

MANOMÈTRES.

Personne n'ignore aujourd'hui que la vapeur d'eau produite sous l'action de la chaleur, dans une capacité fermée, exerce sur les parois du vase qui la contient une pression

croissant avec la vivacité et la durée de l'action du feu, et à laquelle les enveloppes les plus solides ne résisteraient pas si la vapeur ne trouvait par trouver une issue.

Cette propriété de la vapeur d'eau, que possèdent également les vapeurs de tous les liquides, est ce qui permet de l'utiliser comme force motrice. Il suffit, pour cela, de la faire passer, de la chaudière où elle se produit, dans un cylindre contenant un piston que la vapeur presse puissamment tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et de transformer comme il convient le mouvement de va et vient qui en résulte de manière à faire tourner des roues. C'est à ce principe si simple que sont dus les effets puissants et variés des machines à vapeur.

Mais, à côté du bienfait, il y a le danger.

Cette force énergique, que l'action de la chaleur accumule dans les chaudières, est susceptible de produire les plus désastreux effets. Lorsqu'elle dépasse une certaine limite, elle peut rompre violemment les parois qui la contiennent. Nous indiquerons ultérieurement les divers organes spéciaux dont on munit les chaudières pour les empêcher d'éclater; mais, quels qu'aient été à cet égard les efforts des constructeurs, ces organes ne sont pas encore parvenus à remplir complètement le but qui leur est assigné: aussi considère-t-on comme la condition de sécurité la moins trompeuse le soin qu'a le chauffeur de régler l'action du feu de telle sorte que la tension de la vapeur, ou la pression qu'elle exerce sur les parois de la chaudière, ne dépasse pas une certaine limite déterminée.

Or, la découverte d'un instrument propre à indiquer d'une manière infaillible et précise cette tension était, pour les appareils à vapeur, d'une importance immense.

Cet instrument est le *manomètre*.

C'est à la pression atmosphérique correspondant à celle qu'exerce sur sa base une colonne de mercure haute de 76 centimètres que l'on rapporte la tension de la vapeur. Cette pression, ou, dans le langage industriel, une *atmosphère*, est donc l'unité de mesure d'après laquelle sont gradués les manomètres, quelle que soit leur construction.

Les instruments de ce genre sont aujourd'hui nombreux. On distingue les manomètres à *air libre*, les manomètres à *air comprimé*, les manomètres à *diaphragme* et à *ressort*, enfin les *thermo-manomètres*.

MANOMÈTRE À AIR LIBRE. — Le manomètre le plus simple et le plus direct à la fois est celui que représente la figure 1. Il se compose d'un long tube en verre *bb*, ouvert dans le haut, et fixé, vers le bas, dans une *cuvette* ou flacon métallique *a*, qui contient du mercure, et dont l'extrémité inférieure du tube atteint presque le fond. Au-dessus du mercure de la cuvette reste un petit espace dans lequel débouche un petit tuyau horizontal *d* qui se joint, par l'autre extrémité, à un second tube vertical en fer *ce*, fermé des deux bouts, et où pénètre, à la partie supérieure, le tuyau *f*, destiné à transmettre à l'instrument la pression de la vapeur. Lorsque le manomètre fonctionne, le tube en fer est rempli d'eau, et cette eau, pressée par la vapeur de la chaudière, agit à son tour sur le mercure de la cuvette *a*, et fait remonter dans le tube en verre une colonne de mercure qui s'y élève jusqu'à ce qu'elle fasse équilibre à la pression de la vapeur. Si le niveau du mercure dans la cuvette était invariable, cette colonne s'allongerait de 76 centimètres pour chaque accroissement d'une atmosphère dans la tension de la vapeur. Il n'en est pas tout à fait ainsi; toutefois la section intérieure de la cuvette est assez considérable par rapport à celle du tube pour que l'on puisse négliger la légère variation de niveau qui s'y produit, et l'on règle la graduation de l'instrument sur la hauteur de 76 centimètres. Cette graduation est portée sur une planchette le long de laquelle est appliqué le tube en verre, et chaque degré est ensuite divisé en dix parties égales, ainsi que la figure 1 l'indique.

Quoique le tube *bb* doive être ouvert dans le haut pour communiquer librement avec l'air extérieur, on est dans l'usage de le coiffer d'un bouchon en bois *e*, simplement posé, et qui a pour objet d'éviter que quelques gouttelettes de mercure ne soient projetées en dehors lors des oscillations que la colonne éprouve par suite de variations brusques de la pression.

