

chamois ce que deux fortes ligatures fixent, l'une, en *c*, à un étranglement pratiqué sur le tube; l'autre, en *e*, à une tubulure de

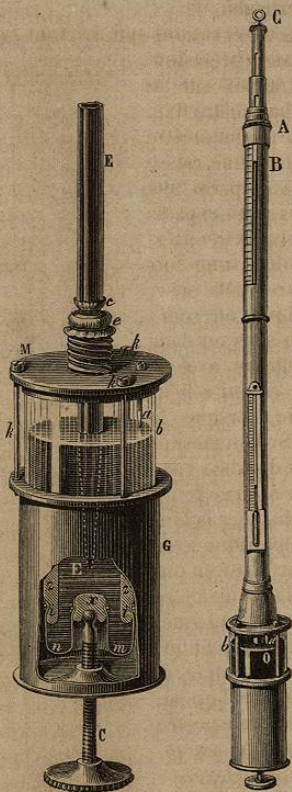


Fig. 88.

cuivre fixée au centre du couvercle. Cette fermeture suffit pour empêcher la sortie du mercure lorsqu'on renverse le baromètre, mais elle ne s'oppose pas à l'action de la pression atmosphérique, laquelle se transmet très-bien, à travers les pores de la peau de chamois, sur le mercure de la cuvette.

A sa partie inférieure, le cylindre de verre *b* est mastiqué sur un cylindre de bois *zz*, et c'est sur le pourtour de celui-ci, en *ii*, qu'est fortement fixée, à l'aide d'une ligature, la peau de chamois *mn* qui forme le fond de la cuvette. A son centre, cette peau vient s'attacher à un bouton de bois *x*, lequel repose sur l'extrémité d'une vis *C*. Lorsqu'on tourne celle-ci dans un sens ou dans l'autre, le bouton monte ou descend, et avec lui la peau *mn*. Or, le mercure s'élevant ou s'abaissant en même temps, lorsqu'on veut faire une observation, on tourne la vis jusqu'à ce que la surface du liquide atteigne une pointe d'ivoire *a* fixée au couvercle *M*, et visible à travers le verre. Comme la surface du mercure fait miroir, on y voit l'image renversée de la pointe *a*, et c'est lorsque celle-ci et son image sont tangentes, comme le montre le dessin, qu'on a atteint le niveau convenable; car c'est à partir de la pointe *a* qu'est comptée la graduation de l'échelle barométrique. Enfin, un étui de cuivre *G* enveloppe toute la partie inférieure de la cuvette. Trois boulons à vis *k, k, k*, le relie au couvercle *M*.

On suspend ordinairement le baromètre de Fortin à un trépied.



Fig. 87.

au moyen de la double suspension de Cardan, qui sera décrite en parlant de la boussole d'inclinaison; de la sorte, l'instrument se met exactement dans la position verticale.

142. **Baromètre fixe.** — Pour les observations qui se font au laboratoire, et qui demandent une grande précision.

M. Regnault, dans ses importants travaux sur les gaz et les vapeurs, a fait usage d'un baromètre fixe, dont il mesurait la hauteur avec le cathétomètre (69, noté). Pour cela, la cuvette étant une caisse rectangulaire de fonte, on adapte à sa paroi une tige portant un écrou *e* (fig. 89). Dans celui-ci passe une vis terminée en pointe à ses deux extrémités, et dont la longueur a été déterminée une fois pour toutes à l'aide du cathétomètre. Cela posé, pour mesurer la hauteur barométrique, on commence par tourner la vis dans un sens ou dans l'autre, jusqu'à ce que sa pointe affleure avec la surface du mercure dans la cuvette; ce qui a lieu, comme dans le baromètre de Fortin, lorsque la pointe et son image sont en contact. Si l'on mesure alors, au moyen du cathétomètre, la distance verticale de la pointe *a* de la vis au niveau *b* du mercure dans le tube, et qu'on ajoute à cette distance la longueur de la vis, on a la hauteur barométrique avec une grande précision. Ce baromètre présente en outre l'avantage qu'on peut donner au tube un diamètre intérieur de $2\frac{1}{2}$ à 3 centimètres, diamètre pour lequel la dépression capillaire n'est plus sensible. Enfin, ce baromètre est d'une construction très-simple, et ne présente aucune cause d'erreur quant à la position de son échelle, puisque celle-ci est transportée sur le cathétomètre; malheureusement il exige, dans ce dernier, un instrument d'un prix élevé.

