



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels - Une notion polysémique -

La technique de mesure de pression a adopté plusieurs termes désignant des méthodes de mesure physiquement différentes. Au rang de ces méthodes figurent la mesure de la pression absolue, la mesure de la pression relative et la mesure de la pression différentielle. Le fait que notamment la notion de mesure de la pression différentielle couvre différentes situations, reste à ce jour inconnu à de nombreux utilisateurs. A l'aide de l'exemple des capteurs piézorésistifs, le présent article explique ces termes. On y décrit notamment une version souvent employée et appelée par AMSYS [1] capteur de pression différentielle bidirectionnelle.

Disposition de base pour la mesure de pression différentielle

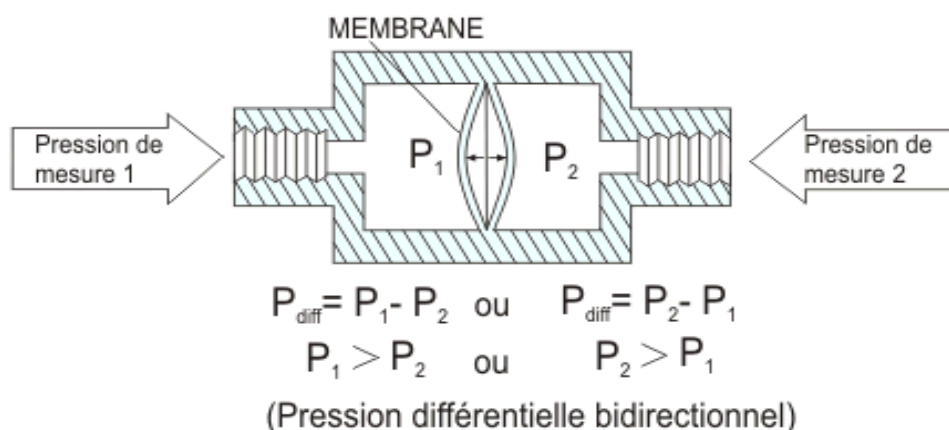
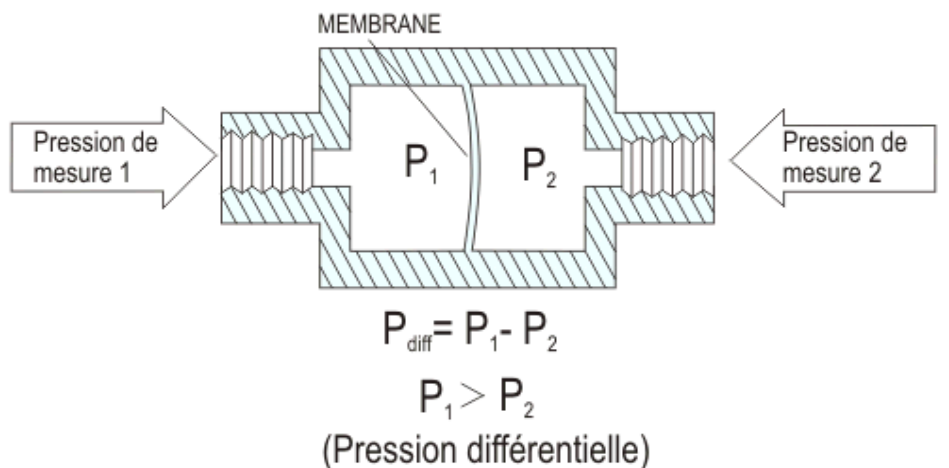


Illustration 1 : Le principe de la mesure de pression différentielle, au-dessus la mesure de pression différentielle, au-dessous la mesure de pression différentielle bidirectionnelle



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels - Une notion polysémique -

