

Capteurs de pression

1.1 Définition de la pression

La pression est une grandeur dérivée du système international. Elle est définie comme le quotient d'une force par une surface. La pression s'exerce perpendiculairement à la surface considérée.

$$P_{Pa} = \frac{F_N}{S_{m^2}} \quad (1)$$

1.3 Définition des pressions

La pression absolue : C'est la pression réelle, dont on tient compte dans les calculs sur les gaz.

La pression atmosphérique ou pression barométrique : La pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer, à 15°C, est d'environ 1013 mbar. Elle peut varier, de ± 25 mbar, avec la pluie ou le beau temps. Elle est fonction de l'altitude (hydrostatique).

La pression relative : C'est la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique. Elle est le plus souvent utilisée, car la plupart des capteurs, sont soumis à la pression atmosphérique. Pour mesurer une pression absolue, il faut faire un vide poussé dans une chambre dite de référence.

Pression différentielle : C'est une différence entre deux pressions, dont l'une sert de référence. Une pression différentielle peut prendre une valeur négative.

Le vide : Il correspond théoriquement à une pression absolue nulle. Il ne peut être atteint, ni dépassé. Quand on s'en approche, on parle alors de vide poussé.

Pression de service ou pression dans la conduite : C'est la force par unité de surface exercée sur une surface par un fluide s'écoulant parallèlement à la paroi d'une conduite.

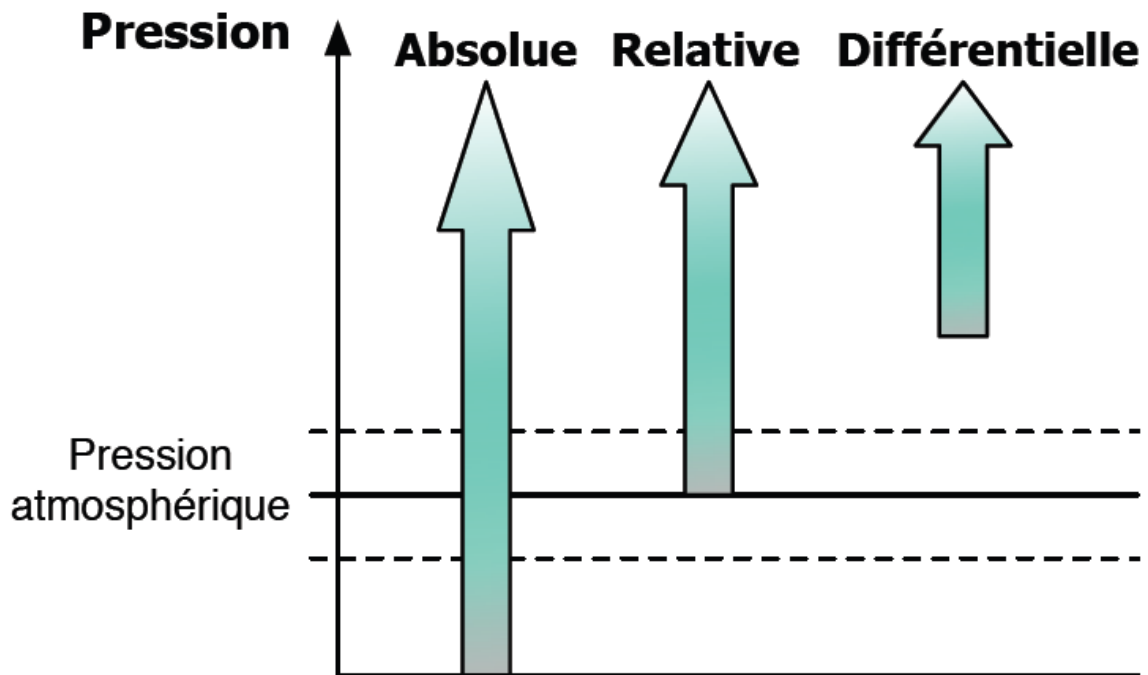


Figure 2 – Les différentes pressions

1.4 Pression pour les fluides (liquide et gaz)

Pression hydrostatique : A l'intérieur d'une colonne de fluide se crée une pression due au poids de la masse de fluide sur la surface considérée. Pour chacun des quatre récipients représentés sur la figure 3, la pression au fond de ceux-ci est identique est égal à :