143. **Baromètre à siphon de Gay-Lussac.** — Le baromètre à siphon consiste en un tube de verre recourbé en deux branches inégales: la plus grande, qui est fermée à son sommet, est remplie de mercure de même que dans le baromètre à cuvette; la plus petite, qui est ouverte, tient lieu de cuvette. La différence de niveau dans les deux branches est la hauteur du baromètre.

La figure 90 représente le baromètre à siphon tel qu'il a été modifié par Gay-Lussac. Ce physicien, afin de rendre l'instrument plus facile à transporter en voyage, sans que l'air puisse y



Fig. 89.

c'est à recevoir le mercure ainsi projeté qu'est destinée l'ampoule.

Lorsqu'on a fait bouillir le mercure dans le tube, les bulles d'air et l'humidité qui adhéraient au verre ont disparu, et le tube présente l'éclat métallique d'un miroir bien étamé. C'est le signe que le tube est bien purgé. On le reconnaît encore lorsqu'en l'inclinant doucement, il rend un son sec et métallique produit par le mercure qui vient frapper le sommet du tube. S'il y a de l'air ou de l'humidité dans l'instrument, le son est amorti.

Une fois le tube rempli comme il vient d'être dit, on enlève l'ampoule en donnant un trait de lime sur le col, on achève de remplir complètement avec du mercure sec et bouilli, puis fermant le tube avec le doigt, comme dans l'expérience de Torricelli (fig. 83), on le renverse dans sa cuvette.

Le tube à siphon de Gay-Lussac se remplit de la même manière, et c'est après le remplissage qu'on le courbe dans sa partie capillaire, en le chauffant sur des charbons ou à la lampe.

145. **Correction relative à la capillarité.** — Dans les baromètres à cuvette il y a toujours, dans la hauteur du mercure, une certaine dépression due à la capillarité (112), à moins que le diamètre intérieur du tube ne soit au moins de deux et demi à trois centimètres. Pour faire la correction que nécessite cette dépression, il ne suffit pas de connaître le diamètre. En effet, on a déjà vu (114), que cette dépression dépend en outre de la *flèche* du ménisque, c'est-à-dire de la hauteur *od* (fig. 93) de la surface convexe du mercure au-dessus de la section horizontale *ab* qui sert de base au ménisque. Or, pour un même tube, la longueur de la flèche n'est pas constante; elle varie selon que le ménisque s'est formé pendant un mouvement ascendant ou descendant dans le tube. Pour déterminer cette longueur, on fait affleurer le bord supérieur du curseur avec la base du ménisque, puis on le remonte jusqu'à ce qu'il affleure avec le sommet. En lisant alors sur l'échelle le déplacement du curseur, on a la hauteur de la flèche. Celle-ci connue, ainsi que le diamètre intérieur du tube, on trouve la dépression dans la table suivante calculée par M. Deleros, table dont nous ne donnons qu'une partie.



Fig. 93.

La première colonne verticale à gauche contient les diamètres intérieurs des tubes; la première ligne horizontale, les hauteurs des flèches; et les autres colonnes, les dépressions. Pour tous ces nombres l'unité est le millimètre.

On se sert de cette table comme de la table de multiplication ordinaire. Par exemple, si le diamètre intérieur du tube baromé-

trique est 10 millimètres, et la flèche $0^{\text{mm}},6$, on trouve, au point de croisement des rangées horizontale et verticale commençant par 10 et par 0,6, le nombre $0^{\text{mm}},19$ pour la dépression cherchée.

DIAMÈTRE intérieur en millimètres.	HAUTEUR DE LA FLÈCHE DU MÉNISQUE.											
	mill. 0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
4	0,60	0,89	1,16	1,41	1,65	1,86	2,05	2,21	2,35	»	»	»
6	0,24	0,36	0,48	0,59	0,70	0,80	0,90	0,99	1,07	1,21	1,32	»
8	0,12	0,18	0,24	0,30	0,35	0,40	0,46	0,50	0,55	0,64	0,71	0,77
10	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,40	0,44
12	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25
14	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15

Quant au diamètre intérieur des tubes, on le détermine en les pesant successivement vides et pleins de mercure. La différence des poids donne alors le poids du cylindre de mercure contenu dans chaque tube. Or, la hauteur de ce cylindre étant facile à mesurer avec précision, le diamètre se calcule ensuite par la formule $P = VD$, genre de problème dont on a vu précédemment un exemple (106).