Les indications de cet instrument sont directes et précises: aussi l'a-t-on dénommé *manomètre normal*, et c'est à lui que l'on a recours pour la vérification de ceux établis d'après d'autres principes. Malheureusement il présente un grave inconvénient, celui de sa grande longueur, qui en rend partout l'installation difficile, et l'empêche de s'appliquer aux machines mobiles et particulièrement aux locomotives.

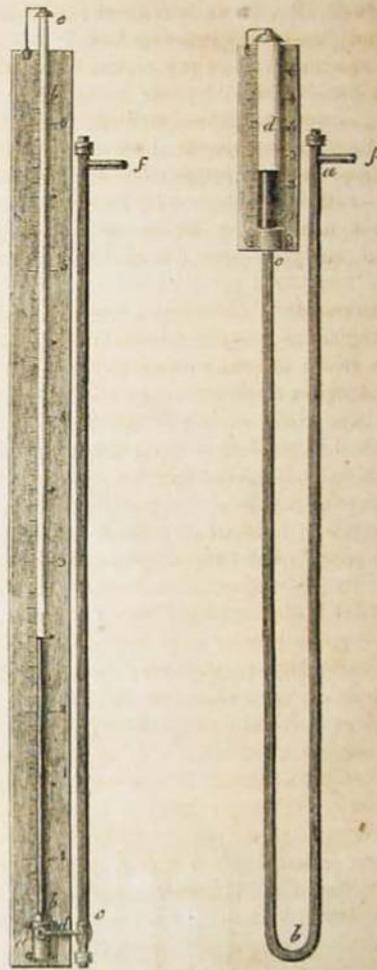


FIG. 1.

FIG. 2.

Quelquefois, dans ce manomètre, on substitue au tube en verre *bb* un tube métallique; et les variations de la colonne de mercure, que l'on ne peut plus voir, sont alors indiquées par les mouvements d'un petit poids suspendu en dehors du tube, et qui est lié, par un fil et une poulie de renvoi, à un *flotteur* placé dans le tube et qui monte ou descend avec la colonne de mercure. La graduation va, dans ce cas, de haut en bas, au lieu d'aller de bas en haut; mais cela ne change pas le principe de l'instrument et n'en supprime pas les inconvénients.

D'autres fois, afin de n'avoir à observer les variations de la colonne de mercure que sur une échelle d'une mesure étendue, on dispose l'instrument comme le représente la figure 2. Un tube recourbé en fer, *abc*, communique avec

tuyau *f* avec la chaudière, est lié à un tube en verre de plus grand diamètre, ouvert par le haut, et dans lequel s'élève ou s'abaisse le mercure contenu dans le tube *abc*, suivant que la pression de la vapeur augmente ou diminue. Cette pression est équilibrée par la différence de niveau qui se produit entre le mercure, dans le tube *d* et dans la partie descendante *ab* du tube en fer. On peut établir, entre la section des deux tubes, un rapport tel que les degrés de l'instrument soient aussi petits qu'on le veut. En adoptant le rapport de 9 à 1, par exemple, quand le mercure s'abaissera de 0,9 d'atmosphère dans le tube *ab*, il s'élèvera de 0,1 dans le tube *d*, et les degrés auront seulement 7°,6. L'instrument ainsi modifié est nommé *manomètre différentiel à air libre*, et l'on connaît encore, dans ce genre, le *manomètre à tubes concentriques*, qui n'est autre chose que celui représenté dans la figure 1, avec cette différence que le tube *bb* est en fer et la cuvette *a* en verre; de cette manière, les indications de l'instrument sont fournies par les variations de hauteur que subit le mercure dans cette cuvette, dont on réduit à cet effet convenablement la section.

Quoi qu'il en soit, tous ces instruments exigent des tubes d'une très-grande longueur, et l'on a essayé de parer à cet inconvénient par la disposition dont la figure 3 donne idée. Le manomètre qu'elle représente est aussi à *air libre*; mais l'équilibre, au lieu d'être produit par une colonne unique de mercure, est obtenu par une suite de colonnes successives, dans un tube replié plusieurs fois en siphon. L'extrémité *d* du tube débouche librement à l'air, et c'est par l'autre extrémité *c* qu'est transmise la pression de la vapeur. Les branches inférieures des siphons sont remplies de mercure, et les branches supérieures, y compris celle du tube *c*, sont pleines d'eau. Lorsque la pression de la vapeur agit sur l'instrument, le mercure de chaque siphon monte d'un côté et baisse de l'autre, et l'équilibre résulte de la série des différences de pression, du point *a* au point *b*, du point *a'* au point *b'*, du point *d'* au point *b''*. On conçoit que l'on puisse multiplier assez les branches de l'instrument pour qu'à une pression donnée ne corresponde qu'un faible surélévation de chacune des colonnes partielles. Dans les instruments construits d'après cette donnée, les branches en siphon sont au nombre de vingt à trente; le tube qui correspond à la graduation est seul en verre; les autres sont en fer et forment un ensemble replié plusieurs fois sur