Mesure de la pression différentielle a l'aide d'un capteur au silicium

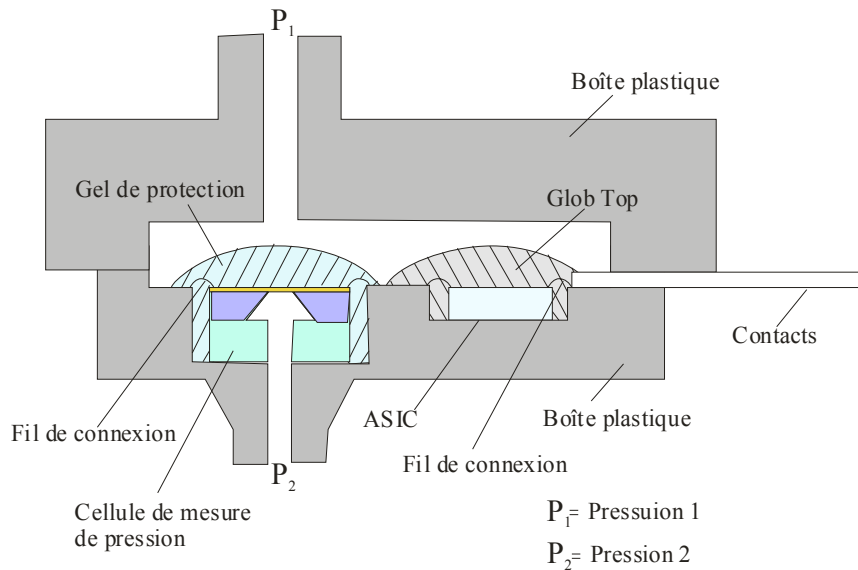


Illustration 2: Conception générale d'un capteur piézorésistif différentiel

La mesure de la pression différentielle consiste à comparer deux pressions P_1 et P_2 exercées de l'extérieur sur le boîtier (voir *illustration 2*) de part et d'autre du capteur (voir *illustration 3*). Par conséquent : $P_1 \leq P_2$ ou à l'inverse $P_1 \geq P_2$.

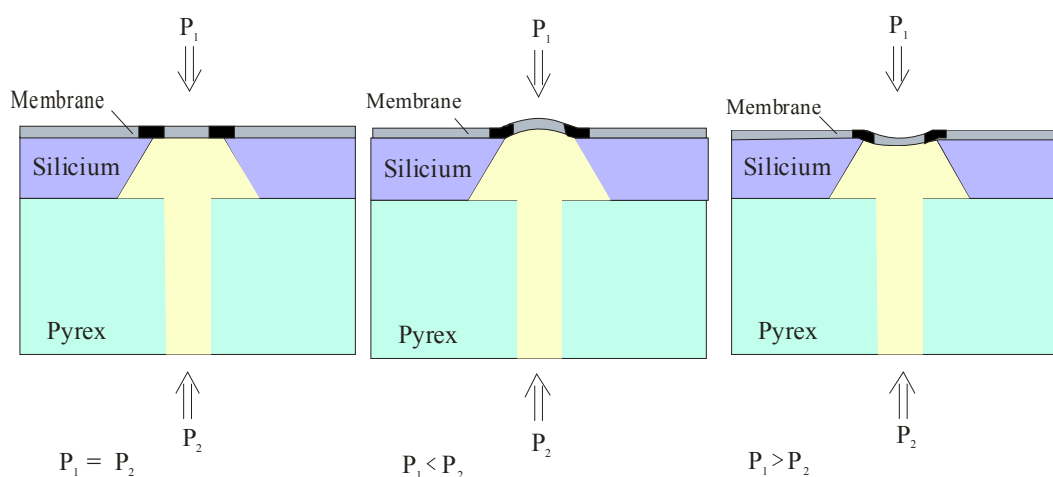


Illustration 3: Comportement de la membrane de la cellule de mesure a silicium lors d'une mesure de la pression différentielle aux conditions : $P_1 = P_2$, $P_1 < P_2$ und $P_1 > P_2$



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels

- Une notion polysémique -

L'illustration 3 schématise la déformation de la membrane de la cellule de mesure de la pression différentielle en cas des conditions différents.

Pour des raisons expliquées plus loin dans le texte, la plupart des capteurs de pression différentielle ne peuvent traiter qu'une seule condition, soit $P_1/P_2 \geq 1$ ou $P_1/P_2 \leq 1$. Par conséquent, les capteurs auxquels s'applique cette règle sont généralement qualifiés de capteurs de mesure de pression différentielle.

Par conséquent, pour les capteurs de pression dont la membrane a été optimisée pour une plage de pression, on applique de surcroît la condition à savoir $P_1 - P_2 \leq P_{\max}$ ou bien $P_2 - P_1 \leq P_{\max}$. Il ne faut toutefois pas oublier que P_{\max} , la pression maximale admissible est limitée et spécifiée par la technologie de la cellule de mesure.

Outre cette limitation par la pression maximale P_{\max} , il existe encore une condition dont il faudra tenir compte suivant l'application. Il s'agit de la résistance à la pression du boîtier contre la pression commune appliquée sur les raccords du boîtier. Cela signifie que P_1 et P_2 ne doivent pas dépasser une certaine valeur par rapport à la différence entre la pression externe et interne. AMSYS qualifie cette valeur de pression système maximale ou pression common mode P_{system} .

