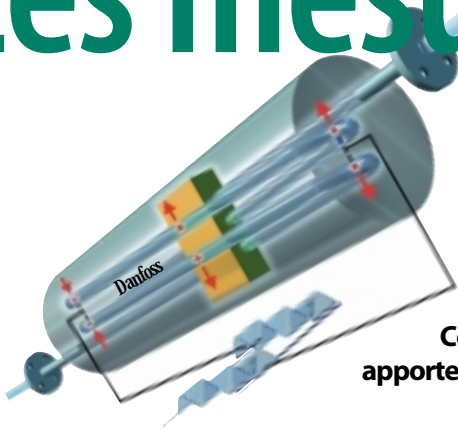


G

uide d'achat

MESURES PHYSIQUES

Les mesures de débit



▼ **Le choix d'un débitmètre passe par une réflexion qui va au-delà des technologies. Il faut aussi penser installation, mise en service, maintenance. Dans ce contexte, ce sont souvent des petits détails qui séduisent les utilisateurs plus que les grandes évolutions technologiques. Pour ces dernières, on retiendra entre autres le traitement numérique du signal qui se répand à différentes technologies : ultrasons, Coriolis, vortex, thermique... Il améliore la sensibilité et la stabilité de la mesure. Il apporte aussi des fonctions d'auto-diagnostic... justement pour la maintenance.**

Dans la famille des déprimogènes, je voudrais la cible. Dans la famille des ultrasons, je voudrais celui qui a des sondes non intrusives qui se fixe à l'extérieur de la conduite et qui fonctionne sur de la vapeur sèche à 400 °C. Et chez les Coriolis, j'aimerais acquérir le tout dernier qui va sur les toutes petites conduites et qui pourrait alors remplacer le débitmètre thermique massique classique. Dans ce jeu des familles, on peut facilement se perdre, tant le nombre des technologies est important (nous en avons recensé une dizaine dans ce guide, en omettant certainement). Tant, dans chaque famille, il existe un large éventail d'appareils, pour des applications qui vont de l'eau ultra propre aux boues les plus chargées, sans oublier les gaz et les vapeurs. Tant enfin les

L'essentiel

- La concurrence n'est pas seulement technique. Il y a aussi le prix.
- Le service devient un critère de choix.
- Coriolis et ultrasons se développent sur de nouveaux marchés.
- Transactions commerciales : l'immobilisme de la réglementation freine le développement de certaines technologies

performances métrologiques et les gammes de prix font le grand écart. Ainsi, ABB, qui ne propose "que" 5 technologies, a à gérer pas moins de 26 lignes de débitmètres. Et si encore tout était stable, définitif. Mais non, il faut aussi suivre les migrations de certaines technologies vers des champs d'application qui étaient réservés à d'autres technologies

qu'on croyait indétrônables. Face à cette profusion de solutions, Jean-Michel Montel, chef produit chez Krohne, se veut rassurant : « Si vous les passez au crible de votre cahier des charges, la plupart du temps il n'en reste plus qu'une ». Ouf ! Mais il n'y a pas non plus que la technologie qui compte. Pour Pierre Martin, gérant de Valeur Process, prestataire qui propose des audits sur fluides (utilités), il faut avoir un raisonnement global, au-delà des produits. Il cite

l'exemple d'une mesure par pression différentielle (ΔP). Celle-ci impose de régler régulièrement le zéro. Or, certains appareils ne permettent pas de le faire en local. Il faut alors une console de configuration. Si l'utilisateur n'en a pas, il doit faire appel à un technicien au prix d'environ 1 200 euros par jour. Autre illustration : les logiciels de configuration. Ceux-ci prennent de plus en plus d'importance dans la mise en service, l'utilisation et la maintenance des capteurs. Ces logiciels sont parfois donnés, parfois vendus, parfois encore piratés. L'industriel ne vérifiera pas toujours s'il est compatible avec son prochain système d'exploitation. Et à l'achat d'un nouveau capteur, le patch (ou le driver) sera-t-il disponible dans la bonne version du logiciel ? Quant aux mises à jour du logiciel, le fournisseur lui dit qu'il pourra toujours les télécharger. Mais devra-t-il payer pour cela ? « Si on ne pense pas à toutes ces petites choses-là et si le commercial ne pense qu'à vendre un appareil, l'industriel sera forcément déçu », précise M. Martin. Ce dernier met en garde aussi contre l'ou-



Les débitmètres se plient en quatre pour répondre à toutes les applications. Parmi la dizaine de technologies présentée dans ce guide, il y en a peut-être une qui vous conviendra...

verture des marchés : « On peut toujours acheter un produit moins cher à l'étranger ou via des grands réseaux de distribution. Mais après, quel est le service? ».

Il n'y a donc pas que le débitmètre. Mais également toute une connaissance autour des conditions d'installation, de la mise en service et de la maintenance. Face à la perte de savoir-faire des utilisateurs, cette tâche revient aux fournisseurs. Ils en sont conscients. « Il y a de moins en moins d'expertises dans les entreprises », souligne Emmanuel de Montillet, chef produit chez Yokogawa. « Les industriels de l'agroalimentaire ne savent pas câbler un débitmètre, surenchérit M. Montel (Krohne). C'est à nous d'intervenir et c'est aussi ça qui fait la différence ».

Le service et la maintenance deviennent ainsi des critères de choix des fournisseurs. Ceux-ci mettent en place une infrastructure qui leur permet d'être le plus réactif possible, du conseil avant vente jusqu'aux étalonnages périodiques. Les plus gros proposent des contrats de maintenance avec hotline privilégiée. Ils s'engagent sur les stocks ou sont prêts à remplacer un appareil défectueux en moins de 24 ou 48 heures.

Les petits détails qui comptent

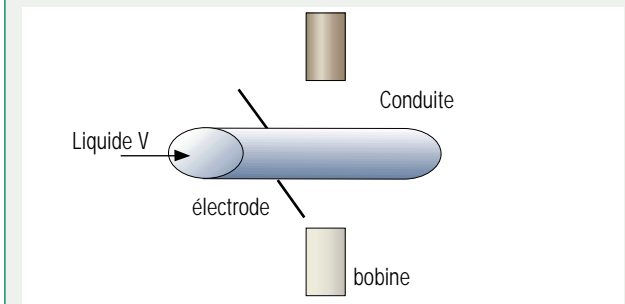
Ce réflexe "maintenance" doit aussi se manifester lors du choix de l'appareil. « Une stabilité garantie sur 5 ans est plus importante qu'une précision de 0,5 %, précise M. Martin, et un tube de Pitot moyenné qui s'installe en une heure par un simple piquage sera plus précis qu'un débitmètre à ultrasons pour lequel les règles d'installation rigoureuses n'auront pas été respectées ».

Toutes les améliorations qui visent à faciliter la mise en service d'un appareil, son utilisation ou sa maintenance sont bonnes à prendre. Ce sont deux vis au lieu de quatre pour fermer la chambre de mesure d'un ΔP . C'est l'indicateur qui tourne sur lui-même pour que l'opérateur puisse lire la mesure en différents endroits. C'est une plaque à orifice qui est associée au capteur de pression différentielle et qui ne nécessite pas de lignes de pression supplémentaire. C'est encore une communication sans fil pour transférer les données du capteur à l'électronique.

Le petit détail auquel personne auparavant n'avait pensé séduira l'industriel peut-être davantage que les grandes évolutions. C'est ainsi que certaines n'ont pas connu le succès escompté. Du moins pas encore. Il en va ainsi des bus de terrain (qui bien sûr dépassent le simple cadre de la débitmétrie). Les fournisseurs d'instrumentation qui ont investi énormément pour rendre compatible leurs capteurs au minimum à Profibus PA et Fieldbus Foundation n'osent plus prononcer leur nom. « Maintenant que la technologie est au point, plus personne n'en parle » remarque Patrick Baudet, responsable débitmétrie chez ABB. Le nombre d'applications reste toujours limité. Après l'an 2000, on pen-

Débitmètre électromagnétique

Principe



Il utilise la loi de Faraday. Un champ magnétique perpendiculaire à l'écoulement du fluide est engendré par deux bobines d'induction. Ce champ induit, dans le liquide conducteur, une tension U qui est captée par deux électrodes. Cette tension est reliée à la vitesse d'écoulement V par l'équation :

$$U = D.B.V$$

B est la valeur du champ magnétique et D le diamètre du tube.

