

Guide d'achat

INSTRUMENTATION

Les mesures de pression

▼ **A observer la course entre les fournisseurs pour se positionner sur le marché de la mesure de pression, ce paramètre, s'il fallait s'en convaincre, est très important. Les principes de mesure sont aujourd'hui banalisés. Alors les acteurs peaufinent leur offre, élargissent leur gamme, améliorent la qualité, réduisent les prix. Ils tentent aussi de prendre des parts de ce marché qui s'étend des process industriels les plus sévères aux process manufacturiers les plus traditionnels. Une émulation qui profite à l'utilisateur aussi bien en terme de prix que de performances.**

La pression, qui est le paramètre physique le plus mesuré dans l'industrie, crée, côté fournisseurs, un certain esprit de compétition. Emerson Process Management est le numéro 1 mondial incontesté. Le fabricant américain détient à lui tout seul plus de 40 % de parts de marché. « La pression représente en effet plus de 50 % de notre activité d'instrumentation, mais la concurrence est bien réelle, souligne Colette Demoulin, responsable produit dans la

filiale française ». « Avec 200 000 capteurs de pression vendus dans le monde chaque année, nous détenons 20 % de parts de marché », constate pour sa part Rodolphe Tèissier, responsable marketing chez Yokogawa, le numéro 2 qui se donne dix ans pour passer à la première place. Endress + Hauser se placerait en troisième position au niveau mondial mais occuperait la deuxième place sur le marché européen. D'autres suivent de près, comme Siemens qui annonçait dans nos colonnes ses ambitions de monter sur la troisième place du podium. Sans oublier les autres leaders com-

me ABB, Honeywell... Si autant de fournisseurs participent à la course, c'est que la pression est évidemment un marché important en lui-même, qui couvre les mesures de pression en elles-mêmes et également les mesures de débit ou de niveau. Mais ce n'est pas tout. La maîtrise de ce paramètre leur ouvre la porte pour toutes les autres grandeurs à mesurer et pour toute l'instrumentation en général. « Les sociétés d'ingénierie et les industriels cherchent à limiter leur nombre de fournisseurs. Ils retiendront, si possible, le même pour les mesures de pression, débit, niveau, température, voire pour l'analyse chimique », précise M. Tissier. Etre "leader" permet aussi de faire partie des sociétés retenues lors des appels d'offres. Le développement de contrat-cadres ces dernières années, les exigences économiques et un souci de transparence poussent les industriels à mettre en compétition différents fournisseurs. Pour ce faire, les acheteurs, pour ne pas se tromper, retiennent souvent les trois plus connus. D'où l'importance de faire savoir qu'on est les premiers.

Chacun reste sur ses principes

Dans cette stratégie commerciale, pour laquelle le prix est souvent le premier critère, les considérations techniques sur les capteurs eux-mêmes sont un peu oubliées. A entendre



La ronde des transmetteurs. Les fournisseurs, à partir d'un même élément sensible et

d'une même électronique, déclinent une multitude de modèles pour répondre aux besoins en termes de procédés, de matériaux, de raccords process, de raccordements électriques...

L'essentiel

- ▶ Capteurs piézorésistifs, capteurs piézoélectriques, capteurs capacitifs ; finalement peu de principes de mesure se partagent cet immense marché de la pression
- ▶ Elles se valent à peu près, à ce que disent les fournisseurs. En tout cas, l'utilisateur ne s'y intéresse pas trop
- ▶ Trois grandes catégories d'équipements s'adaptent aux trois grands segments de marché : process type chimie, process type agro-alimentaire et manufacturier
- ▶ Des passerelles se créent entre ces marchés et font évoluer les équipements dans un sens ou dans l'autre

d'ailleurs les fournisseurs, il n'existe pas de grandes différences. « Toutes les technologies se valent, estime Jean-Pierre Dejoutet, responsable instrumentation chez Siemens. De plus, les utilisateurs ne s'y intéressent pas : ils veulent un capteur qui rentre dans des spécifications. Peu importe le principe de mesure ».

