

trait d'union

10 Proline Promass Q –
Gaz entraînés

Technologie innovante.

7 Webinaires gratuits sur
l'automatisation de procédés

Posez des questions, recevez
les réponses !

4 Installations Endress+Hauser d'Edmonton

Inauguration



Sommaire

4 Installations Endress+Hauser d'Edmonton

Les points saillants de l'inauguration, le 2 juin 2017.



10 Proline Promass Q – Gaz entraînés

Une technologie innovante pour l'utilisation des débitmètres Coriolis en présence de gaz entraînés.



18 Webinaires gratuits

Participez à nos webinaires gratuits sur l'automatisation de procédés. Posez des questions, recevez les réponses !



19 E-Direct

Des produits de qualité achetés facilement en ligne.

Foires commerciales 2017

19 et 20 juillet	Rockwell Automation On The Move, Toronto Congress Centre, ON
15 au 18 octobre	Atlantic Canada Water & Wastewater Association, Charlottetown, PEI
19 et 20 octobre	Northwestern Ontario Water & Wastewater Conference, Thunder Bay, ON
24 octobre	CsHm Grand Prairie, AB

Communiquez avec nous

Pour les dernières mises à jour, les manifestations et les nouvelles concernant l'automatisation de procédés, venez nous rejoindre sur nos réseaux sociaux. Visitez Endress+Hauser Canada Ltée sur Facebook, Twitter et LinkedIn.

 facebook.com/EndressHauser

 twitter.com/Endress_CA

 linkedin.com/company/endress-hauser-group

 instagram.com/endress_ca

À nos chers amis, clients et partenaires commerciaux

Cher lecteur,

Les six premiers mois de l'année ne sont plus qu'un souvenir. Nous attendons avec impatience les beaux jours et les températures plus clémentes. Voilà qui est fait : nous sommes en été. Le deuxième trimestre de 2017 a encore été marqué des défis du premier. Nous avons travaillé dur pour améliorer le service à nos clients en simplifiant nos procédures pour être plus efficace et efficient.

Cet engagement est un périple de chaque jour plutôt qu'une simple destination. Nous évaluons activement et réorientons nos méthodes visant à satisfaire nos clients de la manière la plus efficace et rapide qui soit. Notre but est immuable : éliminer l'inefficacité et le gaspillage qui n'offrent pas de valeur ajoutée à votre réussite.

Dan ce numéro, nous présentons un livre blanc sur une technologie innovante utilisée dans les débitmètres Coriolis dans des conditions de procédé avec gaz entraînés. Voyez comment notre Promass Q atténue de telles conditions et apporte des avantages à vos procédés.

Une partie importante de ce numéro traite de la récente inauguration de nos installations à Edmonton. C'est au moment où l'économie de l'Alberta faisait face à de nombreux défis qu'Endress+Hauser a choisi de donner le feu vert à un investissement de 12 millions \$ à Edmonton et à la région dans son ensemble. Nous sommes en Alberta pour longtemps encore. Notre centre régional de service à la clientèle est devenu une réalité qui fonctionne. Dans les pages suivantes, vous découvrirez comment nous pouvons travailler ensemble pour élaborer des cours et/ou offrir une formation spécifique adaptée à vos besoins.

À mesure que l'année avance, n'oubliez pas qu'il existe plus d'une façon de nous connaître. Pour les férus des réseaux sociaux : connectez-vous à Endress+Hauser sur LinkedIn, Twitter et Facebook. Vous pouvez vous tenir au courant de notre travail, de nos événements clients et autres développements commerciaux au cours de l'année. Maintenant que vous avez travaillé pendant cette première moitié de l'année à atteindre vos objectifs et priorités, ayez confiance en nous pour vous aider à devenir aussi efficace et compétitif que possible.

Cordialement,
Le président-directeur général,



Anthony Varga





Le Centre régional de service à la clientèle comprend un bureau régional avec entrepôt, un laboratoire de calibration de débitmètres, un centre de formation en procédés qui incorpore un programme de formation avec une usine de procédés en miniature offrant aux techniciens de service sur site et aux ingénieurs une expérience d'apprentissage unique, à l'aide de simulations de vie réelle et des programmes spécialisés.