Caractéristiques standards

- Mesure bidirectionnelle
- Perte de charge nulle
- Diamètres disponibles : 2 mm à 3 m
- Incertitude : $\pm 0,5$ à 1 % de la valeur mesurée

Applications :

- Réservé aux liquides de conductivité supérieure à $1 \mu S/cm$ (voire $0,5 \mu S/cm$ sur des applications particulières)
- Très utilisé dans le domaine de l'eau
- Convient aux liquides visqueux, pâteux, chargés d'impuretés, abrasifs ou très corrosifs (divers revêtements intérieurs sont proposés, plus ou moins compatibles selon les liquides)

Selon la nature du fluide

Type de débitmètre	LIQUIDE						GAZ		VAPEUR	
	propre	chargé	très chargé	visqueux	corrosif	polyphasique (2)	propre	chargé	saturée	sèche
Déprimogène (1)										
- cible, coude, V	Oui	Oui	±	Oui	Oui	±	Oui	Oui	Oui	Oui
- diaphragme	Oui	Non	Non	±	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Oui
- Tuyère, Venturi	Oui	±	±	±	Oui	Non	Oui	±	Oui	Oui
- Pitot	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Oui	±	Oui	Oui
Section variable	Oui	Non	Non	±	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Oui
Turbine	Oui	Non	Non	±	Oui	Non	Oui	±	Oui	Oui
Volumétrique	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Électromagnétique	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	±	Non	Non	Non	Non
Vortex	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Ultrasons (transit)	Oui	±	Non	Oui	Oui	±	Oui	Oui	±	±
Ultrasons (doppler)	Non	Oui	±	±	Oui	±	Non	Non	Non	Non
Coriolis	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	±	Oui	Oui	±	±
Thermique	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui	±	Non	Non

Ces données sont indicatives, elles peuvent varier d'un fournisseur à l'autre.

(1) De grandes différences existent selon la nature de l'organe déprimogène. - (2) Il n'existe pas de méthodes fiables pour la mesure de débit sur des mélanges polyphasiques (liquide/gaz).

Selon les contraintes d'installation

Type de débitmètre	Diamètres D disponibles (1)	Longueurs droites amont	Température maximale	Pression maximale
Déprimogène (2)				
- cible, coude, V	10 à 300 mm	10 à 20D	300 °C	300 bar ou +
- diaphragme	10 à 2000 mm	10 à 30D	500 °C	300 bar ou +
- Tuyère, Venturi	10 à 1000 mm	10 à 30D	500 °C	300 bar ou +
- Pitot	10 à 4000 mm	5 à 20D	500 °C	300 bar ou +
Section variable	4 à 125 mm	0	400 °C	20 ou 450 bar (3)
Turbine	1 à 1200 mm	0 à 20D	500 °C	650 bar
Volumétrique	3 à 300 mm	0	300 °C	650 bar
Électromagnétique	2 à 3000 mm	5D	450 °C	250 bar
Vortex	12 à 500 mm	15 à 25D	400 °C	300 bar
Ultrasons (transit)	25 à 5000 mm	5 à 20D	400 °C ou +	400 bar ou +
Coriolis	1 à 350 mm	0	200 °C	400 bar
Thermique	2 à 120 mm	0 à 10D	180 °C	400 bar

Ces données sont indicatives, elles peuvent varier d'un fournisseur à l'autre.
 - (1) Certains débitmètres (turbines, électromagnétiques, thermiques...) existent aussi en mode par insertion. Ils sont beaucoup moins dépendants du diamètre de la conduite. - (2) D'importantes disparités peuvent exister selon la nature de l'organe déprimogène.
 (3) Selon que le tube est en verre ou en métal

Les performances métrologiques et le prix

Type de débitmètre	Incertitude (1)	Dynamique (2)	Prix (échelle de 1 à 4) (3)
Déprimogène			
- cible, coude, V	± 1 % VM	1-6	2/3
- diaphragme	± 1 % VM	1-6	1
- Tuyère, Venturi	± 0,5 à 1,5 % VM	1-10	3
- Pitot	± 1 à 2 % VM	1-4	1
Section variable	± 2 à 10 % EM	1-10	1
Turbine	± 0,15 à 2 % VM	1-50	2
Volumétrique	± 0,25 % VM	1-150 ou +	3
Électromagnétique	± 0,5 % VM	1 à 100	2
Vortex	± 1 % VM	1 à 20	2
Ultrasons (transit)	± 0,1 à 2 % VM	1 à 200 ou +	3
Ultrasons (doppler)	± 2 à 5 % EM	1 à 10	2
Coriolis	± 0,1 % VM	1 à 100 ou +	4
Thermique	± 1 % VM	1 à 50	2

Ces données sont indicatives, elles peuvent varier d'un fournisseur à l'autre.
 (1) VM : valeur mesurée (VM), EM : étendue de mesure. - (2) pour la dynamique, il peut y avoir une confusion entre l'étendue de mesure potentielle (range) et l'étendue de mesure réglée (span) que l'utilisateur configure à partir de l'électronique. Nous parlons ici de dynamique potentielle.
 (3) Il peut y avoir de grandes disparités de prix dans une même catégorie, en ultrasons par exemple, entre un débitmètre à manchette multicorde et un appareil portable avec sondes externes.

Au sujet des tableaux comparatifs, Claude Bordes, directeur de Débitmètrie A & T réagit :

Les données comparatives sont toujours à prendre avec précaution. Toutes ces notions sont différentes en fonction de notre quotidien et les termes varient d'un métier à l'autre. Certains fournisseurs ajoutent ou retranchent des zéros aux spécifications, en fonction de ce qui les arrange. Pour l'incertitude, les valeurs restent toutes théoriques. Elles dépendent avant tout des conditions dans lesquelles l'appareil a été étalonné. Et l'étalonnage est un art délicat. Et puis il n'y a pas que l'incertitude. D'autres critères existent comme le temps de réponse, la tenue aux vibrations... Il faut aussi prendre en compte la nature du fluide et de l'écoulement. Dans tous les cas, une étude spécifique est nécessaire.

sait que les projets allaient se concrétiser. Suite à l'accident de Toulouse en 2001, ils sont restés dans les cartons au profit de la sécurité. « Peut-on prendre le risque de mettre plusieurs dizaines de points de mesure sur un seul câble? », s'interroge M. Martin (Valeur Process).

Autre succès en demi-teinte : la technologie 2 fils (qui apporte l'alimentation du capteur sur la boucle de courant) fait son chemin "trop" doucement. Elle rentre pourtant dans une logique d'allègement de la mise en service, du câblage et, par conséquent des coûts. Elle est complémentaire du mode de sécurité intrinsèque pour les équipements en zones dangereuses, puisque la faible consommation imposée autorise justement une alimentation du capteur via la boucle 4-20 mA. Les fournisseurs se sont donc évertués à développer des capteurs qui dépensent le moins possible d'énergie. Même les débitmètres électromagnétiques, qui, pour alimenter leurs bobines, ont une réputation de gros consommateurs de watts, ont réussi à se mettre sur 2 fils. Mais la force des habitudes, l'inertie des industriels... M. Baudet (ABB) se console : « C'est encore pire aux Etats-Unis ».

Coriolis : la recherche des extrêmes

Il en faut plus pour arrêter les fabricants dans leur persévérance à faire évoluer leurs technologies, avec comme objectif d'acquérir de nouvelles parts de marché. Ainsi, dans ce jeu des familles qui consiste à "se piquer la place", les querelles sont parfois sévères. S'il n'y avait qu'un exemple à retenir, ce serait celui des débitmètres à effet Coriolis. Grâce à des atouts que plus personne ne conteste (précision, mesure d'un débit masse, compatible avec tous les fluides conducteurs ou non, ne nécessitant pas de connaître la nature du fluide...), ils ont conquis en premier le domaine de la chimie et la pétrochimie, d'abord sur les liquides, ensuite sur les gaz. Puis, ils ont fait leur entrée dans l'agroalimentaire, notamment sur des applications de dosage de plus en plus rapides (voir notre numéro 754 d'avril 2003). Il n'y a que le domaine de l'eau qui lui reste encore fermé.

« La position forte du débitmètre électromagnétique, le prix et surtout la limitation du Coriolis pour les gros diamètres explique cela », souligne Jean Yvert, responsable de la gamme Micro Motion chez Emerson Process Management. Les électromagnétiques sur des canalisations d'eau de 3 ou 4 mètres de diamètre n'ont pas grand-chose à craindre du Coriolis. Pourtant, celui-ci cherche quand même à se donner un peu plus de volume (malgré la difficulté qu'il peut alors avoir après à se mettre en vibration). La société Metra est fière de présenter son plus gros



La plaque à orifice reste l'une des technologies les plus répandues dans le milieu industriel.

