} (*).$$

(*) Voir, à la fin du volume (livre VI, *Météorologie*), ce qui concerne les variations barométriques en un même lieu ou aux divers points du globe.

CHAPITRE V

FORCE ÉLASTIQUE DES GAZ

I. — LOI DE MARIOTTE.

155. — La force élastique d'un gaz augmente à mesure que son volume diminue : c'est ce que montre l'expérience du *briquet à air* (29). Mais cet appareil ne permet d'évaluer, ni les volumes successifs du gaz, ni les pressions qu'il supporte. On a dû recourir à d'autres expériences, pour obtenir une relation précise entre ces quantités.

Remarquons d'abord que, lorsque le volume d'une masse gazeuse demeure constant, la force élastique de ce gaz est égale à la pression qu'il supporte : les deux expressions *force élastique du gaz* et *pression supportée par le gaz* peuvent donc être prises l'une pour l'autre.

156. **Loi de Mariotte.** — *A une même température, les volumes d'une même masse gazeuse sont inversement proportionnels aux pressions qu'elle supporte* (*).

Nous allons vérifier cette loi, au moins approximativement, pour l'air en particulier, au moyen de deux séries d'expériences.

1° Le *tube de Mariotte* est un tube de verre (*fig. 120*) formé de deux branches inégales; la plus grande B est ouverte, la plus petite A est fermée à sa partie supérieure. — On verse du mercure dans le tube, de manière à enfermer dans la branche A une certaine quantité d'air, et on commence par faire en sorte que les surfaces du mercure M et M' dans les deux branches soient dans un même plan horizontal, comme le représente la figure 121 (c'est ce à quoi on parvient facilement, en

(*) Cette loi a été énoncée simultanément, vers 1670, en France par l'abbé Mariotte, et en Angleterre par Boyle.