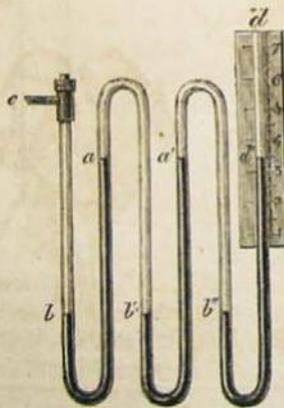


FIG. 3.

lui-même, afin d'occuper moins de place. Cet appareil donne des indications assez satisfaisantes et s'applique bien aux locomotives; mais il doit être construit avec une grande perfection, car il est essentiel qu'il ne puisse pas se perdre la moindre quantité de liquide, soit mercure, soit eau, sans quoi les indications seraient erronées.

MANOMÈTRES À AIR COMPRIMÉ. — Les instruments de

cette catégorie sont tous établis d'après le principe qu'une quantité donnée de gaz diminue de volume exactement en proportion de la pression qu'il supporte. Ce principe porte en physique le nom de *loi de Mariotte*.

La figure 4 donne le type général de ces instruments à air comprimé. La pression de la vapeur, transmise par le tuyau *d*, agit sur le mercure contenu dans la partie inférieure du siphon renversé *abc*, dont l'extrémité *c* est fermée. Si l'on admet que le mercure de la branche *bc* affleure lorsque la

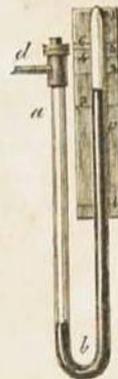


FIG. 4.

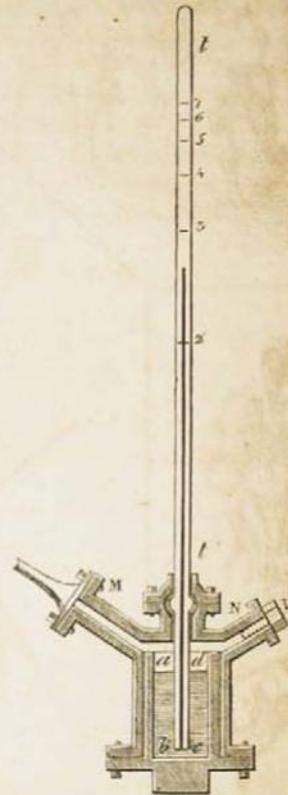


FIG. 5.

pression est celle de l'atmosphère, le point de départ 1 de la graduation, quand la pression deviendra de 2, de 3, de 4 atmosphères, la quantité d'air contenue dans la partie supérieure de la branche *bc* se réduira à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ de son volume primitif, et il suffira de marquer les divisions correspondantes à ces volumes pour que l'instrument puisse servir. On remarquera seulement que les divisions vont en se rapprochant très-rapidement, lorsque le nombre d'atmosphères augmente.

Une disposition plus parfaite de cet appareil est représentée dans la figure 5, qui est une coupe faite dans l'instrument, afin d'en montrer la disposition intérieure, qu'il serait sans cela impossible de comprendre. C'est par la tubulure *M* qu'est transmise la pression de la vapeur à la surface du mercure contenu dans la cuvette *abcd*. Le mercure est refoulé par cette pression dans le tube vertical *t*, fermé vers le haut, et qui plonge jusque vers le fond de la cuvette. La graduation de l'instrument est faite d'après la règle indiquée ci-dessus. La tubulure *N*, fermée par le bouton *V*, a pour objet l'introduction du mercure dans la cuvette, et le renflement que présente le tube *t* a pour but de l'empêcher d'être soulevé.

Les manomètres à air comprimé ne sont susceptibles que d'une exactitude restreinte et sont peu employés.

La suite à une autre livraison.

MANOMÈTRES.

Voy. p. 102.

MANOMÈTRES A DIAPHRAGME ET PISTON DIFFÉRENTIEL.