Le parc installé

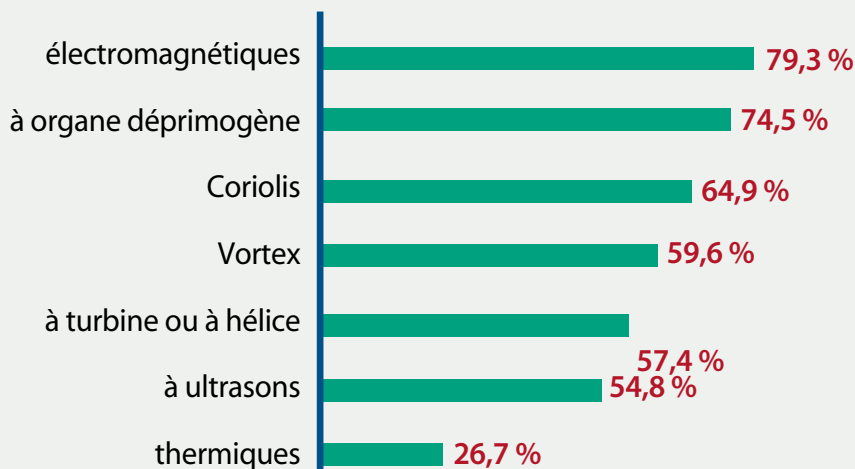
Une enquête "Mesures"

En avril 2002, notre revue a réalisé une enquête auprès de 200 industriels. Nous les avons interrogés sur leur parc de capteurs et leur avons demandé leur point de vue sur les grandes évolutions (principes de mesure, bus de terrain, fonction d'auto-diagnostics...). Nous présentons ici les principaux résultats relatifs aux débitmètres. Ceux-ci représentent 15,7 % du parc de capteurs installés, juste après la température (36,7 %) et la pression (23,4 %).

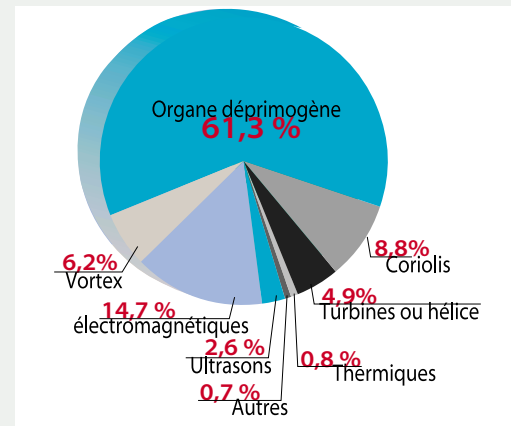
La technologie par mesure de pression différentielle (Δp ou organe déprimogène) représente plus de 60 % des débitmètres installés. « Hélas, soupire Patrick Baudet, chef produit chez ABB, le ΔP reste le réflexe de base de nos clients ».

Mais on s'aperçoit malgré tout que les technologies "électroniques", plus récentes, (électromagnétiques, vortex, ultrasons, Coriolis) ont réussi à s'implanter, plus ou moins dans tous les secteurs. Les industriels sont conservateurs, oui mais ouverts aussi aux évolutions techniques...

Qui utilise quoi

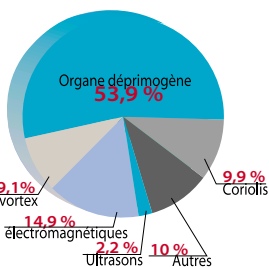


Répartition du parc par technologie



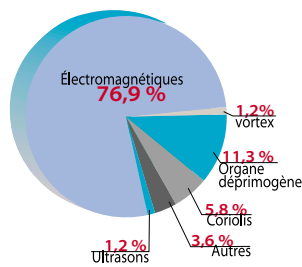
Déterminée sur l'ensemble des capteurs recensés dans 115 établissements

Chimie



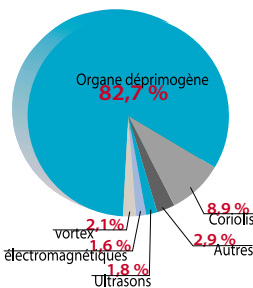
52 réponses

Industries alimentaires



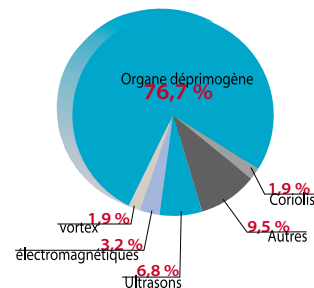
27 réponses

Pétrole et Gaz



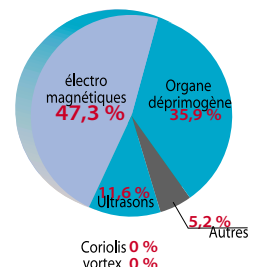
11 réponses

Electricité



12 réponses

Eau



11 réponses

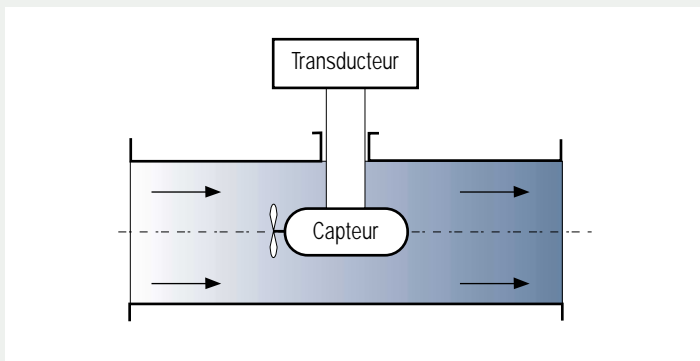
Les principaux offreurs

Fournisseurs (Marques)	Téléphone	Organe déprimogène				Section variable	Turbine	Compteur volumétrique	Electromagnétique	Vortex	Ultrasons		Massique Coriolis	Massique thermique
		cible, coude en V	diaphragme	tuyère, Venturi	Pitot						Temps de transit	Doppler		
ABB	01 64 47 23 10		•	•	•	•		•	•			•	•	
Bamo Mesures	01 30 25 83 20		•	•	•	•		•	•					
Burkert	03 88 58 91 11							•	•					
Brooks instruments (EPM)	04 78 50 39 70											•	•	
C2AI	04 72 15 88 70					•	•	•					•	
Control Mareg (Sierra, Max machinery)	01 60 03 18 64							•	•				•	
Danfoss	01 30 62 50 76							•			•	•		
Dimelco (Isoil, Labom, Elis, HSW)	03 20 62 06 80		•					•			•			
Emerson Process Management	04 72 15 34 13		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Endress + Hauser	08 25 88 02 20		•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	
Engineering Mesures (Preso, FSI, Intra, AFT, Emco, Trimec, Controlotron)	01 42 35 33 33		•	•	•		•	•	•	•	•		•	
Débitmétrie A & T (Cox, Titan, Elis, Key)	04 90 79 42 90					•	•	•			•			
Faure Herman	01 69 82 77 00						•				•			
Fuji	04 73 98 26 98							•			•			
George fischer + GF + (Signet)	01 49 22 13 41					•	•			•				
GE Panametrics	01 47 82 42 81										•			
Honeywell	01 60 19 83 49	•	•	•	•									
HTDS	01 64 86 28 28						•	•						
IFM Electronique	04 79 96 40 21												•	
I2E diffusion (ben)	04 42 60 70 15							•			•			
Instruments et controls	01 64 93 92 30			•			•				•			
Instrutec Bronkhorst	01 34 50 87 00											•	•	
Invensys Foxboro	01 34 43 25 25		•	•	•			•	•			•		
Kimo	05 53 80 85 00				•									
Kobold	01 34 21 91 15	•	•		•	•	•	•	•		•		•	
Krohne	04 75 05 44 00		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Les automatismes appliqués (Schmidt)	04 42 12 57 57												•	
Magnetrol	01 60 93 99 50												•	
Martec (Greyline)	01 46 23 79 09										•	•		
Metra (Bopp & Reuther, Rheonik, RMG)	03 87 31 83 40		•	•	•		•	•	•		•	•		
MKS	01 48 35 39 39												•	
Newport Electronique - Omega	01 61 37 29 00					•	•			•	•	•	•	
Platon (Roxspur, Sensit...)	01 39 35 44 00	•	•	•	•					•	•		•	
Rota (Rota, Flexim)	01 47 80 35 12					•					•	•		
Sanor (Annubar, Contrec, Badger...)	03 20 24 39 40		•		•		•	•	•	•	•		•	
Sappel	04 78 93 76 90						•	•			•			
Sart von Rohr	03 89 37 79 50					•		•				•	•	
Siemens Process Instrument	04 42 65 69 00		•	•	•	•	•	•			•			
Solartron Mobrey	01 30 17 40 80		•		•	•					•			
Stec Horiba	01 50 42 25 23												•	
System C industrie (Veris, J-Tec, Macnaught, Fox Thermal...)	04 75 54 86 05				•	•	•	•	•	•	•		•	
Tec Fluid	01 34 64 38 00	•	•		•	•	•	•						
TH Industrie (Accubar, Hontzsch, TSI...)	01 47 66 81 86				•		•		•				•	
Ultraflux	01 39 79 26 40										•			
Vögtlin	06 63 57 97 00					•								
Yokogawa	01 39 26 10 59		•		•	•		•	•	•	•	•		