Une étude récemment publiée par Frost & Sullivan recense sept technologies de capteurs de pression (tubes de Bourdon, capteurs capacitifs, jauges de contraintes, capteurs MEMS, piézoélectriques, capteurs de vide, capteurs LVDT ou capteurs à fibre optiques). En réalité, deux technologies se partagent le gros du marché des transmetteurs de process que les industries manufacturières. Il s'agit des jauges de contraintes (principe piézorésistif) et des capteurs capacitifs.

Les premières représentent l'essentiel du marché. Elles se déclinent en différentes variantes liées au procédé de fabrication des jauges

(jauges à trame pelliculaire, à couche mince, à couche épaisse, sur silicium). La technologie silicium a été retenue par un grand nombre de fabricants, notamment à cause de son faible coût. Elle permet aussi une réduction notable de la taille des capteurs. Côté performances, ces petites puces tiennent aujourd'hui des incertitudes meilleures que 0,04 %. A l'aide de matériaux idoines, de séparateurs choisis (qui isolent l'élément sensible du fluide à mesurer), elles s'adaptent aux environnements industriels les plus sévères. Il en est de même pour l'autre technologie, dite capacitive, qui consiste à utiliser une variation de capacité plutôt qu'une variation de résistance pour mesurer la pression exercée sur l'élément sensible.

Elles se valent toutes

Emerson Process Management utilise les deux principes. « Par expérience, on propose toujours le principe capacitif pour les mesures différentielles, lesquelles représentent près de 50 % de nos applications, souligne Mme Demoulin. La jauge de contrainte est plus adaptée aux pressions relatives et absolues ».

En terme de performances, Mme Demoulin ne voit pas de différence notable entre les deux technologies « La jauge peut être parfois plus précise parce qu'elle nécessite très peu d'huile entre la membrane (en contact avec le fluide à mesurer) et l'élément sensible ». Un avis partagé par M. Dejoutet (Siemens) : « C'est l'huile qui induit le plus d'erreur, pas la technique de mesure ».

Dans ce consensus technique, Yokogawa fait figure d'exception. Il est l'un des rares fabricants à mettre en avant la technologie de ses capteurs, différente des autres. Elle s'appuie en effet sur les propriétés de résonance du quartz (ou cristal de silicium). Celui-ci voit sa fréquence de résonance varier en fonction de la pression à laquelle il est soumis. Cette



L'étiquette jaune? Le label sécurité pour les équipements de process.

technologie est réputée précise et stable (d'autres fournisseurs l'utilisent dans des équipements d'étalonnage). « Comme nous mesurons des fréquences, nous avons directement en sortie de l'élément sensible un signal numérique, et nous n'avons donc pas besoin de conversion et numérisation du signal », précise M. Tissier (Yokogawa).

Pour trouver d'autres différenciations techniques entre fournisseurs, il faut s'intéresser à la nature de la membrane qui recouvre le capteur. Membrane métallique ou membrane céramique? Certains fournisseurs proposent les deux. « Les membranes métalliques répondent à 80 % des applications », explique Claude Schelcher, chef de produit Pression chez Endress + Hauser. Mais nous recommandons la céramique pour certaines applications, notamment sur des fluides abrasifs ou chimiquement agressifs. Elle permet également d'utiliser une cellule sèche sans huile de séparation ». Emerson Process Management en reste quant à lui à la cellule métallique. « Nous pouvons répondre à toutes les applications, répond Mme Demoulin. Dans certaines applications très difficiles, nous utilisons des matériaux métalliques nobles. Dans ces quelques cas-là, nous serons peut-être un peu plus cher ».

Trois segments de marché...