Dans le baromètre de Gay-Lussac, pour éviter la correction relative à la capillarité, on a soin que les deux branches A et B (fig. 90) soient de même diamètre, car alors les dépressions tendent à être égales au haut et au bas de la colonne mercurielle, et, par suite, à se compenser. Mais on n'obtient ainsi qu'une correction approchée. En effet, d'après ce qu'on a vu ci-dessus, les flèches des deux ménisques ne sont jamais rigoureusement égales, puisque lorsque le mouvement du mercure est ascendant dans l'une des branches, il est descendant dans l'autre.

146. **Correction relative à la température.** — Dans toutes les observations faites avec les baromètres, soit à cuvette, soit à siphon, il faut avoir égard à la température. En effet, le mercure se dilate ou se contracte par les variations de température, sa densité change, et, par suite, sa hauteur, puisque cette hauteur est en raison inverse de la densité du liquide renfermé dans le tube (140); en sorte que, pour des pressions atmosphériques différentes, on pourrait avoir des hauteurs égales dans le baromètre. Il importe donc, à chaque observation, de ramener toujours la hauteur à ce qu'elle serait à une température déterminée et invariable. Celle-ci étant tout à fait arbitraire, on a choisi la tempé-

rature de la glace fondante. On verra, dans l'étude de la chaleur (288), comment se fait cette correction par le calcul. C'est pour connaître la température du mercure dans le baromètre qu'on place un thermomètre près du tube, ainsi que le représentent les figures 84, 87 et 90.

On peut aussi, par un calcul très-simple, ramener à zéro la hauteur du baromètre, au moyen de tables de correction qui ont été construites à cet usage. Ces tables se trouvent dans les Annales du Bureau des longitudes.

147. **Variations de la hauteur barométrique.** — Lorsqu'on observe le baromètre pendant plusieurs jours, on remarque que sa hauteur varie, en chaque lieu, non-seulement d'un jour à l'autre, mais encore dans une même journée.

L'amplitude des variations, c'est-à-dire la différence moyenne entre la plus grande et la plus petite hauteur, n'est pas partout la même. Elle croît de l'équateur vers les pôles. Les plus grandes variations, sauf les cas extraordinaires, sont de 6 millimètres sous l'équateur, de 30 sous le tropique du Cancer, de 40 en France, à la latitude moyenne, et de 60, à 25 degrés du pôle. Enfin, les plus fortes variations ont lieu en hiver.

On nomme *hauteur moyenne diurne*, le nombre qu'on obtient en faisant la somme de vingt-quatre observations successives du baromètre, prises d'heure en heure, et en divisant cette somme par 24. Ramond a constaté, par l'observation, qu'à notre latitude, la hauteur du baromètre, à midi, est sensiblement la moyenne du jour.

La *hauteur moyenne mensuelle* s'obtient en additionnant les hauteurs moyennes diurnes pendant un mois, et en divisant par 30.

Enfin, la *hauteur moyenne de l'année* se détermine en ajoutant les hauteurs moyennes de chaque jour pendant un an, et en divisant la somme par 365.

Sous l'équateur, la moyenne annuelle, au niveau des mers, est 0^m,758. Elle augmente à partir de l'équateur, et atteint, entre les latitudes de 30 à 40 degrés, un maximum de 0^m,763. Elle décroît dans les latitudes plus élevées, et à Paris elle n'est plus que de 0^m,7568.

La moyenne générale, au niveau des mers, paraît être 0^m,761.

La moyenne mensuelle est plus forte en hiver qu'en été; ce qui est une conséquence du refroidissement de l'atmosphère.

On distingue, dans le baromètre, deux sortes de variations 1^o les *variations accidentelles*, qui n'offrent aucune régularité dans leur marche, et qui dépendent des saisons, de la direction des vents et de la position géographique: ce sont celles qu'on observe

surtout dans nos climats; 2^o les *variations diurnes*, qui se produisent périodiquement à certaines heures de la journée.