Débitmètre à turbine

Principe

L'écoulement du fluide entraîne la rotation d'une turbine (rotor à plusieurs ailettes). La vitesse angulaire de l'hélice est proportionnelle à la vitesse d'écoulement du fluide et donc au débit volumique. La vitesse de rotation est mesurée en comptant la fréquence de passages des ailettes détectés à l'aide d'un capteur à impulsions.



Caractéristiques standards

- Le rotor peut avoir une forme d'hélice, de roue, de turbine ou de moulinet. Il est placé à l'intérieur d'une chambre de mesure du diamètre de la conduite (montage à manchette)
- Possibilité de montage à insertion
- Incertitude de mesure : de $\pm 0,15$ à 2 % de la valeur mesurée
- En raison de l'inertie des pièces mobiles, les mesures peuvent être faussées au cours des périodes transitoires

Applications

- Pour les liquides, les gaz ou les vapeurs
- Détermination d'un débit ou d'un volume (on parle aussi de compteur)
- Agrément pour les transactions commerciales
- Prévoir selon les applications des dispositifs de tranquillisation, de filtration ou de dégazage

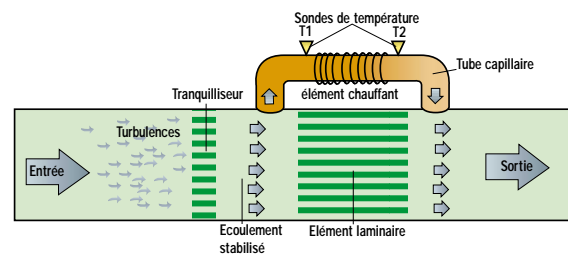
Débitmètre thermique

Principe (débitmètre thermique à capillaire*)

Le tube de mesure comprend deux sondes de température placées l'une en amont (T1) et l'autre en aval (T2) d'un élément chauffant bobiné à l'extérieur du tube et qui amène le fluide à une température fixe. Lorsque le débit masse Φ_m augmente, T1 décroît et T2 augmente de manière linéaire.

$$\Delta T = k \cdot C_p \cdot \Phi_m$$

avec C_p , la chaleur spécifique du gaz.



Pour augmenter la plage de mesure, la mesure se fait sur une fraction de l'écoulement. Il est indispensable que le profil d'écoulement soit laminaire.

Caractéristiques standards

- Incertitude de mesure : ± 1 %
- Le régime laminaire est assuré par des faisceaux tubulaires ou des montages tels que des billes frittées, des éléments poreux...
- Un régulateur est souvent associé au débitmètre

Applications

- La plupart des applications porte sur les gaz dans le domaine des semi-conducteurs, mais aussi agroalimentaire, pharmacie...
- Mesure des liquides mais sur des plages de mesure plus limitées

* On distingue le débitmètre thermique à capillaire qui se monte en dérivation de la conduite et le débitmètre thermique qui utilise une sonde à insertion (appelé aussi anémomètre)

débitmètre Coriolis : 350 mm de diamètre, 2 mètres de longueur, 1,5 mètre de largeur et pouvant mesurer jusqu'à 1 800 tonnes par heure. « Il est surtout utilisé pour le chargement des bateaux », explique Guy Courtois, directeur commercial de Metra.

De l'autre côté de la gamme, pour les petits diamètres et les très faibles débits, là encore le Coriolis grignote des millimètres. Toujours chez Metra, le plus petit fait 1 mm de diamètre et peut mesurer 0,2 g/min. En 2000, Brooks Instrument (division d'Emerson Process Management), spécialiste des débitmètres massiques thermiques, lançait le Quantim, un débitmètre Coriolis qui s'installe sur des conduites de moins de 3 mm et qui ressemble curieusement à un débitmètre massique thermique. A l'époque, son principal concurrent Bronkhorst reconnaissait lui-même travailler sur cette technologie. « Le principe est très séduisant car il ne nécessite pas de connaître la chaleur spécifique

du fluide, indiquait Etienne Chipon, directeur d'Instrutech, filiale française de Bronkhorst. Fin 2002, la société présentait le Coriflow pour mesurer les faibles débits liquides et gaz. En revanche, le prix de cette technologie (environ quatre fois plus cher) et une perte de charge qui n'est plus négligeable pour les gaz sous pression laissent encore ses chances au débitmètre massique thermique.

Autres extrêmes : les vibrations. Le principe du Coriolis reposant sur la mise en vibration du tube a été longtemps critiqué pour sa sensibilité aux autres vibrations, celles venant de la conduite et de l'environnement. Les fabricants ont donc voulu relever le défi. Soit par des structures mécaniques, soit par le traitement du signal. C'est ainsi qu'au salon Pollutec 2002, sur le stand de Krohne, une personne était chargée de taper à grands coups de marteau sur un débitmètre à tube droit. Le passant abasourdi pouvait vérifier que la

mesure restait stable, malgré tout. « Avec des systèmes de torsion qui permettent l'absorption des vibrations ou des pulsations du fluide, nous pouvons installer des équipements juste derrière des pompes doseuses, avec des débits très pulsés, explique M. Courtois. Nous avons aussi des Coriolis dans des bus à hydrogène qui sillonnent la France sur des routes pavées. Un vrai banc d'essais ». Et puis, il y a aussi le traitement du signal...

Le signal se traite tout près

Depuis un an ou deux, les fournisseurs de débitmètres à effet Coriolis sont tout fiers de présenter leur nouveau traitement numérique du signal. Dès la sortie du capteur, le signal brut est numérisé. Puis, il subit une transformée de Fourier qui permet une analyse spectrale en fréquence. Toutes les fréquences qui ne sont pas liées à la mesure à proprement parler mais à des signaux parasites sont ainsi éliminées.

Le traitement numérique fait des émules. L'an

Débitmètre à effet Coriolis

Principe

L'accélération de Coriolis apparaît lorsque l'on soumet une masse à la fois à un mouvement de rotation et à un mouvement de translation. A cette accélération correspond une force

$$F = 2.m.\omega.v$$

avec ω la vitesse angulaire, v la vitesse de translation et m la masse du fluide.

Dans un débitmètre, une bobine excitatrice placée en C, soumet le tube de mesure à un mouvement oscillant autour de l'axe de repos A-B.

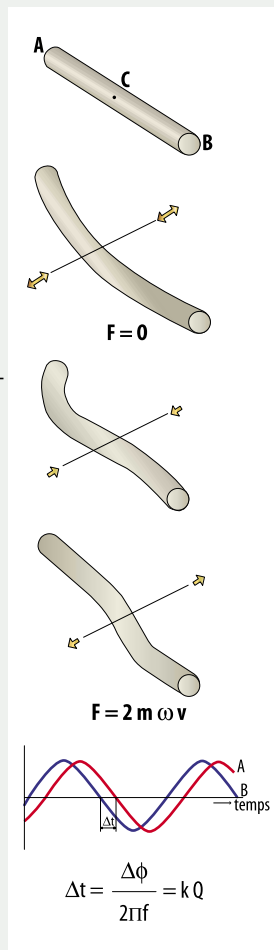
Lorsque les particules du fluide se déplacent avec la vitesse v , elles provoquent des forces de Coriolis qui agissent sur les deux moitiés du tube, dans des sens opposés. Le fluide retarde l'oscillation lorsqu'il doit lui-même en acquérir le mouvement (entre A et C) et l'accélère lorsqu'il restitue l'énergie prélevée (entre C et B). Il en découle une distorsion du tube très faible qui se superpose à l'oscillation de base. Le mouvement total est mesuré à l'aide de capteurs inductifs placés en A et en B. En présence de débit, un retard de phase est observé entre l'oscillation en A et l'oscillation en B. Déphasage auquel correspond un intervalle de temps Δt directement proportionnel au débit masse Q , f étant la fréquence d'oscillation et k une constante.