$$P_{Pa} = \rho_{Kg/m^3} \times g_{m/s^2} \times h_m \quad (2)$$

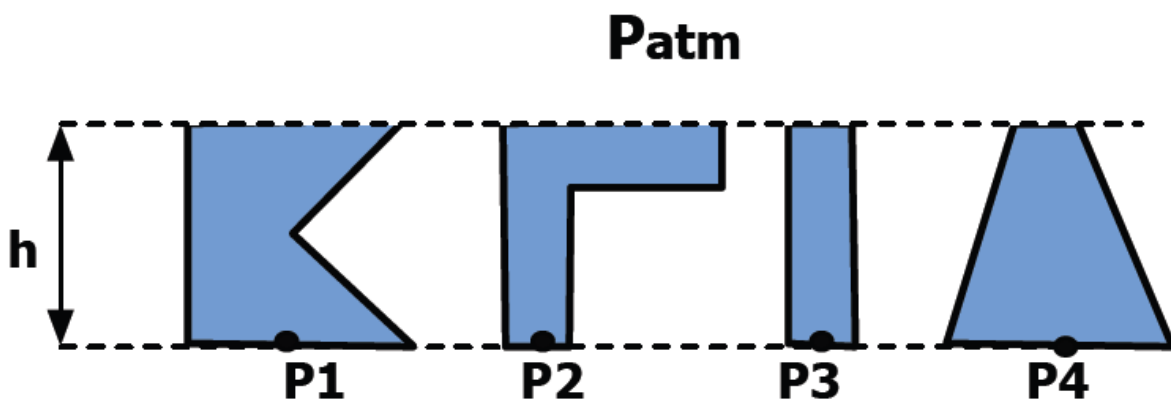


Figure 3 – Pression hydrostatique

Pression due à des forces extérieures : Un fluide se déplaçant à une vitesse V crée une pression supplémentaire P :

$$P_{Pa} = 0,5 \times \rho_{Kg/m^3} \times V_{m/s}^2 \quad (3)$$

Pression totale - Charge : C'est la somme de la pression hydrostatique, de la pression due aux forces extérieures et de la pression hydrodynamique. Celle-ci a la même valeur en tous points pour un fluide en mouvement horizontal (incompressible de viscosité négligeable), c'est le théorème de Bernouilli.

2 Manomètres hydrostatiques

2.1 Fonction remplie

Comme le montre l'égalité 2 :

$$h_m = \frac{P_{Pa}}{\rho_{Kg/m^3} \times g_{m/s^2}}$$

La hauteur du liquide fournit une mesure de la pression. La sensibilité de l'appareil est d'autant plus importante que la masse volumique du liquide est faible.