Endress+Hauser inaugure des installations de classe mondiale à Edmonton



Journée d'inauguration le 2 juin 2017

Nous aurions dû avoir une journée ensoleillée et douce pour l'inauguration du Centre régional d'Edmonton, mais la météo en a décidé autrement. La journée a commencé grise, avec vent et pluie, autrement dit un jour typique de printemps en Alberta. Allions-nous subir cela au cours de l'inauguration de nos installations de classe mondiale à Edmonton ?

En cas de mauvais temps, il avait été prévu d'abriter nos invités et personnalités sous de grandes tentes, avec café et petits-déjeuners pour les réchauffer. Le podium avait été surmonté d'une tente et les haut-parleurs enveloppés de plastique. Nous nous étions résignés à subir les intempéries, lorsque l'un de nos collègues d'Alberta nous rappela que « Si vous n'aimez pas le temps qu'il fait ici..., cela passera. » C'est ainsi en Alberta.



Geoff Watson, directeur régional des ventes pour l'Ouest du Canada et maître des cérémonies

Déclarations officielles

L'équipe de direction d'Endress+Hauser prenait sa place au podium et se préparait à s'adresser aux plus de 130 personnes présentes. Le vent et la pluie continuaient de plus belle. Malgré le mauvais temps et l'heure matinale, l'invitation précisait 9 h 30, le public était très nombreux. Depuis les dignitaires de la ville d'Edmonton, jusqu'aux amis, partenaires et clients qui avaient été invités, tous supportaient bravement les intempéries en ce début de cérémonie. L'Ouest canadien typiquement...

Geoff Watson, directeur général des ventes pour l'Ouest du Canada donna le coup d'envoi. Il souhaita la bienvenue aux participants et les remercia sincèrement de braver les éléments et de s'être déplacés pour se joindre à nous, à Edmonton. Il présenta ensuite le programme de la journée, en précisant qu'après les allocutions de Todd Lucey,



Todd Lucey, directeur des ventes pour l'Amérique du Nord



Anthony Varga, p.-d.g. pour le Canada

directeur des ventes pour l'Amérique du Nord, et d'Anthony Varga, directeur général pour le Canada, M. Matt Altendorf, P.-D.G. mondial, couperait le ruban et dévoilerait la sculpture commémorative. De là, les invités seraient placés à divers points de rassemblement dans l'édifice. À partir de ces points, des groupes seraient accompagnés par des guides pour visiter les nouvelles installations. À des arrêts prévus, nos invités avaient la possibilité de rencontrer les membres du personnel d'Edmonton pour s'informer de leur rôle et de leur contribution à l'engagement de fournir aux clients des produits valorisants.

Todd Lucey prit ensuite le micro pour remercier encore une fois les invités d'être présents dans de telles conditions atmosphériques défavorables. Todd expliqua ensuite l'importance de ces nouvelles installations et fit l'historique de l'implantation d'Endress+Hauser en Amérique du Nord. Il insista sur notre engagement à long terme au service des industries et des effectifs de l'Alberta. Après les dix minutes prises par Geoff et Todd, le micro était passé à Anthony Varga qui, en tant que président-directeur général



Todd Lucey, Anthony Varga, Jasmine Schellenburg et Matt Altendorf lors de la coupure du ruban.



Matt Altendorf s'adresse au public.

d'Endress+Hauser Canada, mit l'accent sur l'importance d'une planification à long terme des partenariats et investissements, en ce qui concerne l'Alberta, ses industries et ses travailleurs, et sur l'ensemble du Canada. M. Varga fit remarquer qu'un invité bien spécial se trouvait dans l'assistance.