À l'équateur et dans les régions intertropicales, on ne remarque pas de variations accidentelles; mais les variations diurnes s'y produisent avec une telle régularité, qu'un baromètre y pourrait, en quelque sorte, servir d'horloge. Depuis midi, le baromètre baisse jusque vers quatre heures. À cette heure, il atteint un minimum; puis il remonte et atteint un maximum vers dix heures du soir. Enfin, il baisse de nouveau, atteint un second minimum vers quatre heures du matin, et un second maximum vers dix heures.

Dans les zones tempérées, il y a aussi des variations diurnes; mais elles sont plus difficiles à constater qu'à l'équateur, parce qu'elles se confondent avec les variations accidentelles.

Les heures des maxima et des minima des variations diurnes paraissent être les mêmes dans tous les climats, quelle que soit la latitude; seulement elles varient un peu avec les saisons.

148. **Causes des variations barométriques.** — On remarque que la marche du baromètre est, en général, en sens contraire de celle du thermomètre; c'est-à-dire que, la température s'élevant, le baromètre baisse, et *vice versa*, ce qui indique que les variations barométriques, dans un lieu déterminé, résultent des dilatations ou des contractions de l'air en ce lieu, et, par conséquent, de ses changements de densité. Si la température de l'air était constante et uniforme dans toute l'étendue de l'atmosphère, il ne se produirait, dans le sein de celle-ci, aucun courant, et la pression atmosphérique, à hauteur égale, serait invariable et partout la même. Mais lorsqu'une certaine région de l'atmosphère s'échauffe plus que les régions voisines, l'air dilaté s'élève en vertu de sa légèreté spécifique, et s'écoule par les hautes régions de l'atmosphère; d'où il résulte que la pression décroît et que le baromètre baisse. Le même effet se produirait si, une région de l'atmosphère conservant la même température, les régions voisines se refroidissaient; car, alors, l'air de la première s'élèverait encore en vertu de sa moindre densité. Aussi arrive-t-il, ordinairement, qu'une baisse extraordinaire, sur un point du globe, est compensée par une hausse semblable sur un autre point.

Quant aux variations diurnes, elles paraissent résulter des dilatations et des contractions qui se produisent périodiquement dans l'atmosphère par l'effet de l'action calorifique du soleil pendant la rotation de la terre.

* 149. **Relation entre les variations barométriques et l'état du ciel.** — On remarque, dans nos climats, que le baromètre se tient

communément, par le beau temps, au-dessus de 0,758; au-dessous de ce point, dans les temps de pluie, de neige, de vent ou d'orage; et enfin, que, sur un certain nombre de jours où le baromètre marque 0^m,758, il y a, en moyenne, autant de jours de beau temps que de jours de pluie. C'est d'après cette coïncidence entre la hauteur du baromètre et l'état du ciel qu'on a marqué les indications suivantes sur le baromètre, en comptant de 9 en 9 millimètres au-dessus et au-dessous de 0^m,758.

Hauteur.	État de l'atmosphère.
785 millimètres.	Très-sec.
776 —	Beau fixe.
767 —	Beau temps.
758 —	Variable.
749 —	Pluie ou vent.
740 —	Grande pluie.
731 —	Tempête.

En consultant le baromètre comme instrument propre à annoncer les changements de *temps*, il ne faut pas perdre de vue qu'il n'est réellement destiné qu'à mesurer le poids de l'air, et qu'il ne monte ou ne descend qu'autant que ce poids augmente ou diminue. Or, de ce que les changements de temps coïncident le plus souvent avec les variations de pression, cela ne veut pas dire qu'ils y soient invariablement liés. Cette coïncidence tient à des conditions météorologiques particulières à notre climat, et elle n'est pas sans offrir d'exceptions. Si l'abaissement du baromètre précède ordinairement la pluie dans nos contrées, cela tient à la position de l'Europe. En effet, les vents du sud-ouest, qui sont les plus chauds, et par conséquent les moins lourds, font baisser le baromètre; mais en même temps, comme ils se sont chargés de vapeur d'eau en traversant l'Océan, ils nous apportent la pluie. Les vents du nord et du nord-est, au contraire, étant froids et plus denses, font monter le baromètre; mais comme ils ne nous arrivent qu'après avoir traversé de vastes continents, ils sont desséchés et accompagnés en général d'un ciel pur et serein.