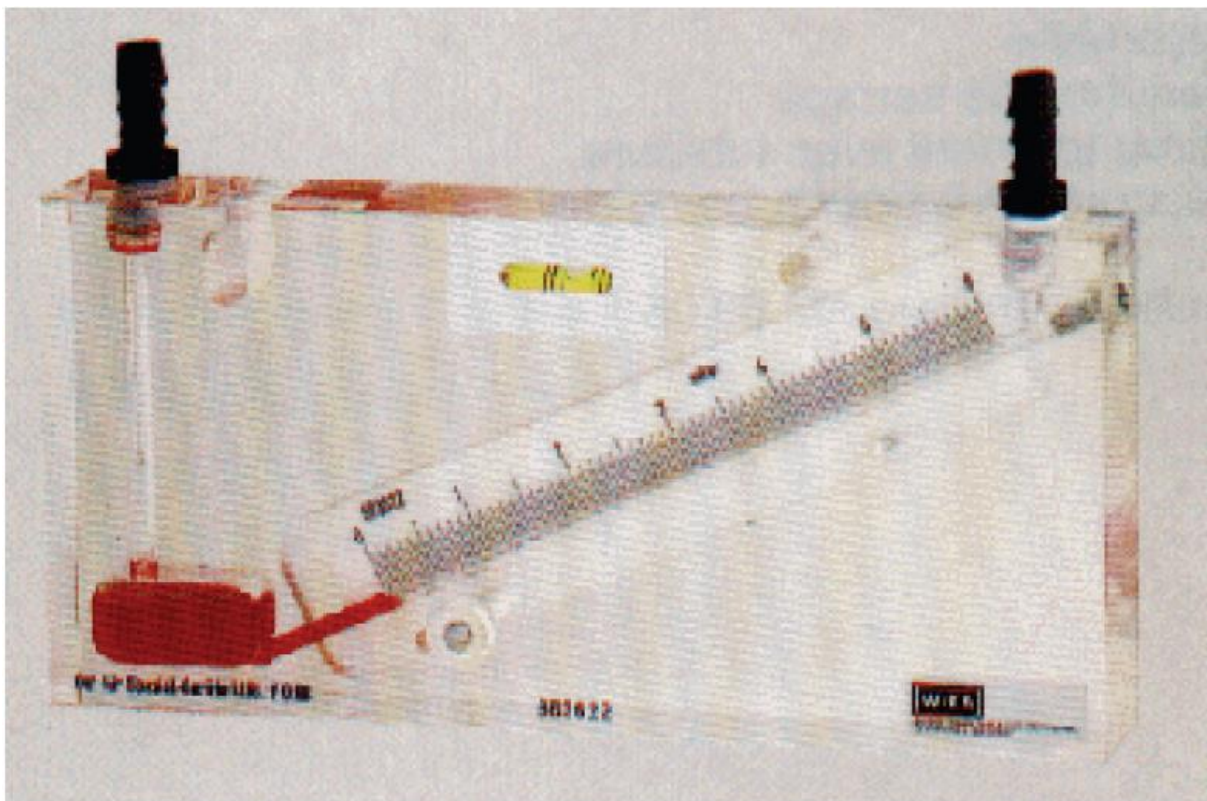


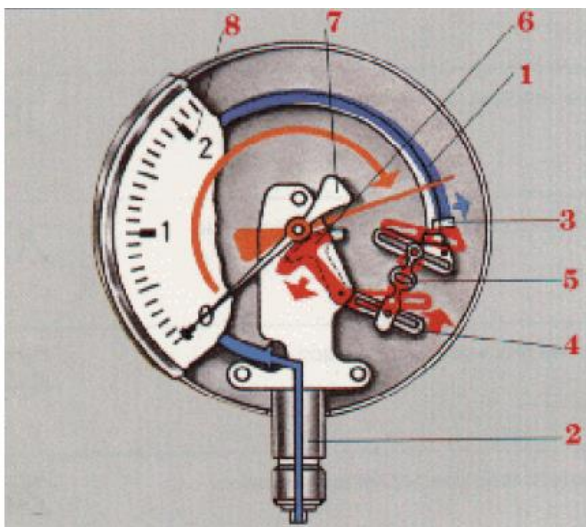
Figure 4 – Manomètre hydrostatique

3 Manomètres à déformation de solide

3.1 Le manomètre à tube de Bourdon

3.1.1 Fonctionnement

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.



1. Organe moteur, tube de Bourdon.
2. Support de tube.
3. Capuchon du tube.
4. Secteur denté.
5. Bielle.
6. Engrenage.
7. Aiguille.
8. Cadran.

3.1.2 Utilisation

Les manomètres à tube de Bourdon sont utilisés pour la mesure de pressions positives ou négatives de fluides gazeux ou liquides, à condition que ceux-ci ne soient ni hautement visqueux ni cristallisant. 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. Le tube de Bourdon ne permet pas de mesurer les phénomènes rapides et évolutifs de pression. L'incertitude de mesure varie de 0,02 à 0,2 % pour le domaine de mesure de 0 à 3 kbar.

3.6.2 Conversion par variation de capacité

Rappel de physique : Un condensateur est composé de deux conducteurs séparés par un isolant. La capacité d'un condensateur s'écrit :

$$C = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times S}{e}$$

ϵ_0 : permittivité du vide = $8,85 \cdot 10^{-12}$;

ϵ_r : permittivité relative de l'isolant ;

S : surface en regard en m^2 ;

e : épaisseur de l'isolant en m.