Exemple : $P_{\max} = 20\text{mbar}$, $P_1 = 10,01\text{bar}$ et $P_2 = 10\text{bar}$.

$P_1 - P_2 = 10,01\text{bar} - 10\text{bar} = 10\text{mbar} < P_{\max}$. Si par sa construction le boîtier est conçu pour une pression de système de maxi.5bar, aux deux entrées on applique avec P_1 et P_2 une pression de 5bar de plus qu'il est admis, ce qui peut le cas échéant provoquer la destruction du capteur.

Cela signifie qu'une condition ultérieure sera à respecter : $P_1, P_2 \leq P_{\text{SYSTEME}}$

La question à savoir si $P_1/P_2 \geq 1$ ou $P_1/P_2 \leq 1$ sont déterminés, connaît une importance non négligeable sous l'aspect de la résistance contre les liquides pour la structure des capteurs de pression AMSYS.

En détail : la face supérieure de la membrane est munie de petites surfaces de contact métalliques (plages de connexion en aluminium de grande pureté) qui ne résistent pas à la corrosion. En général, elles sont protégées par une couche en gel de silicone. Puisqu'il n'existe que des gels à protection plus ou moins sélective, il est impossible de garantir une protection universelle. Il faudra donc veiller à ce que les capteurs prévus soient protégés contre les milieux de contacts ayant probablement un effet corrosif.

Le dos des capteurs de pression au silicium (dans le cas de l'exemple les AMS 4711 [2] il s'agit de verre, oxyde de silicium et céramique) est très résistant aux milieux par rapport à la surface supérieure à cause des plages de connexion en aluminium manquantes. Il est par conséquent souvent conseillé d'appliquer les milieux ou liquides critiques du côté inférieur des cellules de mesure, ce qui est à prendre en considération lors du choix des capteurs par rapport à leur sécurité d'application.



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels - Une notion polysémique -

Traitement de signaux

Vu que les capteurs de pression au silicium génèrent avec un pont de Wheatstone un signal différentiel d'env. 150mV au maxi (dépendant de la sensibilité de la membrane) comme signal à pleine échelle, il est nécessaire d'installer un amplificateur d'instrumentation afin de pouvoir traiter les signaux. Cet amplificateur renforce le signal avec un faible décalage et une dérive afin de permettre un traitement sans problèmes. Dans l'étape suivante de conversion asymétrique le signal différentiel est rapporté à un potentiel déterminé. En général, on sélectionne le point zéro comme valeur de référence, de sorte que pour les cellules de mesure différentielles (dans le cas idéal disposant des mêmes résistances) on mesure la valeur 0V comme signal de sortie sans exercer une pression. Lors du traitement des signaux suivants, cette valeur est soit digitalisée et calibrée soit mise au point zéro souhaité en Volt ou mA à l'aide d'un étage de sortie de tension ou de courant. A l'exemple du capteur AMS 4712 [3] cette valeur est p. ex. 4mA.

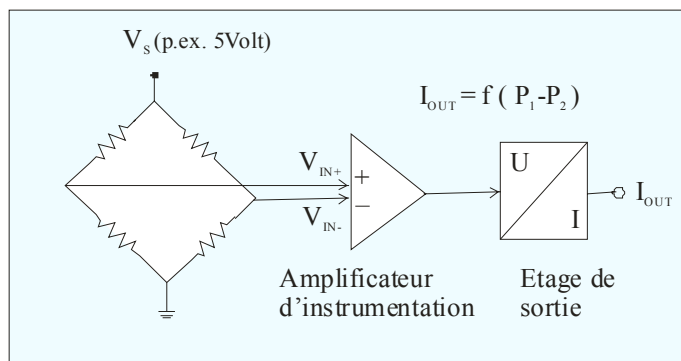


Illustration 4 : Electronique pour le traitement de signaux avec étage de sortie analogique

Si l'amplificateur d'instrumentation est dimensionné de façon à ne pouvoir amplifier que des tensions d'entrée positives et si à son entrée positive on applique la tension plus élevée, alors on obtient la caractéristique de transfert en *illustration 5* avec $P_1 > P_2$.