Caractéristiques standards

- Selon les fournisseurs, la forme du tube varie : monotube droit ou courbe, bitube droit ou courbe
- Débit massique
- Précision : $\pm 0,1 \%$
- Mesure indépendante de la nature et des caractéristiques du fluide
- Permet aussi une mesure de densité

Applications

- Gaz et liquides propres ou visqueux (pâtes, boues)
- Diamètres de conduite pas trop importants
- Agrément pour transactions commerciales (pour les liquides)



Débitmètre à pression différentielle

Principe

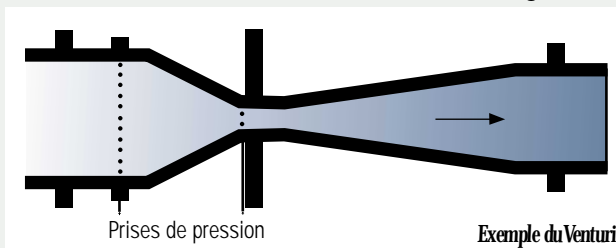
Il exploite la loi de Bernoulli qui donne la relation entre le débit et la perte de charge. Celle-ci résulte d'un changement de section de la conduite. Pour cela, il existe une multitude d'organes déprimogènes dont la plupart est normalisée (normes Iso 5167). Le débit volumique est proportionnel à la racine carrée de la différence de pression ΔP . Ce qui limite la dynamique de mesure.

Caractéristiques standards

- Très variable selon l'organe déprimogène
- Montage à manchette ou par insertion
- Perte de charge induite par l'organe
- Dynamique : généralement de 1-3 (elle peut être améliorée par le traitement électronique du signal)

Applications

- Liquides, gaz, vapeurs
- Technologie la plus utilisée
- Peut couvrir un large domaine d'application



dernier, la société suisse Vögtlin a développé un débitmètre massique thermique utilisant la technologie Cmos grâce à laquelle le signal est traité sur une puce en silicium de quelques mm^2 (produit distribué aujourd'hui par Sart von Rohr). Tout récemment, ABB, Yokogawa, Emerson Process Management ont importé un DSP (Digital Signal Processing) dans leurs débitmètres vortex. « Le traitement numérique est intéressant surtout pour les technologies qui travaillent en fréquence, comme le Coriolis et le vortex, explique Patrick Baudet (ABB). En plus, avec une mesure de température intégrée, le DSP calcule le débit massique. Et pour les transactions des vapeurs, on raisonne le plus souvent en tonne ». Ainsi, Yokogawa qui avait annoncé il y a 7 ou 8 ans un vortex massique (en mesurant l'amplitude des tourbillons et non plus la fréquence) préfère revenir sur son choix et proposer un débit massique calculé à partir du débit volumique. « En nettoyant le signal, le DSP permet de descendre plus bas en débit, d'avoir un temps de réponse plus court et de proposer un auto-diagnostic, souligne M. de Montillet (Yokogawa). L'analyse spectrale distingue les fréquences parasites et permet de détecter des phénomènes vibratoires ou des débits pulsés ».

La découverte du DSP par les fournisseurs de Coriolis et de vortex fait sourire les fournisseurs de débitmètres à ultrasons qui eux le pratiquent depuis près d'une dizaine d'années. La première génération de débitmètres à ultrasons avait acquis une très mauvaise réputation à cause des ondes parasites. Pour y remédier, les fournisseurs ont donc fait appel très tôt au DSP. Ils ont ainsi codé l'onde "utile" pour que les capteurs puissent la reconnaître, parmi toutes les autres "inutiles". Le traitement numérique du signal a permis aussi d'obtenir des résolutions de l'ordre de la nanoseconde et même aujourd'hui de la picoseconde. « Sans le DSP, les ultrasons seraient depuis longtemps tombés dans les oubliettes », souligne Eric Cherifi, chef produit chez GE Panametrics.

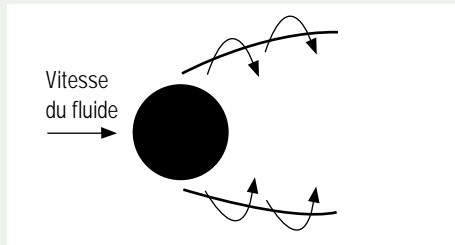
Grâce à ce traitement, les ultrasons ont pu progresser et développer de nouvelles applications. Ainsi, il y a un peu moins de deux ans, GE Panametrics et Controlotron ont, pratiquement en même temps, mis sur le marché des sondes à ultrasons pour gaz "clamp on". Ce mode d'installation à l'extérieur de la conduite était réservé jusqu'alors aux liquides. Rien de très nouveau dans la technologie, simplement un peu plus de puissance dans le capteur et dans le traitement du signal.

La technologie par ultrasons a ainsi réussi à se diversifier avec des appareils de conceptions très différentes. Il y a les équipements à manchette multicordes précis et chers, les sondes à insertion pouvant répondre à des applications de plus en plus difficiles (comme de la vapeur sèche à plus de $400 \text{ }^\circ\text{C}$).

Débitmètre à vortex

Principe

Lorsque le fluide rencontre un corps non profilé, il se divise et engendre des tourbillons de part et d'autre et en aval de ce corps. Le nombre de tourbillons formés en aval par unité de temps est proportionnel au débit



moyen. La vitesse d'écoulement v est déterminée par le comptage des tourbillons. Elle est mesurée à l'aide d'un capteur sensible aux variations oscillatoires de pression.

$$V = \text{fréquence des tourbillons}/K$$

Le facteur K dépend du nombre de Reynolds et de la masse volumique du fluide mais il est pratiquement constant sur une vaste plage de débit.

Caractéristiques standards

- Incertitude : $\pm 1\%$
- Dynamique : 1-20
- Sonde intrusive générant une faible perte de charge

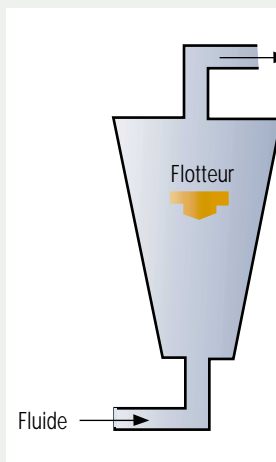
Applications

- Liquides, gaz et vapeurs
- Supporte des vitesses de fluide importantes mais peut être sensible aux vibrations extérieures.
- Peu recommandé pour les faibles débits

Débitmètre à section variable

Principe

Appelé aussi rotamètre ou encore débitmètre à flotteur, le débitmètre à section variable est constitué d'un petit flotteur placé dans un tube de section croissante. Le flotteur reste en équilibre à une certaine



hauteur qui est fonction de trois actions : son poids, la force de poussée d'Archimède et celle de la poussée du fluide. Le repérage de la position du flotteur se fait par une lecture directe (graduation) ou par l'intermédiaire d'un

couplage optique ou magnétique. Le débitmètre doit être étalonné avec le fluide mesuré.

Caractéristiques

- Diamètre de canalisation : 4 à 125 mm
- Incertitude : ± 2 à 10 % de l'étendue de mesure
- Dynamique : 1-10
- Perte de charge relativement importante

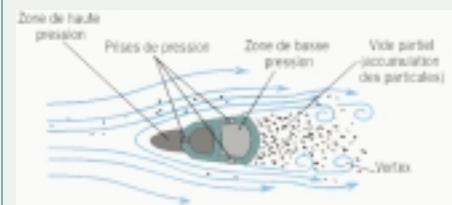
Applications

- Liquides et gaz propres et non corrosifs
- Large étendue d'appareils : de débitmètres en plastique (à environ 800 euros) à des appareils à compteur intégré (environ 8 000 euros)
- Souvent utilisé pour les débits de purge
- Pas adapté au secteur de l'agroalimentaire (ne supporte pas les nettoyages et stérilisations en place)

Débitmètre à Pitot

Principe

La sonde de Pitot mesure en un point de l'écoulement la différence entre la pression d'impact captée face à l'écoulement et la pression statique du fluide, prise latérale-



ment. Lorsque le fluide percute la sonde, il crée devant celle-ci une zone de haute pression supérieure à la pression statique dans la canalisation. Au fur et à mesure que le fluide passe devant la sonde, il accélère et une zone de basse pression est créée sur les côtés et derrière la sonde.