En effet, parmi les participants courageux qui s'abritaient sous la tente en face du podium, se trouvait une actionnaire, membre de la famille Endress. Quel honneur d'avoir eu parmi nous Mme Jasmine Schellenburg (fille du fondateur de l'entreprise, Georg Endress) venue tout spécialement de la Colombie-Britannique. La famille Endress s'est toujours engagée à investir dans l'entreprise et à soutenir l'inauguration de nouvelles installations ultra-modernes. Il y eut des applaudissements fournis à la ronde lorsque M. Varga révéla sa présence sous la tente et la présenta au public. À la fin de son discours, Anthony présentait Matt Altendorf, P.-D.G. mondial d'Endress+Hauser. M. Altendorf prit la parole et relata ses expériences personnelles gagnées au cours de ses visites au Canada au tout début de l'implantation d'Endress+Hauser dans notre pays. Il donna ensuite quelques détails sur l'historique d'Endress+Hauser, surtout en ce qui concerne le Canada. Bien que ciblés, ses propos étaient délibérément ouverts et pleins d'humour. Son discours fut émaillé de sourires et de rires des participants.

Coupure du ruban

À la clôture de son discours, M. Altendorf a invité Todd Lucey, Anthony Varga et Mme Jasmine Schellenburg à se joindre à lui pour la cérémonie de coupure du ruban.

Les discours officiels d'ouverture étant presque terminés, il ne restait plus qu'une formalité à remplir avant d'accompagner les visiteurs dans les nouvelles installations.

Comme il est de coutume dans la famille Endress à chaque inauguration de nouvelles installations, un cadeau commémoratif est traditionnellement érigé à l'entrée principale. Ce cadeau s'appelle « Loyalty Wheel » (« Roue de



Todd Lucey, Geoff Watson, Anthony Varga, Jasmine Schellenburg et Matt Altendorf autour de la *Roue de la loyauté*.

la loyauté »). Matt Altendorf pria Geoff Watson et Anthony Varga de dévoiler la Roue, pendant qu'il expliquait son importance et sa portée.

La roue comporte trois sections : La première représente les employés d'Endress+Hauser, la deuxième représente les clients, tandis que la dernière représente l'innovation et la collaboration. Lorsque ces trois sections fonctionnent bien ensemble, il en résulte croissance et succès pour tous ceux qui y sont représentés. Après le dévoilement de la roue, des photos furent prises de l'équipe de direction.

Visites et présentations

Une courte pause de vingt minutes, suivant les cérémonies officielles d'inauguration, laissa à tout le monde assez de temps pour prendre un café et rejoindre leur groupe respectif.

Sept stations étaient prévues dans les nouvelles installations, à travers lesquelles passaient les invités, dirigés par leur guide d'un jour. À chacun de ces arrêts, un bref exposé leur était présenté. Ces exposés servaient à décrire les divers aspects de notre entreprise avec l'accent sur l'objectif commun d'ajouter de la valeur aux entreprises

de nos clients. Les participants étaient encouragés à participer à ces présentations en posant des questions de manière ouverte et informelle.

Les sujets de ces discussions comprenaient nos connaissances en service, le partenariat avec Rockwell Automation, nos compétences numériques et notre centre de formation en instrumentation pour procédés, pour n'en nommer que quelques uns.

Il était apparent à tous ceux et celles qui s'occupaient des visites et des exposés, que nos clients et invités étaient tout aussi intéressés à mieux nous connaître, qu'à connaître seulement la gamme de nos produits et services. Quelle belle façon de découvrir notre entreprise et nos objectifs.

Comme pour tous les événements Endress+Hauser, une partie importante de notre planification était d'assurer le bien-être de nos clients et invités pendant leur séjour chez nous. Et pour cela, une autre grande tente avait été installée à côté de l'édifice, où un déjeuner leur était servi.

Et c'est là que le dicton « Après la pluie le beau temps ! » s'est avéré réalité.





Les visites guidées à peine terminées, la météo s'améliorait nettement : le vent était tombé et les nuages et la pluie disparaissaient pour nous rendre un ciel bleu. En moins d'une heure, nous profitions d'une journée chaude et ensoleillée à Edmonton. L'attente en valait la peine. Et, fidèle au modus vivendi Endress+Hauser, nous avons profité de ce changement de temps pour offrir à nos invités une dernière surprise... de la crème glacée artisanale, un beau geste du nouveau centre régional de service à la clientèle et formation d'Edmonton.

Il va sans dire que la crème glacée arrivait à point, en même temps que le beau temps ! Pour beaucoup, une seule portion ne suffisait pas !