— La figure 6 représente le manomètre à diaphragme et piston différentiel, dans lequel l'équilibre, toujours réalisé par la pression d'une colonne de mercure, s'obtient toutefois autrement que dans les instruments précédents. Le tube *tt*, dont une partie seule est figurée dans la coupe que nous donnons, débouche librement à l'air à sa partie supérieure. Dans le bas, il communique à une cuvette pleine de mercure dont le fond est fermé d'un disque *m* en caoutchouc vulcanisé, fortement pressé par son rebord entre les deux pièces *a* et *b*, par le moyen des boulons à vis *dd*, de manière à former un joint imperméable. Au-dessous du disque de caoutchouc presse un piston *cc*, dont la partie supérieure est une large rondelle, et qui peut se mouvoir verticalement. L'extrémité inférieure de ce piston repose elle-même sur un second disque *n* en caoutchouc, disposé comme le premier, et au-dessous duquel la pression de la chaudière est transmise par le tuyau recourbé *tt'*. Le piston mobile est d'ailleurs, au moyen de l'ouverture *o*, en communication permanente avec l'atmosphère.

Lorsque la vapeur vient presser sur le bas du piston, par l'intermédiaire du disque de caoutchouc *n*, cette pression se transmet à la rondelle supérieure, diminuée dans le rapport des surfaces. Celle-ci se soulève légèrement, et

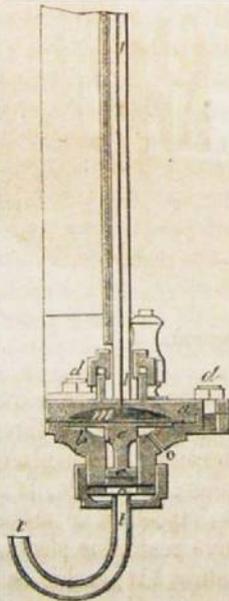


FIG. 6.

une partie du mercure poussé par le disque de caoutchouc *m* entre dans le tube *tt*, et fait équilibre à la pression transmise. D'après les dimensions ordinairement adoptées, il suffit, pour chaque atmosphère de pression, que le piston

se relève de quelques dixièmes de millimètre, ce qui fait pénétrer dans le tube vertical une colonne de mercure de 4 à 7 centimètres, suffisante pour l'équilibre. Le caoutchouc est assez élastique pour permettre ces légers déplacements du piston, et les indications de l'appareil sont satisfaisantes.

MANOMÈTRES A RESSORT OU MÉTALLIQUES. — Dans tous les appareils précédents, c'est le soulèvement d'une colonne de mercure qui fait équilibre à la pression de la vapeur. On a essayé d'y suppléer par la résistance d'un ressort, et l'on a établi, d'après cette idée, un manomètre dans lequel la pression de la vapeur, transmise par un piston, courbe un ressort d'acier dont les mouvements sont amplifiés par un système de leviers et signalés par une aiguille. Nous ne décrirons pas cet appareil compliqué et dont l'usage s'est peu répandu.



FIG. 7.

Mais il est un manomètre de ce genre plus simple et basé sur un principe tout nouvellement découvert. Dans cet appareil, dont la figure 7 représente un spécimen, la vapeur, introduite par la tubulure *a*, pénètre dans le tuyau creux *bcd*, dont la section transversale est une ellipse allongée et qui est fermé à son extrémité *d*. La pression gonfle légèrement ce tube qui, sous cette action, tend à se dérouler; en conséquence, l'extrémité *d* se déplace, et, par un levier de transmission, entraîne l'aiguille sur un cadran divisé en atmosphères. Les indications de cet appareil, dont les dispositions peuvent être variées de beaucoup de manières, sont très-satisfaisantes, et il a, pour les machines locomotives surtout, un grand avantage sur les instruments du même genre à colonne de mercure aussi est-il aujourd'hui fort employé.

Telles sont à peu près toutes les dispositions données jusqu'ici au manomètre. On a cependant eu l'idée de se servir, pour atteindre le même but, d'un instrument destiné à constater, non plus la pression, mais la température de la vapeur, et que l'on a dénommé THERMO-MANOMÈTRE. Ce n'est pas autre chose qu'un thermomètre à long tube, gradué au-dessus de 100°. La température de la vapeur croissant dans une proportion beaucoup moins forte que l'augmentation de pression, il suffit que la graduation atteigne 172° pour que l'instrument puisse servir jusqu'à 8 atmosphères. Cet appareil est lent dans ses indications. Il lui faut beaucoup de temps pour se mettre en équilibre de température avec la vapeur: aussi est-il toujours en retard sur les variations rapides de pression qui surviennent constamment, surtout dans les locomotives. Cet inconvénient en restreint beaucoup l'emploi.