Le débit volumique Q est, comme pour les organes déprimogènes, proportionnel à la racine carrée de la différence de pression ΔP . Dans un Pitot moyenné, plusieurs prises de pression sont positionnées sur le tube à différentes hauteurs. Une pression différentielle moyenne est ainsi générée, qui permet d'obtenir un débit moyen plus représentatif de l'écoulement dans toute la conduite.

Caractéristiques standards

- Montage par insertion
- Incertitude : 1 à 2 % de la valeur mesurée
- Présente une certaine perte de charge

Applications

- Beaucoup utilisé sur les gaz
- marché ciblé sur les conduites de diamètre supérieur à 300 mm

Enfin, les sondes externes qui font de cette technologie la seule capable de mesurer un débit sans avoir à percer un seul trou dans la conduite.

La guerre des prix

La concurrence entre les technologies ne se joue pas uniquement sur le plan de la technique. Il y a aussi le prix. Le domaine de l'eau est particulièrement sensible à cet argument. Ainsi, les débitmètres électromagnétiques et les ultrasons s'adonnent à une compétition effrénée en termes de baisse de prix. Les premiers restent plus avantageux pour les petits diamètres que les ultrasons à insertion. Les fournisseurs des seconds se sont donc appliqués à développer des produits les plus simples et les moins chers. La société française Ultraflux avec son Minisonic en est un

exemple. M. Cherifi (GE Parametrics) souligne : « On trouve des ultrasons à 3 000 euros et des électromagnétiques d'un diamètre de 400 mm à 4 000 euros, soit environ trois fois moins cher qu'il y a une dizaine d'années ». Reste la précision : en théorie 2 % pour les ultrasons et 0,5 % pour les électromagnétiques. Mais, comme on l'a déjà dit, ce n'est pas toujours la précision qui est recherchée. Sauf...

Sauf pour les transactions commerciales. Les fournisseurs se donnent tout le mal possible pour obtenir des agréments afin que leur débitmètre haut de gamme puisse être utilisé en transaction commerciale. Ils défendent, sans plus oser y croire, une norme européenne pour que ces agréments bénéficient d'une reconnaissance entre chaque pays, au moins à l'échelle européenne. Un projet toujours en attente. Cet immobilisme freine le

développement des nouvelles technologies. Pour le comptage de l'eau, seuls les turbines et les compteurs volumétriques sont reconnus. « Ce n'est pas forcément ce que l'on fait de mieux en termes de précision », souligne Patrick Baudet (ABB), fournisseur très implanté dans l'eau avec ses débitmètres électromagnétiques. « Les organismes d'approbation n'aiment pas les méthodes électroniques qui sont facilement "fraudables" », explique-t-on chez Sap-



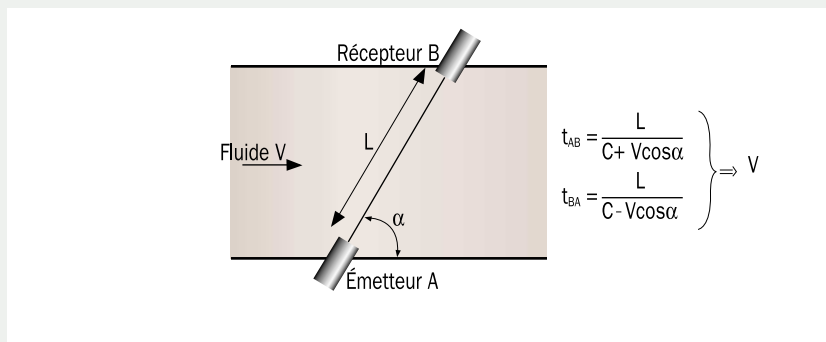
Une réflexion sur les conditions d'utilisation est incontournable.

Débitmètre à ultrasons par temps de transit

Principe

Il utilise la différence des temps de parcours aller-retour d'une onde ultrasonore qui suit un trajet oblique par rapport à l'axe d'écoulement. Selon le sens, la vitesse V d'écoulement s'ajoute ou se retranche vectoriellement de la vitesse C de propagation du son dans le fluide.

Les deux sondes qui jouent alternativement le rôle d'émetteur et de récepteur d'ondes ultrasonores doivent être positionnées de façon rigoureuse afin de connaître parfaitement la distance L qui les sépare ainsi que l'angle α . Elles peuvent être positionnées de part et d'autre de la conduite (mode direct) ou du même côté. Dans ce dernier cas, l'onde rebondit une ou plusieurs fois sur la paroi opposée et effectue ainsi plusieurs traver-



sées de la conduite. La longueur du trajet est augmentée, la précision sur la mesure aussi. Une autre manière d'améliorer la précision est d'utiliser plusieurs paires de capteurs qui mesurent la vitesse de propagation sur différents chemins de la section (débitmètres multicordes).

Caractéristiques standards

- Temps de réponse très court, jusqu'à 1 ms
- Pas ou peu de perte de charge

Différents types de montage

- Appareils à manchette, mono- ou multi-corde pour des mesures de hautes précisions ($\pm 0,1$ % de la valeur mesurée)
- Sondes à insertion avec piquage sur la conduite
- Sondes externes qui se montent sur la conduite pour des campagnes de mesure

Applications

- Liquides, gaz,
- Certains appareils peuvent être utilisés sur les vapeurs saturées ou surchauffées (> 400 °C)
- Peut être utilisé sur des écoulements turbulents
- Intérêt économique pour les diamètres de conduite importants

Débitmètre à ultrasons par effet Doppler

Principe

Une onde ultrasonore est émise dans le fluide. Elle est réfléchiée par des solides ou des bulles en mouvement dans le fluide en provoquant un glissement de fréquence. La variation de fréquence est proportionnelle à la vitesse moyenne du fluide.

Caractéristiques standards

- Un seul boîtier monté sur la conduite en montage interne ou en externe
- Précision modeste : 2 à 5 % de l'étendue de mesure

Applications

- exige la présence de gaz ou de solides en suspension dans le fluide
- diamètre de canalisations généralement important

pel, fabricant de compteurs d'eau et d'énergie. « Même au niveau des technologies, il n'y a aucune harmonie européenne, souligne M. de Montillet (Yokogawa). Pour les gaz, les organes déprimogènes sont très conseillés aux Pays-Bas et plutôt déconseillés en Allemagne ». GE Panametrics, qui est agréé par le PTB en Allemagne pour un débitmètre à ultrasons à six cordes sur gaz, se voit contraint par Gaz de France de redemander l'agrément en France. Le marché n'est pas énorme, il représenterait une trentaine d'appareils par an, peut-être un peu plus. Mais au prix de 80 à 100 000 euros l'équipement, ce n'est pas négligeable. Si rien ne se fait par la réglementation, les fabricants misent sur la mise en place d'accords au niveau des fournisseurs. Un groupement européen des gaziers s'est constitué dont l'un des objectifs est d'échanger des informations notamment en matière de transaction commerciale. Tout espoir n'est pas perdu.

Transactions, un manque d'harmonie

La situation est encore plus cocasse pour les vapeurs qui représentent un marché important (quelle industrie n'a pas une chaudière, un incinérateur ou tout autre process qui produit ou consomme de la vapeur?). Il n'existe pas aujourd'hui de bancs d'étalonnage de débit de vapeur en France qui permettrait d'agréer des débitmètres, et ceci quelle que soit la technologie. « Le problème de la vapeur, c'est qu'elle ne se stocke pas, explique M. Cherifi (GE Panametrics). Un banc doit donc forcément être installé chez un producteur ». Plusieurs projets ont échoué. Un dernier pourrait aboutir prochainement à EDF.

Les industriels se contentent pour l'instant des plaques à orifice pour lesquelles les règles de conception sont définies par les normes sans imposer de vrais étalonnages. On comprend pourquoi environ 80 % des débitmètres installés sur les vapeurs sont des plaques à orifice, malgré une faible dynamique (typiquement 1 à 4). Le vortex, qui offre une meilleure dynamique (1 à 20) mais qui n'est pas reconnu pour les transactions commerciales, récupère les miettes. « Le marché des vortex en France s'élève à moins de mille appareils dont à peu près 30 % pour les vapeurs », indique M. de Montillet (Yokogawa). Depuis peu, les ultrasons font une entrée timide. Leur dynamique est incomparable (pouvant aller jusqu'à 1-1 500) mais ils sont freinés à la fois par le prix (5 à 6 000 euros) et par la réglementation...