Le centre de formation pour procédés d'Edmonton

L'un des grands moments de la visite des installations a été l'arrêt au PTU (Unité de formation pour procédés).

Cette unité possède des procédés grandeur nature montés sur patins, avec instrumentation et contrôles en ligne. Les clients peuvent ainsi acquérir une expérience pratique pour toutes sortes d'exploitations, de diagnostics et de dépannages que l'on trouve dans les usines de procédés réelles. Cela va bien au-delà des formations obtenues en salle de classe.

Ces « mini-usines » entièrement fonctionnelles regroupent des instruments Endress+Hauser équipés du système



d'automatisation de procédés PlantPAx de Rockwell Automation. Ces mini-usines sont conçues dans le but de former des techniciens de terrain et des ingénieurs en offrant une expérience d'apprentissage unique, grâce à des simulations de la vie réelle et des expériences pratiques. C'est ainsi que l'on peut réellement apprendre à choisir, appliquer et améliorer les performances d'une instrumentation de mesure.

Nos trousseaux de formation ne se limitent pas seulement aux activités en laboratoire ou en classe, mais se trouvent également élargies pour inclure une formation en ligne et sur site. Nous pouvons même montrer aux clients comment arriver à une approche mixte.

Dans nos cours de formation, il est possible de se familiariser avec les procédures d'application, d'installation et d'exploitation de tout type d'instrumentation et de contrôle de procédés. Des protocoles de communication variés sont pleinement opérationnels, dont EtherNet/IP^{MC}, HART^{MD}, PROFIBUS^{MD} PA et FOUNDATION^{MC} Fieldbus. Le PTU est vraiment surprenant et prouve la valeur de nos investissements, capacités et synergie avec Rockwell Automation.



Trouvez les cours de formation pratique

qu'il vous faut et inscrivez-vous sur www.ca.endress.com/ptu ou bien appelez-nous au 1 800 668 3199.

LIVRE BLANC

Proline Promass Q – Gaz entraînés

Une technologie innovante pour la mesure de débit Coriolis en présence de gaz entraînés

Par H. Zhu, A. Rieder, Endress+Hauser Flowtec AG (Freising, Allemagne)



Les débitmètres massiques Coriolis ne sont en général utilisés que sur des fluides à phase unique, c.-à-d. liquide ou gaz, car il a été vérifié que leur précision peut être perturbée par des débits diphasiques, comme par exemple avec présence de gaz entraînés dans un flux liquide. Il est maintenant connu qu'il existe plusieurs sources d'erreur, parmi lesquelles la compressibilité considérablement augmentée par les gaz entraînés qui apporte le plus de difficultés lorsque des débitmètres Coriolis sont utilisés sur le terrain. Les auteurs ont développé un nouveau capteur Coriolis associé à une technologie innovante, la Multi-Frequency Technology (MFT), qui peut compenser les erreurs introduites par l'augmentation de la compressibilité d'un flux avec gaz entraînés.

Le nouveau capteur Coriolis Endress+Hauser fournit une plate-forme originale qui permet l'excitation fiable à un mode naturel plus élevé du tube de mesure, en plus du mode de fonctionnement de base. Soumis à des fréquences différentes, le même fluide diphasique dans le tube de mesure peut subir des influences différentes dans les modes primaire (de base) et auxiliaire (mode de tube le plus haut). En analysant la réponse vibrationnelle du fluide diphasique aux deux fréquences, il est possible d'obtenir la propriété unique de résonance de ce mélange en vue de compenser les erreurs de mesure induites.

Dans ce rapport est présenté le principe de mesure Coriolis pour la mesure d'un débit avec gaz entraînés. Le principe fondamental de la MFT est ensuite expliqué en détail. Des mesures obtenues dans deux laboratoires indépendants sont données pour prouver les avantages de cette technologie.