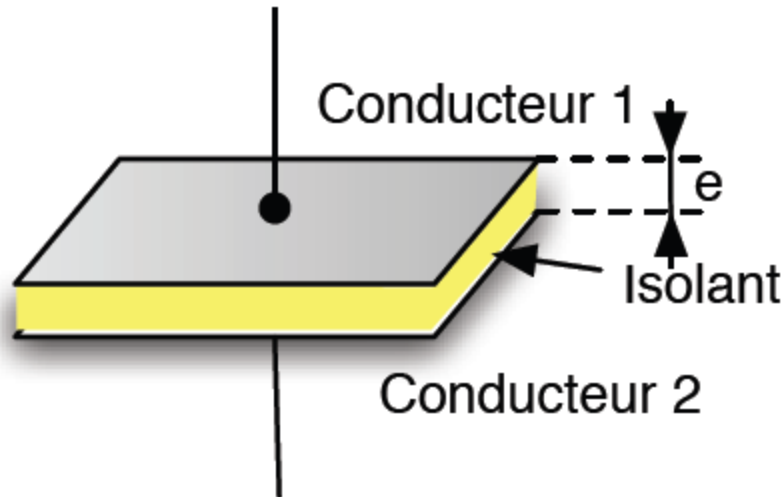


Figure 8 – Condensateur

Principe de fonctionnement : La différence de pression entraîne la variation de l'épaisseur entre les conducteurs, d'où une variation de la capacité de la cellule (figure 9).

Cas des capteurs de pressions différentielles : Les pressions P1 et P2 sont transmises par l'intermédiaire d'une huile de silicone à la membrane déformable, ce qui entraîne une variation de la capacité entre les armatures et la membrane déformable (figure 10).

Avantages :

- faible masse ;
- peu sensible aux accélérations.

Inconvénients :

- sensibilité à la température (sauf montage différentiel) ;
- sortie haute impédance.

