

On peut conclure que le rayon effectif est correctement donné par l'expression  $r_0 = \frac{r_2 - r_1}{2}$  (22) avec une erreur qui est inférieure au  $\frac{1}{10.000}$  à condition de tenir compte de la correction de déformation.

La mesure du rayon effectif peut se faire de différentes façons :

1° Par mesure directe des rayons du piston et du cylindre conformément à l'équation (22). Nous avons mentionné que par suite de l'imprécision sur la mesure du cylindre l'erreur à laquelle conduit cette méthode est de l'ordre de  $\frac{1}{2.500}$ .

2° En écrivant l'équation (22) sous la forme  $r_0 = r_1 + \frac{r_2 - r_1}{2}$  on voit que la mesure de la section effective revient à la mesure du diamètre du piston et de la valeur de  $r_2 - r_1$ . Cette dernière valeur peut être obtenue avec grande précision par des mesures de décélération ou de la fuite. La précision dans ce cas est de l'ordre de  $\frac{1}{5.000}$ , et peut atteindre  $\frac{1}{10.000}$ .

En conclusion : l'erreur  $\frac{\Delta P_2}{P}$  commise sur la mesure *directe* du rapport  $\frac{G}{S_e}$  se situe aux environs du  $\frac{1}{5.000}$  et atteint le  $\frac{1}{10.000}$  dans les cas les plus favorables. Elle est supérieure à l'erreur  $\frac{\Delta P_1}{P}$  (manque de reproductibilité) et conditionne dans une large mesure la précision de la balance manométrique.

Pour obtenir une meilleure précision, on peut opposer la balance manométrique à une colonne à mercure et déduire la section effective de la pression du mercure et des poids chargés sur le piston. Par cette méthode, on apporte automatiquement toutes les corrections nécessaires mais la balance manométrique devient un appareil de mesure secondaire étalonné par rapport à la colonne de mercure, étalon primaire.

#### § 4. Dispositif de repérage d'équilibre

Nous avons déjà mentionné que dans le cas de la mesure d'une pression inconnue fixe, la balance manométrique doit être munie d'un dispositif permettant de détecter l'équilibre entre la pression inconnue et la pression équilibrante.

Au cours d'une telle mesure, une condition fondamentale doit être observée : la pression établie à la balance manométrique ne peut changer la pression inconnue, en d'autres mots il faut que le volume du fluide comprimé reste rigoureusement constant au cours de la mesure. Ceci peut être obtenu par un dispositif d'équilibre.

1° Le moyen de repérage le plus simple consiste à fixer un *repère* au piston de la balance manométrique. La mesure devra se faire de façon telle que ce repère reste à une même hauteur assurant ainsi la constance du volume. Inversement, à un déséquilibre de pression  $dP$ , il correspondra une variation de volume  $dV$  et un déplacement  $L$  de l'index.

La sensibilité de cette méthode dépend de la plus petite variation de la hauteur observable à l'index; elle peut être rendue très grande par l'emploi d'un

microscope. La sensibilité dépend également du volume et de la compressibilité du fluide à l'étude.

Exemple : soit une enceinte de volume  $V$  contenant un gaz parfait à la température  $T$ . Il y correspond une pression  $P = \frac{nRT}{V}$ . Supposons que le poids en excès sur le piston de la balance manométrique modifie la pression de  $dL$ . La variation de volume correspondante vaut :  $dV = \frac{dP \cdot nRT}{P^2}$ . Pour un piston de section  $S$  le déplacement vertical sera donné par  $dL = -\frac{dP \cdot nRT}{S \cdot P^2}$ .

Dans le cas d'un fluide réel,  $\beta$  étant le coefficient de compressibilité défini par  $-\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dP}$ ,  $dL = -\frac{dP}{S} \cdot V\beta$  d'où  $\Delta P_{(3)} = \frac{L \cdot S}{V \cdot \beta}$ .

Exemple : soit  $V = 1\,000\text{ cm}^3$ ,  $\beta = 0,0002$  pour l'huile et  $S = 1\text{ cm}^2$ . Si la plus petite distance observable à l'index est de  $0,01\text{ cm}$ , on aura :

$$\Delta P_{(3)} = \frac{L \cdot S}{V \cdot \beta} = 0,05\text{ kg/cm}^2.$$

La méthode de l'index toutefois présente un grand inconvénient. En effet, par suite de la fuite d'huile autour du piston, celui-ci s'enfonce dans le cylindre et l'index suit le mouvement de descente. Notons que les balances manométriques de BASSET (4) et du Bureau of Standards (21) sont munies d'un index de repérage.

2° *Manomètre différentiel*. — Afin d'éviter les défauts de la méthode décrite ci-dessus, plusieurs auteurs ont préconisé l'emploi d'un manomètre différentiel pour la détection d'un déséquilibre entre la pression inconnue et la pression d'équilibre. Les deux pressions sont appliquées sur les deux branches d'un tube manométrique rempli de mercure, la dénivellation des ménisques étant repérée d'une façon précise par l'emploi de deux contacts électriques.

Un tel dispositif a été mis au point par BEATTIE et BRIDGEMAN et BEATTIE et EDEL. Avec des contacts en platine, il est possible de détecter facilement une dénivellation des ménisques de mercure de  $0,1\text{ mm}$ , l'erreur correspondante est dans ce cas de l'ordre  $10^{-5}$  à  $100\text{ kg/cm}^2$ .

Comme l'erreur relative d'équilibrage peut être rendue négligeable en comparaison de l'erreur relative sur la reproductibilité, la conclusion précédente, signalant que c'est l'erreur sur la mesure de la section effective qui limite la précision de la balance manométrique, n'est donc en rien modifiée.

## § 5. Quelques types de balances manométriques

Dans ce chapitre, nous décrirons brièvement quelques balances manométriques les plus représentatives, uniquement dans le but de montrer comment leurs auteurs ont mis en pratique les principes que nous avons passés en revue. Dans cette rapide description ne sont pas comprises les différentes balances manométriques actuellement fabriquées par divers constructeurs, balances inspirées des appareils décrits succinctement ici.