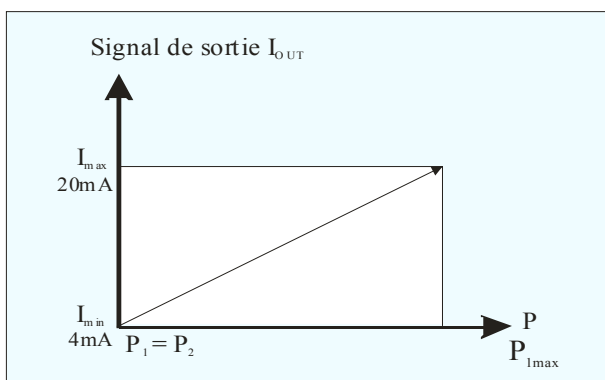


Illustration 5 : Caractéristique de transfert avec signal d'entrée positif p.ex. AMS 4712



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels

- Une notion polysémique -

Signal d'entrée

Si la valeur sur l'entrée de l'amplificateur est négative (p.ex. $V(P1) < V(P2)$) dans le cas d'une électronique conçue pour le cas $P1 \geq P2$ ou s'il existe un décalage négatif (p.ex. décalage amplificateur), alors le signal de sortie du capteur indiquera zéro ou une valeur correspondant à zéro (par exemple 4mA), jusqu'à ce que le signal d'entrée remplisse la condition $V(P1) \geq V(P2)$, jusqu'à ce que donc le signal entrée soit supérieur ou égal à la valeur du décalage négatif.

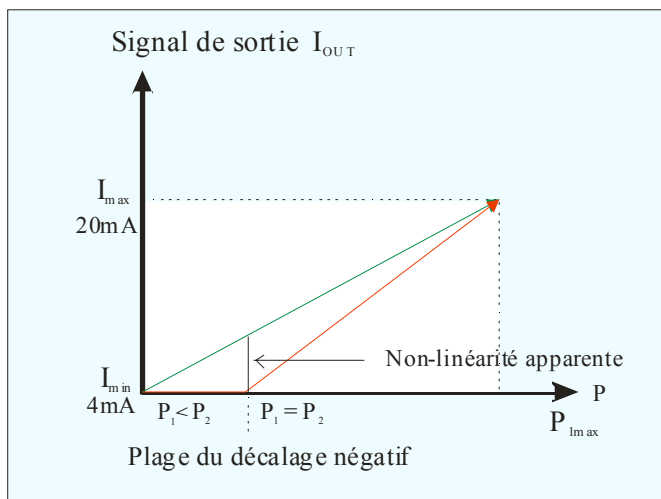


Illustration 6 : Caractéristique de transfert avec signal d'entrée négatif ou $P_1 < P_2$

L'utilisateur percevra p.ex. le décalage négatif existant sur l'entrée de l'amplificateur se présentant dans la caractéristique de transfert de l'illustration 6 comme s'il y avait un décalage, ce qui peut être considéré comme non-linéarité en cas d'une mesure à deux positions. Ce décalage (signal d'entrée négatif) doit être pris en compte et corrigé par le système électronique de détection. Cela signifie que la qualité du signal de sortie du capteur dépend de la polarité du signal de la cellule de mesure et des caractéristiques de l'électronique d'amplification.

Capteurs différentiels bidirectionnels

Outre les applications il existe des exigences pratiques pour lesquelles les deux conditions $P_1 \leq P_2$ aussi bien que $P_1 \geq P_2$ sont requises dans un même système de pression (p.ex. pour la ventilation et l'aération, le contrôle de niveau de liquides divers, les fonctions inspiratoires et expiratoires etc.). Cette tâche de mesure ne pourrait pas être résolue avec les techniques de mesures différentielles décrites ci-dessus.



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels

- Une notion polysémique -

Comme il n'existe pas de terminologie officielle consacrée pour ce genre de capteurs de mesure de pression différentielle, AMSYS les qualifie de capteurs de pression différentielle bidirectionnels. Ils mesurent la différence entre deux pressions, qu'il s'agisse de pression positive ou de dépression.