C'est donc avec quelques matériaux, quelques raccords, une électronique et un ou deux éléments sensibles que les fournisseurs parviennent à répondre à la quasi-totalité des besoins en mesure de pression. Autrement dit, ils se sont faits du concept modulaire une spécialité. Honeywell, par exemple, avec la seule technologie de capteurs piézorésistifs sur silicium, présente pas moins de 400 modèles dans son catalogue pour s'adapter à toutes les applications.

Pour simplifier, on peut considérer qu'il existe trois grandes catégories d'équipements.

Une catégorie "haut de gamme" pour les marchés de la chimie, pétrochimie et énergie. Pour ces industries, les aspects de tenue à la corrosion, aux surpressions, à la température ou au vide seront importants. On parle de zone dangereuse (agrément ATEX), de sécurité (niveau d'intégrité SIL). On parle aussi de précision à $\pm 0,04\%$ de la pleine échelle (voire 0,02), de stabilité à $\pm 0,1\%$ sur cinq ans voire



Tout en inox, pour mieux briller dans l'agroalimentaire.

dix ans. Les fournisseurs s'engagent alors sur des garanties de plusieurs années. Les prix restent encore élevés (entre 500 à 900 euros), même s'ils ont beaucoup chuté ces dernières années. « Il y a encore plus cher pour des équipements très spécifiques », souligne M. Schelcher (Endress + Hauser).

En dessous, une catégorie "intermédiaire" répond à des applications de process moins sévères. Ce segment de marché s'est développé récemment avec l'émergence des marchés de l'alimentaire, de la pharmacie ou de l'environnement. Les incertitudes de mesures se

Membrane métallique ou céramique ?

La membrane de séparation entre le fluide et l'élément sensible peut être métallique ou céramique. Laquelle choisir ?

Cellule métallique

- ↑ Mesure possible sur des pressions importantes (jusqu'à plusieurs milliers de bar)
- ↑ Cellule entièrement soudée, aucun joint en contact
- ↑ Membrane affleurante possible sur des faibles diamètres (1/2" gaz) pour des applications colmatantes
- ↓ Plus-value importante pour matériaux spéciaux (Alloy C, Monel, tantale, or...).
- ↓ Tenue limitée au vide poussé, liée à la présence de l'huile de transmission qui a tendance à dégazer à pression ou température élevée
- ↓ Température d'utilisation limitée (100 à 125 °C selon les versions), au-dessus on utilise des séparateurs ou on éloigne le transmetteur.

Cellule céramique

- ↑ Tenue au vide absolu, car il s'agit d'une cellule sèche, aucun liquide de remplissage.
- ↑ Bonne tenue chimique, la céramique (Al_2O_3) d'une pureté de 99,9 % a une tenue chimique équivalente à des métaux nobles tels que Tantale, Monel ou Titane
- ↑ Robustesse à l'abrasion liée au matériau céramique et à l'épaisseur de membrane,
- ↑ Tenue aux surpressions (rapport de 40)
- ↑ Température process jusqu'à 150 °C
- ↓ Joint d'étanchéité : Lors de la définition d'un capteur, il faut vérifier la compatibilité du fluide avec le matériau du joint
- ↓ Cellule ouverte, à éviter sur les fluides froids (<5 °C), risque de condensation dans les ambiances chaudes et très humides (laiterie)

(Source Endress+Hauser)

