

Chapitre 2: Mesures des pressions

1- Définition de la pression:

La pression est l'action d'une force sur une surface.

$$P = F / S$$

2- Les unités de pression:

Pascal : l'unité du système international (SI).

bar : correspond à une force de un kilogramme (kg) qui s'exerce sur une surface de un centimètre carré (cm²).

Psi : unité anglo-saxonne de la pression.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} = 6894 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar} = 101308 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 10.33 \text{ mH}_2\text{O} = 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

3- Différentes sortes de pressions :

3-1 Pression atmosphérique : pression exercée par la couche d'air qui entoure la terre, variable selon la l'altitude, la température, et la latitude, elle est néanmoins toujours voisine de 1 bar.

Exemple : au niveau de la mer la pression de l'air est en moyenne de 1 bar, en montagne à 2000 m égal 0.8 bar.

3-2 Pression relative : pression mesurée par rapport à la pression atmosphérique celle-ci étant prise comme point de référence. Cette pression peut donc prendre une valeur positive si la pression est supérieure a la pression atmosphérique ou négative si la pression est inférieur a la pression atmosphérique (cas dépression).

3-3 Pression absolue : pression mesurée par rapport au zéro absolu de pression.

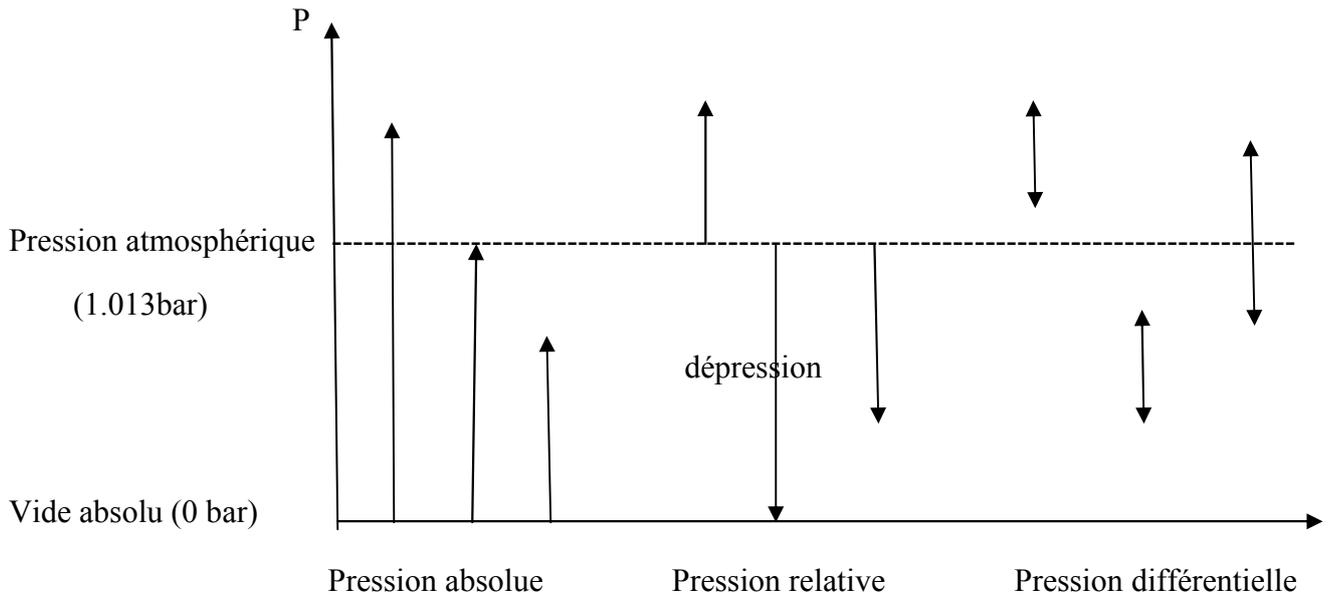
Exemple : la pression atmosphérique est un pression absolue.

3-4 Vide ou dépression : c'est une pression relative négative, on parle de dépression quand la pression absolue est inférieure à la pression atmosphérique.

3-5 Pression différentielle : c'est la différence entre deux pressions (différence de pression mesurée entre deux points).

Exemple : la pression relative peut être considérée comme une pression différentielle entre la pression absolue et la pression atmosphérique.