Deluc admettait que les vapeurs, qui sont moins denses que l'air, tendent par leur présence à diminuer le poids de l'atmosphère, et il expliquait ainsi la coïncidence de la pluie avec l'abaissement du baromètre; mais cette explication ne peut être admise, d'après ce fait que, dans la zone torride, la pluie ou le beau temps ne modifient pas la hauteur barométrique.

Lorsque le baromètre monte ou descend lentement, c'est-à-dire pendant deux ou trois jours, vers le beau temps ou vers la pluie, il résulte d'un grand nombre d'observations que les indications fournies par cet instrument sont alors extrêmement probables.

Quant aux variations brusques, dans l'un ou l'autre sens, elles présagent le mauvais temps ou le vent.

Si l'on a égard aux remarques précédentes, ainsi qu'à la direction des vents et à la température de l'air, on peut tirer du baromètre d'utiles indications, particulièrement pour l'agriculture. Mais il faut observer que le tableau indicateur donné ci-dessus est le résultat d'anciennes observations faites à Paris. Or, la plupart des constructeurs de baromètres ont adopté uniformément les mêmes indications pour toute la France et pour tous les pays de la terre. Il en est résulté que pour des lieux plus élevés que Paris ou situés dans des conditions géographiques différentes, les baromètres n'ont fourni que des indications complètement fausses; mais ce n'est pas à ces instruments qu'il faut s'en prendre, c'est à ceux qui les fabriquent ou qui les consultent. Dans chaque pays, les indications du baromètre étant modifiées par la position géographique, il importe de tenir compte de celle-ci, si l'on veut avoir des indications exactes.

* 150. **Baromètre à cadran.** — Le *baromètre à cadran*, dû à Hooke, est un baromètre à siphon qui est surtout destiné à indiquer le beau et le mauvais temps. Il est ainsi nommé parce qu'il est muni d'un cadran sur lequel se meut une longue aiguille (fig. 94), qui est mise en mouvement par le mercure même de l'instrument, au moyen d'un mécanisme représenté dans la figure 95. A l'axe de l'aiguille est fixée une poulie O, sur laquelle s'enroule un fil qui porte à l'une de ses extrémités un poids P, et à l'autre un flotteur un peu plus pesant que ce poids, et soutenu par le mercure de la petite branche du tube barométrique. Si la pression atmosphérique vient à augmenter, le niveau baisse dans la petite branche, le flotteur descend, et entraîne la

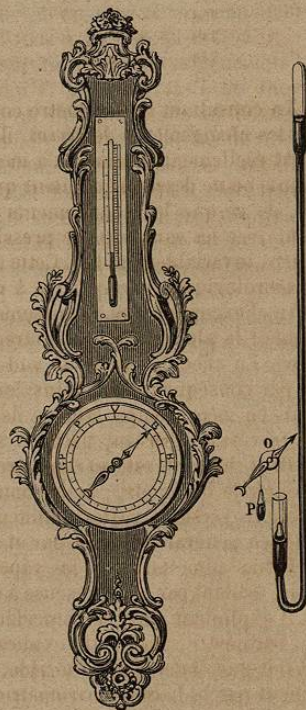


Fig. 94.

Fig. 95.

poulie et l'aiguille de gauche à droite. Le mouvement contraire a lieu quand la pression diminue, parce que le mercure s'élève dans la petite branche et remonte en même temps le flotteur. Il résulte de là que l'aiguille s'arrête aux mots *variable, pluie, beau temps, beau fixe, etc.*, lorsque le baromètre prend les hauteurs correspondantes, pourvu, toutefois, que l'instrument soit bien réglé; or, ceux qu'on trouve dans le commerce satisfont rarement à cette condition.

151. **Mesure des hauteurs par le baromètre.** — La pression de l'atmosphère décroissant à mesure qu'on atteint des lieux élevés, il en résulte que le baromètre baisse d'autant plus, qu'il est porté à une plus grande hauteur, ce qui permet d'utiliser cet instrument pour mesurer la hauteur des montagnes.