L'offre des fournisseurs

| Société (marques distribuées) | Types de capteur | Offre globale du fournisseur |
|---|---|---|
| ABB Entrelac Division Instrumentation | technologies capacitive ou piézorésistive, systèmes inductifs | gamme complète de transmetteurs de pression pour une utilisation sur les procédés industriels |
| Ahlborn (Ahlborn, BCM Sensors) | capteurs piézorésistifs (couche mince, silicium), capacitif (membrane métallique) | présent sur le marché du process (capteurs, transmetteurs, systèmes d'acquisition), et de l'OEM (capteurs) |
| Bourdon Haenni | tubes de bourdon, piézorésistifs (jauges sur silicium, couche mince ou épaisse), capacitifs (céramique) | des transmetteurs compacts OEM aux transmetteurs configurables - Applications industrielles générales - Adaptation des produits aux besoins clients |
| Dimelco Union, (Labom, ESI, Negele) | tubes de bourdon, piézorésistifs (jauges sur silicium, couche mince), capacitifs (céramique) | capteurs/transmetteurs/enregistreurs, principalement pour les marchés du process. Autre technique silicium sur diaphragme saphir, issue de l'aéronautique |
| Emerson Process Management | jauges de contrainte sur silicium, capteurs capacitifs (membrane métallique) | gamme de transmetteurs pouvant s'adapter à de toutes les applications industrielles de mesures de pression, de niveau et débit... |
| Endress + Hauser | jauges de contrainte sur silicium (membrane métallique), capteurs capacitifs (membrane céramique) | 3 niveaux de gammes de transmetteurs selon applications : process chimie/pétrochimie - process agroalimentaire/pharmacie - manufacturier |
| Engineering Mesures (Meriam) | tubes de Bourdon, capteurs capacitifs (membrane céramique, métallique) | marchés des process industriels (énergie, chimie, alimentaire) et du laboratoire - calibreurs de pression |
| Eurojauge | tube de Bourdon, capteurs piézorésistifs, capteurs-piézoélectriques | gamme de capteurs, transmetteurs, enregistreurs, manomètres, indicateurs de niveaux pour les marchés du process, du manufacturier et de la distribution |
| Festo | capteurs piézorésistifs (jauges de contrainte sur silicium) | capteurs de pression adaptés aux applications de l'automatisation industrielle (machines, OEM...) |
| FGP Sensors & (Instrumentation Burster Endevco...) | capteurs piézorésistifs (jauges sur silicium, couche mince) | fourniture de la chaîne de mesure complète, capteurs standard et réalisations spécifiques sur les marchés automobile, ferroviaire, aéronautique, machines... |
| Foxboro Invensys | capteurs piézorésistifs (jauges de contrainte sur silicium) | gamme de transmetteurs de mesures différentielles, relatives et absolues pour applications industrielles |
| Fuji Electric | capteurs capacitifs (membrane métallique) | ligne de capteurs standard et capteurs sur mesure pour les industries de process : papeteries, eaux, pétrochimie, chimie, agroalimentaire, pharmaceutique, énergie... |
| Gefran | jauges de contrainte sur silicium ou couche mince | spécialiste de capteurs de pression à haute température pour la plasturgie (extrusion) autres marchés : machines ; OEM |
| HBM | jauges à trame pelliculaire ou couche mince | gammes de 0...10 bar à 0...15 000 bar, nombre de cycles élevé, haute dynamique - capteur-corps d'épreuve monolithique pour conditions sévères |
| Honeywell | capteurs piézorésistifs (jauges sur silicium) | gamme de transmetteurs de pression différentielle, absolue, relative pour tous les secteurs industriels. Disponible en version sans fil |
| IFM Electronic | capteurs capacitifs à membrane en céramique, jauges de contrainte couche épaisse | offre de transmetteurs et pressostats électroniques pour les marchés manufacturiers (machines, automobile, OEM) et process (agroalimentaire, pharmacie, cosmétologie) |
| Jumo Régulation | tubes de Bourdon, capteurs piézorésistifs (silicium, couche mince), capacitifs, piézoélectriques | Offre pour les marchés manufacturier et process : chimie, agroalimentaire, machines, OEM. Gamme de séparateurs standard et à la demande |

Liste non exhaustive

situent entre 0,1 et 0,2 %. La stabilité de $\pm 0,1\%$ ne pourra être garantie que sur un an ou six mois. Si on peut encore régler l'échelle, les rangeabilités sont généralement plus réduites. On trouvera sur ce marché beaucoup de membranes affleurantes pour permettre la nettoyabilité des capteurs (process aseptique en agroalimentaire). Les fournisseurs proposent tous les adaptateurs et raccords process normalisés selon les secteurs : Clamp pour la pharmacie, Din pour les brasseries, SMS pour les laiteries... La fourchette de prix s'étend approximativement entre 300 à 600 euros.