Résumé: pression absolue = pression atmosphérique + pression relative



4- Mesure de la pression atmosphérique :

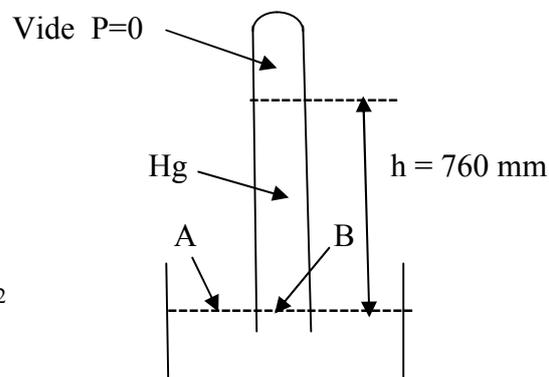
Le premier baromètre a été inventé par Torricelli en 1644. Voulant mesurer les variations du poids de l'air, Torricelli remplit de mercure un tube de verre d'un mètre de long fermé à une extrémité, il le retourne et le plonge dans une cuvette remplie de mercure, il constate alors que le niveau de mercure dans le tube s'abaisse, laissant un espace de vide au dessus de lui.

$$P_A = P_B$$

$$P_{Atm} = P_A$$

$$P_{Atm} = \rho g h$$

$$\rho = 13595.1 \text{ kg/m}^3, g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$



Principe de l'expérience de Torricelli

5- Méthodes utilisées pour les mesures de pression :

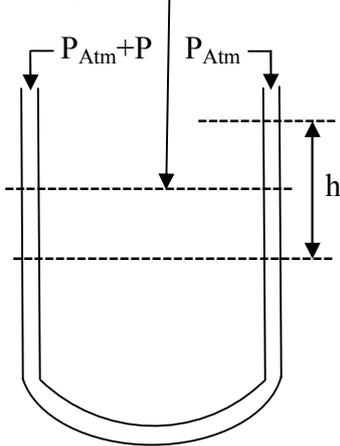
- Application de l'hydrostatiques, pression au sein d'un liquide, surface équipotentielle, pression correspondant à une hauteur de colonne de liquide.
- Force exercée sur une surface donnée et équilibrée avec une force connue.
- Force exercée sur une surface donnée par déformation d'un solide élastique.

6- Appareils de mesure des pression :

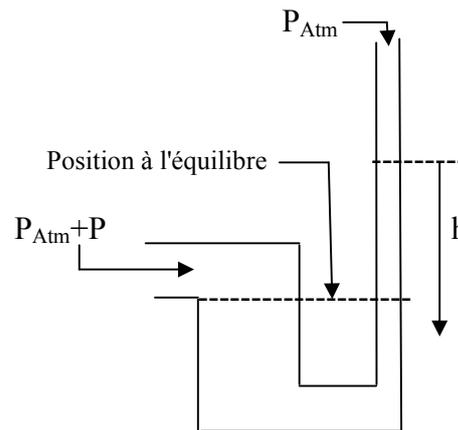
6-1 Manomètre à tube en U (manomètre hydrostatique) :

La différence d'altitude h du liquide manométrique (couramment eau ou mercure), entre les deux cotés d'un même tube en U, donne une mesure de la différence pression P entre les deux extrémités du tube.

Position à l'équilibre



Tube en U



Tube en U de sections inégales

$$\Delta P = P_{Atm} + P - P_{Atm} = P = \rho g h$$

Pour une mesure de pression relative ils sont ouverts à l'atmosphère à une de leurs extrémités, l'autre extrémité est reliée à l'enceinte dont on veut connaître la pression relative.

Pour une mesure de pression différentielle les deux extrémités du tube sont reliés aux deux points entre lesquelles on cherche à connaître la pression différentielle.

L'utilisation de l'eau ou du mercure est fonction du but poursuivi, l'eau convient mieux pour de faibles pressions (<0.1 bar) grâce à une bien meilleure précision, par contre le mercure s'impose pour des valeurs supérieures à cause de la trop grande taille des tube nécessaires.

Avantages et inconvénient des manomètres à tubes :

Les manomètres à colonne de liquide couvrent un domaine de 0 à 5×10^5 Pa pour la mesure de pression de gaz uniquement.

Avantages :

- bonne précision, on peut dépasser 0,1 % .
- bonne stabilité .
- construction simple et peu couteuse.

Inconvénients :

- encombrant et fragile .
- ils sont sensibles à la température et aux vibrations .
- les tubes doivent être parfaitement calibrés .

