

a. Les premiers chercheurs dans le domaine des hautes pressions se préoccupèrent surtout de construire des appareils de mesure de pression à indications continues. Le « manomètre à soupapes » inventé par GALLY-CAZALAT, construit successivement par CLAIR, par BIANCHY et par DESCOFFE, en est le premier exemple.

Dans le manomètre que DESCOFFE décrit en 1871 (11)<sup>(1)</sup>, la pression hydrostatique inconnue force un piston de faible section contre un deuxième piston de section plus grande reposant directement sur une membrane flexible. La déformation de celle-ci fait monter du mercure dans un tube en verre, une échelle graduée permettant de lire directement la pression. La combinaison des deux pistons constitue un réducteur de pression analogue au piston différentiel d'un emploi si fréquent dans les appareils à haute pression.

Quoique basé sur un principe ingénieux, le manomètre à soupape n'a qu'une faible valeur pratique : en effet, pour empêcher les fuites du côté de la haute pression le petit piston était entouré d'un bourrage en cuir fortement comprimé (ce dispositif n'était pas utilisé du côté du grand piston, la membrane empêchant la perte de liquide). Ce système entraîne des frottements considérables, et empêche le libre mouvement des pistons qu'exige le principe même de la balance manométrique : il s'ensuit que la précision des mesures est médiocre.

DEPREZ a indiqué le moyen de tourner la difficulté : au lieu d'empêcher les fuites autour du piston par un bourrage on peut simplement se servir d'un piston parfaitement cylindrique, coulissant dans un cylindre en acier, ajusté de telle sorte que l'espace annulaire entre les deux parois soit suffisamment petit pour que le liquide comprimé ne s'écoule que très lentement. Dans un tel système, le piston est entièrement libre; la légère fuite qui subsiste, n'influe pas sur le principe de la mesure, puisque la diminution de volume causée par le liquide qui s'échappe est compensée automatiquement par la descente du piston, la pression restant constante.

Cette idée, appliquée dans la suite avec succès, sert encore actuellement de base à la construction des *balances manométriques à piston libre*.

Le physicien français AMAGAT perfectionna, en 1887, le manomètre de DESCOFFE d'après les indications de DEPREZ. Son but fut de construire un manomètre à indications continues qui lui permettrait de poursuivre ses recherches sur la compressibilité des gaz à haute pression.

Dans son « manomètre à pistons libres » bien connu (2, 3) il substitua aux soupapes à membrane des pistons coulissant librement.

La pression à mesurer agit sur un piston de section  $S_1$  solidaire d'un autre piston à grande surface  $S_2$ , lequel transmet la poussée à un petit réservoir rempli de liquide. Le rapport de la pression inconnue  $p_1$  à la pression  $p_2$  du réservoir est donné par :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Pour un rapport  $\frac{S_1}{S_2}$  convenable,  $p_2$  sera suffisamment petit pour être mesuré à l'aide d'une colonne à mercure, branchée sur le réservoir.

(1) Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la table bibliographique.



Avec cet appareil, AMAGAT effectua des mesures jusqu'à des pressions de 3 000 kg/cm<sup>2</sup>. Afin d'ajuster le rapport  $\frac{S_1}{S_2}$  de façon à avoir une hauteur maximum de 5,20 m dans la colonne R, il employa deux grands pistons de 6 et 12 cm de diamètre et un jeu de petits pistons, le plus petit ayant 0,5527 cm de diamètre.

AMAGAT perfectionna encore sa balance à d'autres points de vue pour réduire la fuite à un minimum, il employa des liquides de compression de grande viscosité tels que l'huile de ricin ou la mélasse, et munit l'appareil d'un injecteur qui permet d'éviter que le piston ne descende trop bas. Enfin, reprenant une idée de BOURDON, il songea à imprimer aux pistons un mouvement de rotation, ce qui eut pour résultat d'éliminer presque entièrement les frottements solides entre piston et cylindre.

La balance à pistons libres fut adaptée par VIEILLE (28) à l'étalonnage des crushers et est encore utilisée à cet usage à l'heure actuelle. Ce cas mis à part, les balances à indications continues ne sont plus employées : on leur préfère des manomètres secondaires d'un emploi plus commode. La balance manométrique est en effet devenue uniquement un appareil d'étalonnage et comme tel le manomètre à pistons libres avec ses deux pistons réducteurs de pression ne saurait atteindre la précision d'autres modèles de balances plus simples.

b. Le type habituel et le plus répandu de balance manométrique n'utilise qu'un seul piston de forme cylindrique simple. La force équilibrante est mesurée directement par des poids chargés sur le piston. Un tel appareil ne peut évidemment servir qu'à des étalonnages et ne peut être employé pour effectuer des mesures continues.

Il est difficile de dire quel est le premier constructeur de ce genre d'appareils, mais il est un fait certain que BOURDON s'en servait déjà couramment pour calibrer ses tubes de manomètres.

En 1880, CAILLETET décrivit une balance manométrique à piston simple (9), construite d'après le principe de DEPREZ. Ce manomètre ressemble dans ses parties essentielles à une balance manométrique moderne. L'espace annulaire compris entre piston et cylindre a une valeur inférieure à 1/200 mm; les poids sont appliqués à l'aide d'un levier, très mobile, monté sur des axes. CAILLETET estimait que les indications fournies par l'appareil, fonctionnant jusqu'à 1 500 kg/cm<sup>2</sup>, étaient exactes au 1/200 de la valeur mesurée, quoique employant de l'eau comme liquide de compression il ait été obligé de placer de la baudruche au-dessous du piston pour empêcher l'écoulement du liquide.

Dans d'autres balances manométriques du type simple, telles que les modèles construits par RUCHOLTZ (25) en 1883 et par ALTSCHUL (1) en 1893, la charge est appliquée directement sur le piston à l'aide d'un plateau à poids, ce qui rend la mesure plus précise.

La balance de STUCKRATH (27) est souvent citée comme prototype des balances manométriques à piston cylindrique simple. Elle fut construite en 1894 pour le « Technische Reichsanstalt » et a servi de modèle à la plupart des balances employées par HOLBORN et son école, au cours des recherches sur la compressibilité des gaz. C'est également sur cet appareil que furent faites les