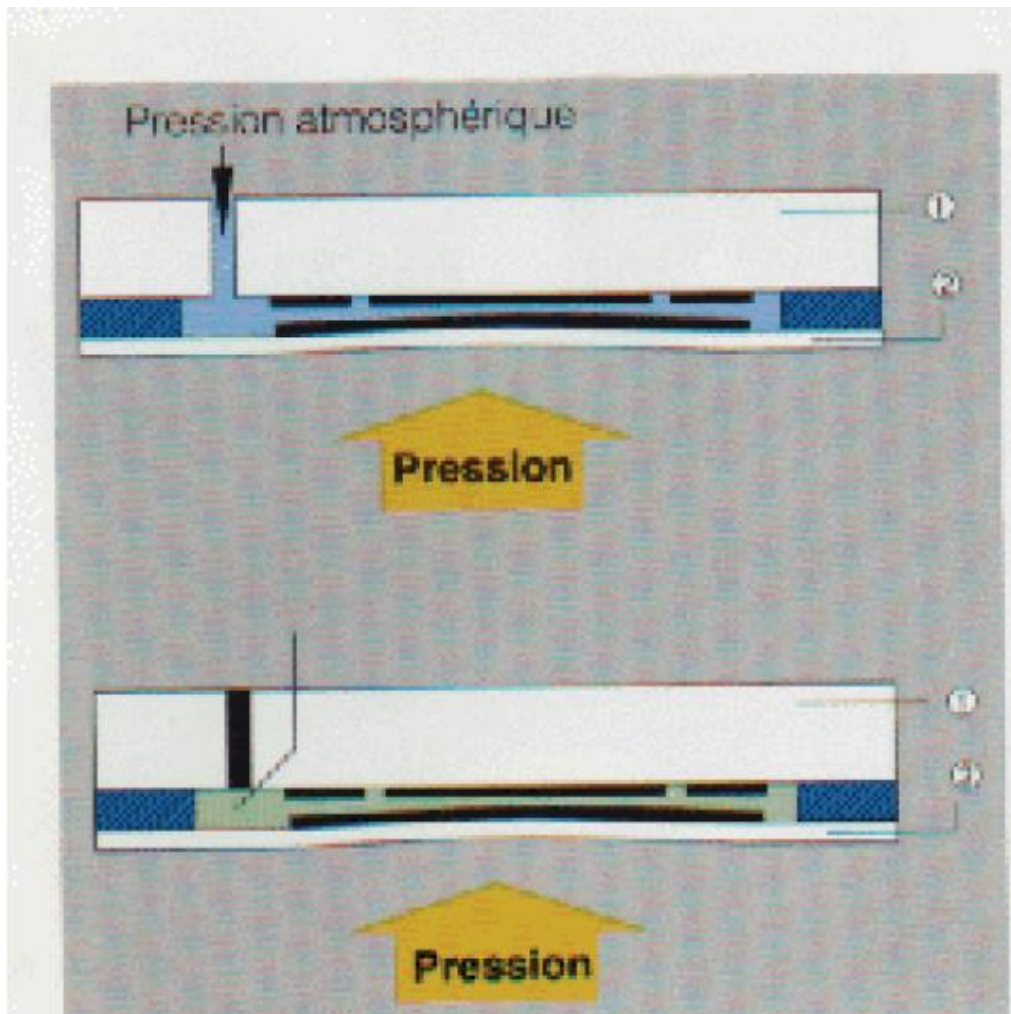


Figure 9 – Cellule de mesure d'un capteur de pression capacitif

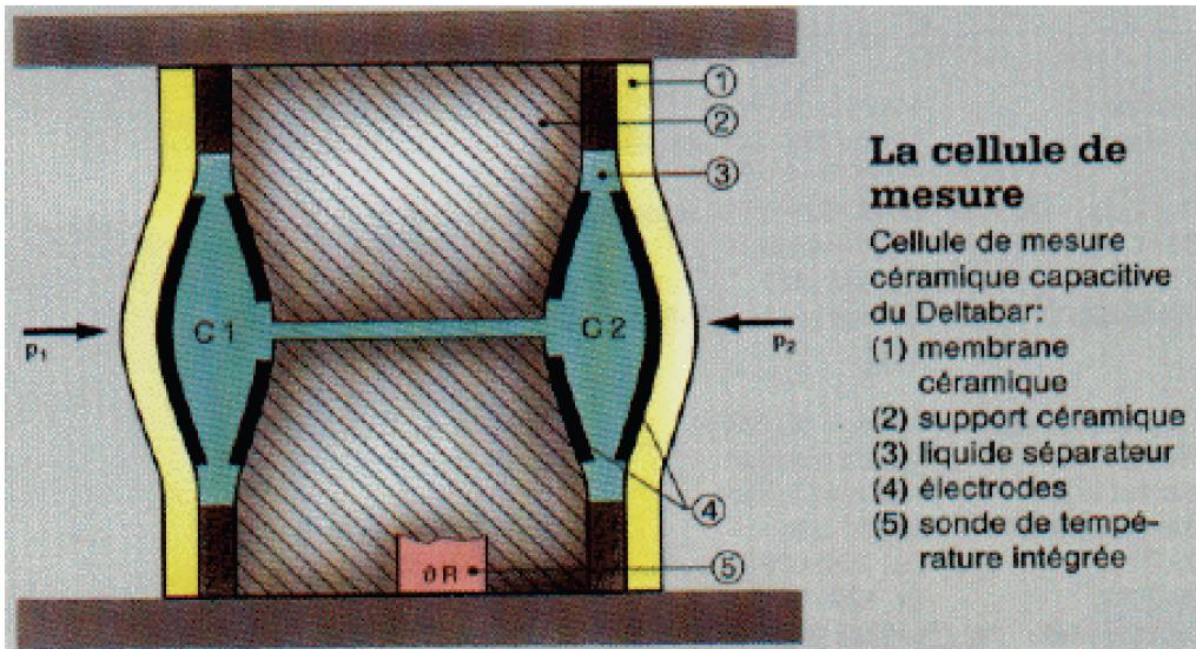


Figure 10 – Capteur de pression différentielle - Vue en coupe

3.6.5 Conversion par effet piézo-électrique

Les structures piézo-électriques utilisées comme corps d'épreuve assurent directement la transformation de la contrainte, produite par l'application d'une force F , en une charge électrique Q . Des structures piézo-électriques tubulaires ont été développées sous forme de câble coaxial blindé. Elles permettent la mesure de faibles variations de pressions en milieu haute pression ou pour le contrôle de trafic (figure 11).