Marie-Pierre Vivarat-Perrin

Sources : un certain nombre d'informations techniques ont été recensées auprès des fournisseurs, des Techniques de l'ingénieur (Mesures et contrôle Volume R6) ainsi que de plusieurs sites Internet parmi lesquels le site pédagogique de l'académie d'Aix Marseille : pedagogie.ac-aix-marseille.fr

Compteur volumétrique

Le compteur volumétrique ou à déplacement positif mesure le volume écoulé en emprisonnant de façon répétée un volume élémentaire de fluide. Le volume total de liquide traversant le débitmètre pendant un laps de temps donné est le produit du volume élémentaire par le nombre d'emprisonnements. Il en existe plusieurs types selon le corps d'épreuve utilisés : à piston, à palette (ou à rotors) à roues ovales ou à disques oscillants.



Caractéristiques standards

- Incertitude : de 0,25 % à 1 % à de la valeur mesurée
- Eléments mécaniques en mouvement (sujets à l'usure)
- Bonne dynamique : 1-20 ou 1-150 (ou plus)

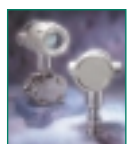
Applications

- liquides et gaz propres
- produits visqueux
- faibles débits

GUIDE DES PRODUITS

La revue Mesures a proposé à chaque fournisseur de présenter un de leur débitmètre récemment mis sur le marché.

Un transmetteur de pression garanti 15 ans



■ Honeywell mise sur la fiabilité de son transmetteur de pression ST 3000 Lifetime pour aider les utilisateurs à réduire leur coût de maintenance, diminuer la fréquence des étalonnages et maintenir des temps de disponibilité élevés. Ainsi, le fournisseur assure une garantie de 15 ans.

- Incertitude : $\pm 0,0375\%$
 - Stabilité : $\pm 0,01\%$ par an
 - MTBF : 470 ans
 - Sortie numérique protocole Hart, FF, DE
- Honeywell - Tél. : 01 60 19 83 49

principe de mesure se positionne sur des applications plus ou moins similaires à celles des débitmètres thermiques à capillaire, c'est-à-dire la mesure de faibles débits en grande partie sur les gaz.

- Temps de réponse : 10 ms
- Débit minimal : $0,005 \text{ cm}^3/\text{min}$
- Dynamique : 1 à 100
- Incertitude : $\pm 1\%$ ($\pm 0,5\%$ ou $\pm 0,2\%$ selon les conditions d'étalonnage qui imposent la connaissance de la viscosité du fluide)
- Viscosité maximale : 40 cP
- Régulateur associé System C industrie - Tél. : 04 75 54 86 05

Le Vortex analyse son spectre

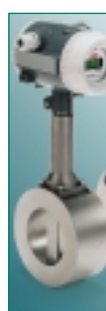
■ Le débitmètre à effet Vortex Yewflo de Yokogawa intègre un traitement numérique du signal, avec notamment une analyse spectrale du signal et une réduction automatique du bruit. Ceci lui confère une meilleure immunité aux vibrations et une meilleure stabilité. Par ailleurs, le traitement du signal autorise des fonctions d'auto-diagnostics.

- Liquides, gaz, vapeurs
- Diamètres de conduite : DN15 à 300
- Incertitude : $\pm 0,75\%$ de la valeur

mesurée (liquides), $\pm 1\%$ de la valeur mesurée (gaz, vapeurs)

- Plage de température d'utilisation : -200 à $450\text{ }^\circ\text{C}$
 - Auto-diagnostics (débit pulsé, colmatage, phénomènes vibratoires interférents...)
 - Certifié Atex sécurité intrinsèque ou antidéflagrant
- Yokogawa - Tél. : 01 39 26 10 00

Du DSP pour le Vortex



■ Pour sa dernière famille de débitmètres Vortex Trio-Wirl, ABB utilise un convertisseur DSP (Digital Signal Processing). Ce traitement numérique du signal à la sortie du capteur offre une immunité aux bruits de la tuyauterie ainsi

qu'une meilleure stabilité du zéro par rapport aux convertisseurs classiques. Avec une mesure de la température au cœur de la veine, il peut calculer un débit massique, pour les mesures sur vapeurs surchauffées.

- Modèle V pour les gaz et S pour les vapeurs
- Section droite amont : 3D (typiquement)
- Insensibilité aux coups de bélier

- Température du fluide : jusqu'à $400\text{ }^\circ\text{C}$
 - Sortie analogique
 - Sortie contact configurable en alarme seuil ou sortie impulsions
 - Communication numérique : protocole Hart, Profibus PA ou FF
 - Technologie 4 ou 2 fils
 - Modèle sécurité intrinsèque ou antidéflagrant
- ABB - Tél. : 01 64 47 20 00

Un transmetteur pour toutes les turbines

■ LMM Systems et Débitmétrie A & T ont développé une électronique que traite les signaux rapides issus des turbines débitométriques. Cette électronique n'est pas dédiée à un constructeur particulier de turbines.

- Compatible avec différents types de capteurs à impulsions (magnétiques, modulation de fréquence porteuse...)
 - Linéarisation du signal jusqu'à 4 000 Hz
 - Temps de réponse : 5 ms
 - Sorties : signal en fréquence, signal analogique (0-10 V, 4-20 mA), liaison série RS 232
 - Programmable via la liaison série
 - Logiciel de programmation et d'exploitation
- Débitmétrie A & T - Tél. : 04 90 79 42 90

La loi de Poiseuille pour les faibles débits



■ Alicat Scientific a développé un débitmètre dont le principe s'appuie sur la loi de Poiseuille. Celle-ci régit les écoulements laminaires pour lesquels le débit volumique est directement proportionnel à une différence de pression. Ce nouveau

8 ans d'autonomie pour l'ultrason



■ Dédié au marché de l'eau, en remplacement de débitmètres

mécaniques ou électromagnétiques, le débitmètre à ultrasons par temps de transit Sonocell de Danfoss fonctionne sur batterie et son autonomie peut aller au-delà de huit années.

- Débitmètre à manchette
- Diamètres : de 80 à 400 mm
- Incertitude : $\pm 1\%$ de la valeur mesurée
- Possibilité de télécharger les données par un collecteur de données portable via une connexion filaire ou de les transférer par une communication sans fil vers un PC, un PDA ou un téléphone mobile

Danfoss – Tél. : 01 30 62 50 76

Le Coriolis résiste aux coups



■ Krohne a revu la conception mécanique de son débit-

mètre à effet Coriolis Optimass, pour le rendre résistant aux chocs et aux vibrations. Le cylindre interne a été raccourci (20 cm) et ses extrémités ont été éloignées des brides de raccordement. L'enveloppe externe a été renforcée. De plus, des jauges de contrainte fixées sur le tube mesurent les déformations subies par le matériau et corrigent la valeur du débit mesurée.

- Plage de mesure : 950 kg/h (diamètre de 6 mm) à 430 t/h (diamètre de 80 mm)
- Incertitude : $\pm 0,1\%$ de la valeur mesurée (liquides), $\pm 0,5\%$ de la valeur mesurée (gaz)
- Température : -40 à 150 °C
- Matériau du tube de mesure : titane, Hastelloy ou acier inox

Krohne – Tél. : 04 75 05 44 00

Le ΔP fait bloc à la plaque

■ La plaque à orifice, le Manifold, le capteur de pression différentielle et le transmetteur forment un ensemble

intégré de mesure de débit. Ce débitmètre compact 405P de Rosemount (Emerson Process Management) ne nécessite pas de ligne de prises de pression supplémentaire. Et il est plus facile à monter.

- La liaison entre la plaque et le transmetteur fait moins de 30 cm.
- Les plaques ont une épaisseur de 25 mm quel que soit leur diamètre et se montent entre des brides standards à l'air de leur anneau de centrage.
- Température maximale : jusqu'à 230 °C
- Possibilité de déporter le boîtier Emerson Process Management

Tel. : 01 49 79 73 00

L'ultrason surveille ses signaux



■ Ultraflux lance sa gamme de débitmètres à ultrasons Mini-

sonic, qui utilise de nouveaux composants électroniques analogiques et numériques. Un traitement du signal ESC (Echo Shape Control) permet un contrôle des signaux en temps réel.