Le troisième marché est celui du manufacturier, de l'automobile, des machines, de l'OEM. Là, on parle en moyennes et grandes séries, par milliers, voire par millions pour l'automobile. Les précisions sont plutôt de l'ordre de $\pm 0,5\%$. On perd en stabilité, en rangeabilité, en fonctionnalités (souvent, il n'y a plus de réglage d'échelle possible). En revanche, on gagne au niveau des prix, en dessous des 200 euros et on peut descendre jusqu'à quelques euros/pièce pour les grandes séries.

...avec des passerelles

Du point de vue des fournisseurs, le marché était jusqu'à présent relativement bien scindé. Côté process, des fabricants comme Emerson, Yokokawa, Endress + Hauser, Siemens... De l'autre côté, celui du manufacturier, des machines, de toutes les applications hydrauliques, des sociétés comme Wika, Keller, Huba Control pour les capteurs ou Schneider, IFM... pour les pressostats. Sans oublier des acteurs qui travaillent sur des niches comme HBM (dont les nouveaux capteurs atteignent les 15 000 bar) ou Kistler (pour des applications notamment de tests embarqués).



Endress + Hauser

Mesures de pression, les applications ne manquent pas. Il s'agit ici de vérifier l'encrassement ou la détérioration d'un filtre en brasserie.



Jumo Régulation

Des capteurs comme s'il en pleuvait. Des petits, des gros...

Aujourd'hui, les frontières sont plus floues et désormais les deux "mondes" se confrontent. Tant que les pressostats sont restés mécaniques, ils avaient peu de chances de se mélanger aux capteurs de process délivrant un signal électrique. « Aujourd'hui, un pressostat électronique peut aussi faire de la mesure et transmettre un signal en 4-20 mA. Il est doté de plus d'un afficheur, explique Edil Alvarez, chef de produit pression chez IFM Electronic. Il fait la même chose qu'un transmetteur de process, en moins précis mais beaucoup moins cher ». De plus, par tradition, ces équipements conservent la possibilité d'être réglés et configurés en face avant alors que les transmetteurs de process nécessitent pour la plupart une interface séparée de configuration en local ou à distance. « Là, nous apportons réellement une valeur ajoutée », précise M. Alvarez. Ainsi, les acteurs traditionnels du manufacturier n'hésitent plus à proposer leur produit sur des applications de process. Du moins sur le marché dit intermédiaire des process peu sévères. Une société telle que Wika qui est connue pour ses applications OEM, machines ou hydraulique, propose aujourd'hui un transmetteur de process avec sortie bus de terrain, agrément Atex et niveau de sécurité SIL2.

« Oui, nous espérons une réelle migration de nos équipements vers le process », souligne Patrick Moskowitz, chef produits chez Wika Instruments. On pouvait supposer que les fabricants spécialisés dans les applications de process allaient faire le chemin inverse. C'est ce qui est en train de se mettre en place. Les fabricants d'instruments de process haut de gamme adaptent leurs produits : plus banalisés, boîtier tout inox pour l'agroalimentaire, configuration en face avant, élargissement de l'offre en raccords process ou raccords électriques. En 2004, Endress + Hauser annonçait officiellement une gamme de transmetteurs de pression dédiée au marché manufacturier : « C'est un marché difficile où les clients ont leurs exigences et demandent souvent des spécificités particulières, souligne M. Schelcher. mais c'est un marché sur lequel nous tenons à être présents ». Ainsi, rien n'est figé dans le monde de la pression.