- les liquides visqueux, malpropres, les tubes gras, sont des causes d'erreurs .
- ces appareils ne traduisent pas la pression mesurée en un signal analogique exploitable en régulation industrielle.

Domaine d'emploi :

- mesure des pressions absolues, relatives ou différentielles jusqu'à deux bars .
- pratiquement la colonne de liquide ne peut dépasser deux mètres .

6-2 Manomètres à valve :

Dans ces manomètres, la pression du fluide comprime un ressort ou fait équilibre à un contrepoids via une valve de section déterminée : c'est ainsi que sont fabriqués les manomètres manuels (de précision très variable) des stations de gonflage.

6-3 Manomètres à déformation de solide :

6-3-1 manomètre à tube de Bourdon :

Le tube de Bourdon est brasé, soudé ou vissé avec le support de tube qui forme généralement une pièce complète avec le raccord. Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord, le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet Bourdon). Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier.

Utilisation :

Les manomètres à tube de Bourdon sont utilisés pour la mesure de pressions positives ou négatives de fluides gazeux ou liquides. Les étendues de mesure s'étalent sur toutes les plages de 0,6 bar à 4 kbar. Pour les étendues jusqu'à 40 bars inclus on utilise normalement la forme en arc et à partir de 60 bars la forme hélicoïdale. Les appareils sont fabriqués avec le raccordement vertical ou arrière. Il convient de les protéger contre les risques de surpression ou de dépassement d'échelle. L'incertitude de mesure varie de 0,02 à 0,2 % pour le domaine de mesure de 0 à 3 kbar.

6-3-2 Manomètre à membrane :

La membrane est tendue entre deux brides. Par un trou dans le raccord, le fluide à mesurer arrive dans la chambre de pression en dessous de la membrane. La membrane se déplace sous l'effet de la pression. Le déplacement de la membrane est proportionnel à la pression mesurée et est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Afin d'être protégés contre des détériorations, le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier. En cas de risque de corrosion due à des fluides agressifs , on peut protéger toutes les parties en contact avec le fluide par enduction de plastique ou par un film de protection.

Utilisation :

Les manomètres à membrane sont utilisés principalement pour la mesure de faibles pressions positives ou négatives de fluides gazeux ou liquides. Les étendues de mesure possibles s'étalent sur toutes les plages de 16 mbar à 40 bar. Les membranes de ces manomètres sont très minces et

ondulées. De par leur forme, ils sont moins sensibles aux vibrations que les manomètres à tube et sont plus faciles à protéger contre les surcharges et les fluides agressifs. Les appareils sont fabriqués avec un montage de membrane horizontal (à angle droit par rapport au cadran) ou vertical (parallèle par rapport au cadran).

6-3-3 Manomètre à capsule :

La capsule est montée sur le raccord soit directement soit par l'intermédiaire d'un tube métallique. Par un trou dans le raccord le fluide à mesurer passe à l'intérieur de la capsule. Sous l'effet de la pression les demi-parties de la capsule se bombent. Ce déplacement proportionnel à la pression mesurée est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Afin d'être protégés, le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier.

Utilisation :

Les manomètres à capsule sont utilisés pour la mesure de faibles et très faibles pressions positives ou négatives, spécialement pour des fluides gazeux. Il y a certaines restrictions pour la mesure de liquides. Les étendues de mesure possibles s'étalent sur toutes les plages de 2,5 mbar à 600 mbar.



Manomètre à tube de Bourdon



Manomètre à membrane



Manomètre à capsule

6-3-4 Manomètre de pression absolu :

Le principe de mesure de la pression absolue est indépendant de la forme de l'organe moteur. La pression du fluide à mesurer est mesurée par rapport à une pression de référence qui doit être égale à la pression absolue (vide absolu). C'est à dire le côté de l'organe moteur qui n'est pas en contact avec le fluide à mesurer doit se trouver à cette pression de référence.

6-3-5 Manomètres pour pression différentielle :

Une capsule montée dans un boîtier étanche résistant à la pression, est soumise, de l'intérieur et de l'extérieur, à une pression. La différence de pression entre les deux parties provoque un mouvement de la capsule. Ce déplacement proportionnel à la différence de pression mesurée est transmis, par

l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille sur le cadran en tant que valeur de pression différentielle.
Les deux pressions individuelles ne sont pas affichées.