- Dynamique d'amplification de 89 dB
- Précision de 0,1 nanoseconde sur la mesure des temps.
- 2 sorties 4-20 mA indépendantes, relais
- Liaisons série RS au protocole Jbus ou Modbus
- Logiciel d'exploitation des mesures sur PC
- Acquisition et édition automatique des résultats
- Modèle Minisonic P à sondes non intrusives et fonctionnant sur batteries (35 heures d'autonomie)

Ultraflux – Tél. : 01 39 79 26 40

Le DEM s'adapte



■ Fuji propose une gamme de débitmètres électromagnétiques (DEM) Magneto-

flow qui en fonction du diamètre, de la nature du revêtement intérieur ou de celle des sondes peut s'adapter à une large gamme d'applications.

- Diamètres proposés : de 6 mm à 1,4 m
- Revêtements intérieurs du tube : PTFE, caoutchouc dur, caoutchouc simple, Halar

- Types d'électrodes : ANSI 316 Ti, Hastelloy C, platine
- Incertitude : 0,25 %
- Convertisseur intégré au tube (IP 65) ou déporté (IP 65 ou IP 68)

Fuji – Tél. : 04 73 98 26 98

Un Cmos dans le thermique



■ Vögtlin a développé un débitmètre massique thermique utilisant la technologie Cmos. La puce en silicium de quelques mm² prend en charge le

signal brut en sortie du capteur, l'amplifie, le numérise, le linéarise. Ce transmetteur miniature à proximité de point de mesure améliore les performances métrologiques, notamment le temps de réponse et la dynamique de mesure. Il permet aussi une simplification de la partie mécanique qui a pour vocation de maintenir le flux laminaire.

- Gamme de mesure : 1 ml/min à 1 000 l/min
- Temps de réponse : 10 ms
- Dynamique : 1 à 25 (option : 1 à 500)
- Température d'utilisation : 0 à 50 °C
- Applications : air, O₂, He, CO₂, NO_x,...
- Sortie 4-20 mA, Modbus
- Option : régulateur intégré

Sart von Rohr – Tél. : 03 89 37 79 50

Un anémomètre protégé

■ La gamme des anémomètres thermiques industriels de Hontzsch s'agrandit avec le capteur TA 10. Grâce à des matériaux de revêtement idoines, il est protégé des agressions chimiques des fluides.

- Gamme de mesure : 0,15 à 60 m/s.
- Température : -10 à 140 °C
- Pression maximale : 10 bars.
- 2 signaux de sorties analogiques (0-20 mA, 4-20 mA, 0-5V, 0-10 V)

TH Industrie - Tél. : 01 47 66 81 86

L'ultrason compte l'énergie

■ Sappel lance sur le marché un compteur d'énergie thermique à ultrasons, le Mimas. A partir du débit instantané mesuré, le calculateur

fournit différentes informations : l'énergie, le volume, la puissance.

- Tir direct
- Manchette (DN 25 à 80)
- Débit minimal : 0,012 m³/h (DN 25)
- Puissance minimale approuvée : 208 W (DN25)
- Plage de température : 0 à 150 °C
- Mesure bidirectionnelle permettant une utilisation en chauffage et en climatisation
- Version RS 232 ou M bus

Sappel – Tél. : 03 89 69 54 00

Le thermique massique est antidéflagrant



■ Magnetrol a conçu un transmetteur antidéflagrant pour ses sondes de mesure de débit massique par dispersion thermique. Ce modèle TA2 qui

peut donc s'installer en zone dangereuse a été spécifiquement développé pour répondre aux besoins de l'industrie de transformation.

- Plage de mesure : 0,13 à 250 m/s
- Incertitude : $\pm 1\%$ de la lecture
- Dynamique : 1 à 100
- Protocole de communication Hart
- Ecran d'affichage pour les mesures de débit, de débit cumulé et de température
- Sonde en Hastelloy C pour les applications en milieux corrosifs
- Agrément Atex et FM/CSA

Magnetrol – Tél. : 01 60 93 99 50

Une plaque à orifice qui s'installe facilement

■ Oriflow de Metra est une plaque à orifice compacte associée à un transmetteur et les deux prises de pression situées de part et d'autre de la plaque. La différence de pression est proportionnelle au carré du débit volumique.

- Incertitude : $\pm 0,8\%$ (étalonnage à sec), $\pm 0,6\%$ (étalonnage à eau)
- Température des fluides : -40 à 70 °C
- Raccordement : DN 50 à 1 000
- Nombre de Reynolds : 5 000 à 10⁸
- Agrément ATEX : Eex ia IIC T6

Metra – Tél. : 03 87 31 83 40

Le Doppler se fixe sur la conduite

■ Le débitmètre à effet Doppler *Greyline PDFM IV* mesure le débit de liquides au travers de la conduite. La sonde se bride à l'extérieur, sans aucune intrusion dans la conduite.

- Plage de mesure : 0,08 à 12,2 m/s
- Tailles des canalisations : entre 25 et 4 500 mm (en standard)
- Incertitude : $\pm 2\%$ de la pleine échelle
- Enregistreur intégré : 50 000 mesures horodatées
- Totalisateur
- Analyse et réduction du bruit
- Applications : liquides chargés de particules ou de bulles de taille supérieure à 100 μm et en concentration minimale de 75 ppm

Martec – Tél. : 0146237909

Le Coriolis mesure aussi la viscosité



■ On sait depuis longtemps que le débitmètre à effet Coriolis est capable de mesurer le

débit massique, le débit volumique, la densité et la température. Le Pro-mass 831 d'*Endress + Hauser* mesure aussi la viscosité. Celle-ci est en effet

liée aux forces de cisaillement du fluide qui amortissent l'oscillation du tube du débitmètre. Ainsi, la viscosité peut être déterminée en mesurant la puissance requise pour maintenir une certaine oscillation au tube.

- Fluides newtoniens ou non newtoniens
- Incertitude sur la mesure de viscosité : $\pm 5\%$
- Reproductibilité sur la mesure de viscosité : 0,5 %
- Monotube droit
- Compatible NEP/SEP
- Agréments 3A et EHEDG

Endress + Hauser – Tél. : 0825880220

L'ultrason communique par infrarouge



■ Pour son débitmètre à ultrasons PT878 à temps de transit *Panametrics* utilise une liaison sans fils entre les sondes et le transmetteur. Près de 100 000 données peuvent être mémorisées et être ensuite transférées par un port infrarouge.

- Mesures sur des liquides
- Sondes non intrusives qui se fixent à l'extérieur de la conduite
- Diamètres des conduites : 25 mm à 7,5 m

- Dynamique de mesure : de 1 à 4 000
- Boîtier étanche IP67
- Vitesse, débit, énergie et totalisations
- Batterie rechargeable (10 heures d'autonomie)
- Jauge d'épaisseur intégrée (pour mesurer l'épaisseur de la paroi)

Panametrics - Tél. : 0147824281

Un Coriolis pour les petits débits



■ *Bronkhorst* a développé la série d'instruments Cori-Flow qui utilise le principe Coriolis

pour mesurer les débits massiques sur les liquides ou sur les gaz. Ils sont destinés à répondre aux mêmes applications que les débitmètres thermiques sur les faibles débits et les petits diamètres. Il ne nécessite pas de connaître les caractéristiques du fluide (comme la chaleur spécifique).

- 4 modèles couvrant des gammes de 0 à 500 g/h à 0 à 500 kg/h
- Incertitude : $\pm 0,1\%$ de la pleine échelle, $\pm 0,2\%$ de la lecture
- Option : vanne de contrôle intégrée
- Option : sortie analogique ou numérique (RS 232, Profibus DP, DeviceNet)

Instrutec Bronkhorst – Tél. : 0134508700

Débitmètre à déplacement positif

■ La double hélice à trois lobes du compteur volumétrique *Vector de Flow Technologie* a été conçue pour minimiser les pertes de charge. Elle permet ainsi au débitmètre d'être utilisé sur les liquides de faible ou de haute viscosité.

- Débit maximal : 2 650 l/min
- Viscosité : jusqu'à 10 000 cP
- Diamètres disponibles : entre 1 et 4"
- Incertitude : $\pm 0,1\%$
- Pression maximale : 70 bar
- Température maximale : 235 °C

HTDS – Tél. : 0164862828

Le compteur aime la colle et le miel



■ *Bürkert* a développé le compteur volumétrique 8075 spécialement pour la mesure sur des fluides à

grande viscosité comme la colle, les produits lessiviels, l'huile, le miel etc. Il repose sur le principe de mesure par roues ovales.

- Viscosité maximale : 1 000 cP
- Plage de débit : 1 l/h jusqu'à 350 l/min en DN50
- Version dosage de fluides

Bürkert - Tél. : 0388589111