Marie-Pierre Vivarat-Perrin

L'offre des fournisseurs

| Société (marques distribuées) | Types de capteur | Offre globale du fournisseur |
|--|---|--|
| Jules Richard Instruments (JRI, Dwyer) | tubes de Bourdon | Marchés du froid, agroalimentaire, chauffage et climatisation, médical, climatologie, protection incendie, réseau gaz, énergie et protection incendie |
| Kelatron (Kelatron, Keller) | capteurs piézorésistifs (jauges sur silicium) capteurs capacitifs (céramique) | manomètres numériques de grande précision (jusqu'à 0,01 % de l'EM) pour étalonnages sur terrain et en laboratoire |
| Kimo | capteurs piézorésistifs Jauges de contrainte sur silicium | micromanomètres électroniques, portables, capteurs-transmetteurs - marché des basses pressions, dépressions, pression différentielle |
| Kistler | capteurs capacitifs (membrane céramique), capteurs piézoélectriques | domaine des hautes pressions, dynamiques et statiques sur les marchés du process et du manufacturier |
| Kobold | tubes de Bourdon, piézorésistifs (jauges sur couche mince), soufflets et membranes | constructeur généraliste : gamme d'indicateurs, pressostats et transmetteurs de pression principalement pour les marchés des industries de process |
| Krohne | capteurs piézorésistifs (jauges sur silicium, capacitifs (métallique, céramique), piézoélectriques | transmetteurs pour les mesures de pression, débit, niveau, équipements tout en inox |
| Régulateurs Georgin | tubes de Bourdon, capteurs piézorésistifs (jauges sur silicium, sur couche épaisse) | offre de transmetteurs de pression robustes, adaptés aux environnements difficiles et disponibles en sécurité intrinsèque |
| Scaim | capteurs piézorésistifs (jauge de contrainte sur silicium) | gamme de capteurs, transmetteurs, enregistreurs - par contrôle et enregistrement de niveau (nappe phréatique...), mesure de pression |
| Schneider Electric (Télémechanique) | | gamme Nautilus regroupe des capteurs analogiques, détecteurs, pressostats pour application dans l'agroalimentaire, l'automobile... |
| Sensortech, (Sensortech, Honeywell, SenSym, Data...) | capteurs piézorésistifs (jauges de contrainte sur silicium) | gamme de produits standard, produits spécifiques (avec modification de la conception, du boîtier, de la connectique...) ou produits selon spécifications client |
| Siemens Process Instruments | capteurs piézorésistifs (jauges de contrainte sur couche mince) | principalement pour le marché du process agréments Atex, certification SIL2, fonctions de diagnostics |
| STS France | tubes de Bourdon, jauges de contrainte sur silicium, capteurs capacitifs (membrane céramique) | marchés OEM et machines avec des capteurs standards, moyenne et haute gamme, customisés en fonction des besoins du client |
| TH-Industrie (TH-Industrie, All Sensor) | capteurs piézorésistifs (jauges de contrainte sur silicium), capteurs capacitifs (membrane céramique) | marché des basses pressions pour les pressions différentielle, absolue, relative |
| Vega Technique | piézorésistifs (jauges sur silicium ou couche mince), capacitifs (membrane métallique, céramique) | capteurs industriels à résistance chimique et mécanique raccord à membrane 100 % arasant pour process alimentaire/aseptique ou encrassant |
| Wika | tubes de Bourdon, capteurs piézorésistifs (sur silicium, couche mince, céramique), capacitifs | applications OEM, machines, hydraulique, agroalimentaire, énergie. gammes de 2 mbar à 10 000 bar - sortie bas niveaux ou amplifiée, analogique ou numérique - Atex |
| Yokogawa | capteurs à quartz (micro résonateurs) | gamme de transmetteurs de pression numériques pour les applications de process ; chimie, agroalimentaire, énergie pétrole gaz, traitement des eaux... |

Liste non exhaustive