Si la densité de l'air restait la même dans toutes les couches de l'atmosphère, on déduirait, par un calcul très-simple, la hauteur dont on s'est élevé de la quantité dont le baromètre se serait abaissé. En effet, la densité de l'air étant 10 466 fois plus petite que celle du mercure, si le baromètre s'abaissait, par exemple, de 1 millimètre, cela indiquerait que la colonne d'air qui fait équilibre au mercure a diminué 10 466 fois plus, c'est-à-dire de 1 millimètre multiplié par 10 466, ou de 10^m,466. Telle serait donc la hauteur dont on se serait élevé. Si la dépression du mercure était de 2, 3... millimètres, on en conclurait de même que l'ascension aurait été de deux fois, trois fois... 10^m,466. Mais comme la densité de l'air décroît lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, le calcul ci-dessus ne peut s'appliquer qu'à de petites hauteurs.

Pour mesurer la hauteur des montagnes à l'aide du baromètre, Laplace a donné la formule

$$D = 18393 (1 + 0,002837 \cos 2 \varphi) \left[1 + \frac{2(T+t)}{4000} \right] \log \frac{H}{h},$$

dans laquelle D désignant la distance verticale entre les deux lieux dont on cherche la différence de niveau, H représente la hauteur du baromètre à la station inférieure, et h la hauteur à la station supérieure; T et t sont les températures de l'air correspondantes à chaque observation; φ est la latitude.

Pour la latitude de 45°, $\cos 2 \varphi = 0$, et la formule devient

$$D = 18393 \left[1 + \frac{2(T+t)}{4000} \right] \log \frac{H}{h}.$$

Pour les hauteurs moindres que 1000 mètres, M. Babinet a proposé récemment la formule

$$D = 16000^m \left(\frac{H-h}{H+h} \right) \left[1 + \frac{2(T+t)}{4000} \right],$$

qui dispense de l'usage des logarithmes.

M. Oltmanns a construit des tables à l'aide desquelles on calcule très-simplement la différence de niveau entre deux stations, lorsqu'on connaît les hauteurs H et h du baromètre à la station inférieure et à la station supérieure, ainsi que les températures T

et t aux mêmes stations. On trouve ces tables et la manière de s'en servir dans les Annaires du Bureau des longitudes.

Si la hauteur à mesurer n'est pas très-grande, on peut opérer seul; mais si elle est un peu considérable et exige un temps d'ascension un peu long, pendant lequel la pression atmosphérique peut varier, il faut être deux, et avoir deux baromètres bien d'accord. L'un des observateurs reste au pied de la montagne, l'autre se transporte au sommet; puis, à une heure donnée, ils observent simultanément le baromètre; en sorte que la différence des colonnes est bien due tout entière à la différence des niveaux.

CHAPITRE II.

MESURE DE LA FORCE ÉLASTIQUE DES GAZ.

152. **Loi de Mariotte.** — L'abbé Mariotte, physicien français, mort en 1684, posa, le premier, la loi suivante sur la compressibilité des gaz : *La température restant la même, le volume d'une masse donnée de gaz est en raison inverse de la pression qu'elle supporte.*

Cette loi se vérifie, pour l'air, au moyen de l'appareil suivant, connu sous le nom de *tube de Mariotte*. Sur une planchette de bois, maintenue verticalement, est fixé un tube de verre recourbé en siphon, dont les deux branches sont inégales (fig. 96). Le long de la petite branche, qui est fermée, est une échelle indiquant des capacités égales, tandis que l'échelle placée le long de la grande branche indique les hauteurs en centimètres. Les zéros des deux échelles sont sur une même ligne horizontale.

Pour faire l'expérience, on verse d'abord du mercure dans l'appareil par le sommet de la grande branche, de manière que le niveau du liquide corresponde au zéro dans les deux branches (fig. 96), ce qu'on obtient après quelques tâtonnements. L'air renfermé dans la courte branche est alors soumis à la pression atmosphérique qui s'exerce, dans la grande, sur la surface du mercure, sinon le niveau ne serait pas le même. On verse enfin du mercure dans le grand tube jusqu'à ce que la pression qui en résulte réduise de moitié le volume d'air renfermé dans la petite branche, c'est-à-dire jusqu'à ce que ce volume, qui était 10 d'abord, ne soit plus que 5, ainsi que le montre la figure 97. Mesurant alors la différence de niveau CA du mercure dans les deux tubes, on trouve