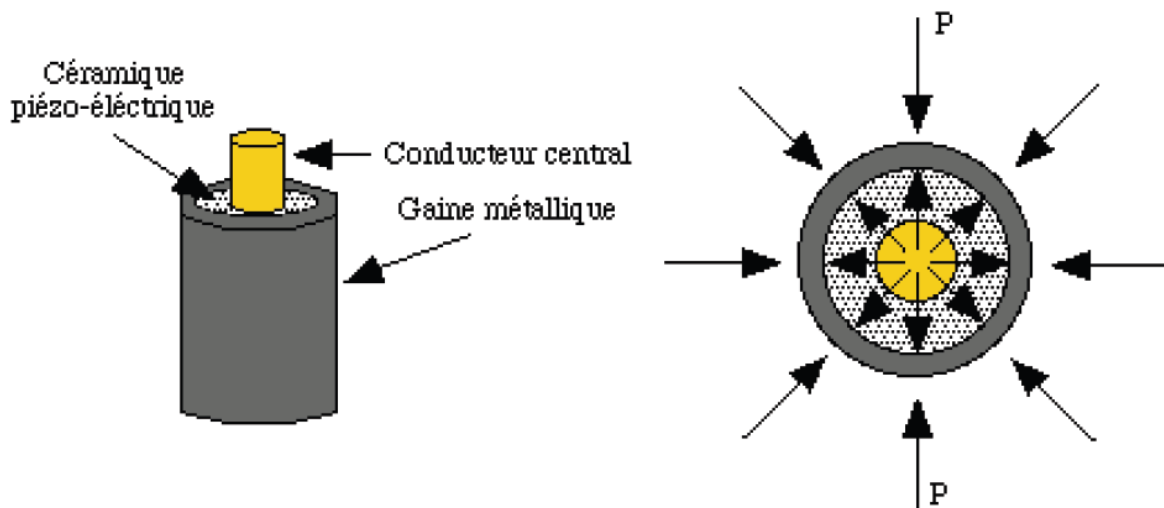
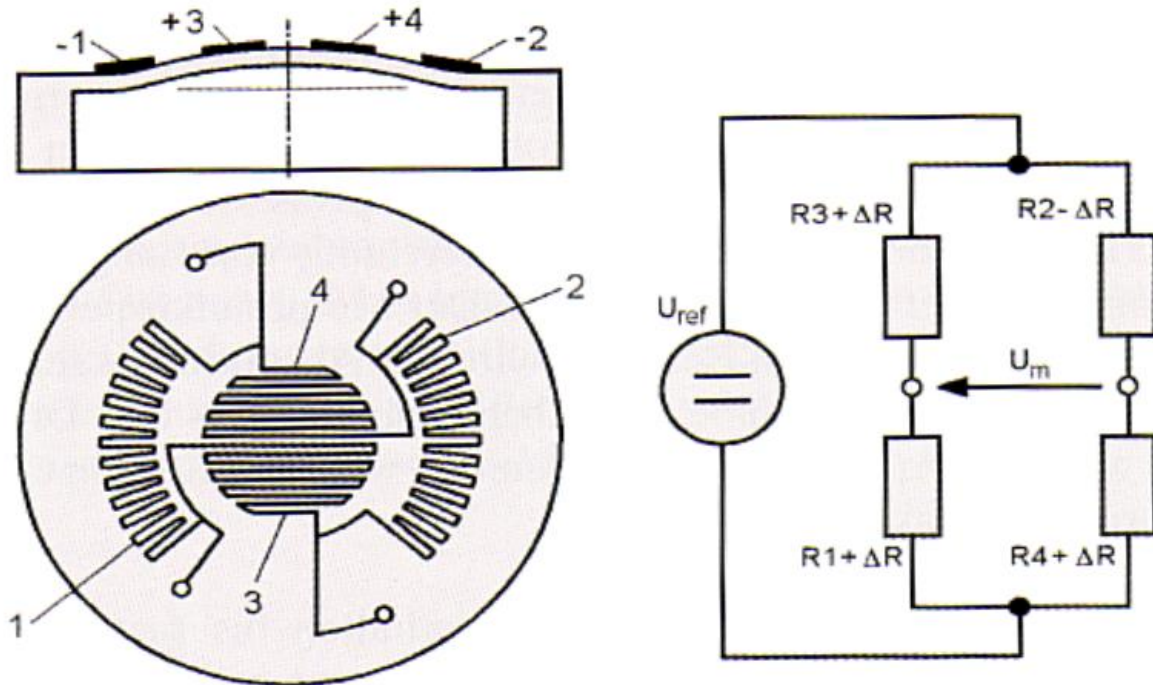


Figure 11 – Capteur piézo-électrique

Capteur de pression utilisant des jauges de contraintes :



La jauge est réalisée sur un support souple et doit être collée sur la pièce dont on cherche la contrainte.

Contrainte = allongement relatif $\epsilon = dl/l$

• une jauge de contrainte = résistance qui s'allonge suivant un seul axe \Rightarrow variation de résistance $dR/R = K \cdot \epsilon$

K : facteur de jauge