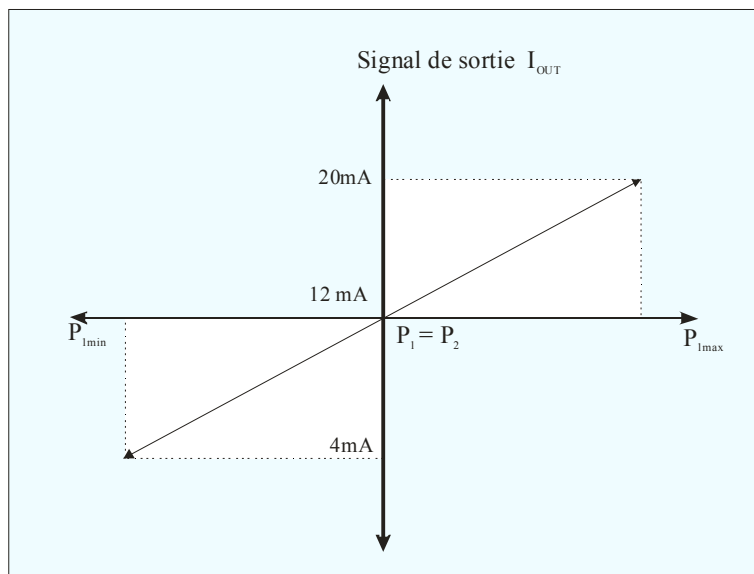


Illustration 7 : Caractéristiques de transfert d'un capteur de pression différentiel bidirectionnel

La pression différentielle mesurée par ces capteurs peut avoir un signe positif ou négatif. Par conséquent, la pression P_1 exercée sur la tubulure de la face supérieure de la cellule peut être plus élevée ou plus faible que la pression P_2 exercée sur la tubulure située de l'autre côté de la cellule et le signe peut donc varier pendant la mesure. Par conséquent, la condition suivante s'applique aux pressions P_1 et P_2 sur la tubulure :

$$P_{\min} \leq |P_1 - P_2| \leq P_{\max} \text{ avec comme condition } P_1, P_2 \leq P_{\text{System}}$$

Dans la formule ci-dessus, P_{\max} correspond à la pression finale positive maximale et P_{\min} à la pression finale négative minimale des plages de mesure pour lesquelles les capteurs ont été réglés. P_{system} correspond à la pression maximale exercée que peut supporter le système, par rapport à la pression commune, exercée par l'extérieur sur le boîtier.

Les mesures différentielles bidirectionnelles ne sont réalisables qu'à partir du moment où le capteur remplit deux conditions.



Technique moderne de mesure de pression: Capteurs de pression différentiels - Une notion polysémique -

- a) Le comportement de la structure de la membrane doit être symétrique pour permettre une déformation égale dans les deux directions et
- b) Le comportement de transfert du système électronique lié au point zéro doit être adapté à la plage d'amplification.

En ce qui concerne a), la membrane d'un capteur piézorésistif est constituée d'une fine couche de semi-conducteur en strates (quelques micromètres). Outre la couche de silicium en elle-même, il s'agit en règle générale d'une couche d'oxyde et de passivation. C'est pourquoi, le comportement de la membrane pourra dépendre de la direction de la pression. Au pire des cas, l'inversion de la direction peut mener à un effet de bombage. Les fabricants de cellules au silicium utilisées pour la mesure de la pression différentielle bidirectionnelle doivent donc garantir un comportement symétrique de la membrane que la pression soit positive ou négative.

En ce qui concerne b), le transfert des caractéristiques schématisé dans *l'illustration 7* nécessite un système électronique au niveau de l'amplificateur dont la référence ne doit pas se rapporter pas au potentiel zéro mais à 50% de la valeur à pleine échelle. A titre d'exemple : le signal à la sortie du capteur doit être de 4...20mA , par conséquent le point zéro de la version bidirectionnelle est fixé à 12mA de façon à ce que pour $P_1 \leq P_2$ le signal s'élève de 4..12mA et que pour $P_1 \geq P_2$ la plage aille de 12..20mA.

Résumé

Les capteurs de pression différentiels mesurent la différence entre deux pressions. On distingue une mesure de pression différentielle dont les conditions de pression restent invariées. Par conséquent : la pression sur une tubulure est toujours supérieure/égale à la pression sur l'autre tubulure. La mesure d'une pression différentielle permettant des surpressions aussi bien que les dépressions, est appelée mesure de pression différentielle bidirectionnelle comme décrit dans l'article précédent.

En outre explique-t-on que suivant ses applications, il faudra observer certaines conditions lors du choix des capteurs de pression différentiels.

En savoir plus :

[1] Site internet : <http://www.amsys-sensor.com/info/news.htm>

[2] Fiche technique AMS 4711 : http://www.amsys-sensor.com/sheets/amsys.en.ams4711_e.pdf

[3] Fiche technique AMS 4712 : http://www.amsys-sensor.com/sheets/amsys.en.ams4712_e.pdf