Introduction

Les débitmètres Coriolis sont largement acceptés et utilisés par de nombreuses industries, à cause de leur haute fiabilité et de leur précision dans la mesure des densités et des débits massiques. Dans le cas des débits massiques, il est possible d'atteindre une précision de mesure de $\pm 0,1\%$ ou même $\pm 0,05\%$, tandis que pour les densités, l'écart est de $\pm 0,2\text{ kg/m}^3$. Ces performances sont avancées par certains fabricants sous des conditions de référence. Le net avantage du principe de mesure Coriolis comparé aux autres est que le débitmètre massique Coriolis mesure le véritable débit massique, tandis que la plupart des autres mesurent les débits volumiques, autrement dit les vitesses d'écoulement.

Les avantages cités des débitmètres massiques Coriolis proviennent surtout du principe de mesure reposant sur la force de Coriolis qui est générée lorsqu'un objet sur un corps en rotation se rapproche ou s'éloigne du centre de rotation. Cette force est proportionnelle à l'inertie de l'objet et est perpendiculaire à la fois à la vitesse de l'objet et à l'axe de rotation du corps. En général, un débitmètre massique Coriolis comprend un ou plusieurs tubes de mesure qui dans le commerce peuvent avoir plusieurs formes, avec un boîtier protégeant l'intérieur ainsi que d'autres composants montés sur le tube, comme la bobine d'excitation du tube et les capteurs qui détectent les mouvements du tube, tel qu'illustré dans la figure 1. Dans un débitmètre Coriolis, la rotation induite par l'oscillation du tube de mesure combinée à l'écoulement du produit qui y est contenu produisent l'effet Coriolis.

Cela se manifeste par une distorsion asymétrique du tube. Étant donné que le débit massique est proportionnel à l'amplitude de cette déformation, il peut être calculé en mesurant physiquement la déformation à l'aide de deux capteurs placés à l'entrée et à la sortie du tube. En plus du débit massique, les débitmètres Coriolis donnent une mesure précise de la densité en enregistrant la fréquence de résonance du tube de mesure. Dans le cadre de

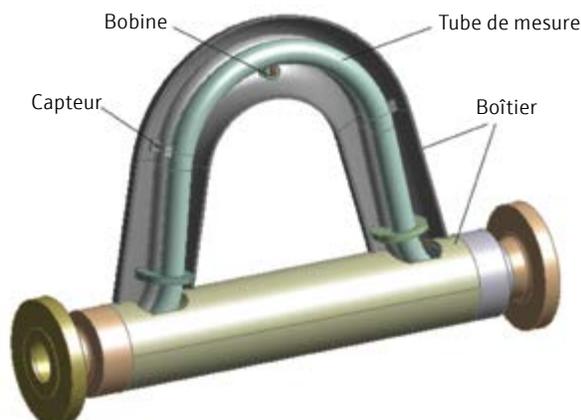


Fig. 1 : Vue interne d'un débitmètre Coriolis.

l'efficacité énergétique, le tube est excité en permanence à sa fréquence naturelle qui est définie par les propriétés du tube et de la densité du fluide qu'il contient. Cette corrélation s'utilise ainsi pour calculer la densité du fluide.

En pratique, les débitmètres Coriolis ne sont utilisés que pour les fluides à phase unique, c'est-à-dire des liquides ou des gaz seulement car leur précision peut être perturbée par l'existence de gaz entraînés dans un écoulement liquide. Un certain nombre de recherches ont été déjà effectuées pour comprendre pourquoi des erreurs s'introduisent dans la mesure de débit par des appareils Coriolis, en présence de gaz entraînés. Il est maintenant connu que les erreurs proviennent de plusieurs sources, parmi lesquelles *l'effet de bulle* [1] et *l'effet de résonateur* [2, 3, 4] (qu'on appelle aussi l'effet de compressibilité [5]) sont les plus courantes à affecter la débitmétrie Coriolis.

Problèmes associés aux gaz entraînés

Effet de bulle

La théorie de l'effet de bulle a été développée et plus tard a également inclus la théorie de la bulle visqueuse par Hemp et al [1]. L'explication de l'effet de bulle est tout simplement qu'une bulle de gaz dans le tube de mesure d'un débitmètre massique Coriolis ne suit pas exactement les oscillations du liquide environnant, avec la même amplitude, si le liquide ne « retient » pas bien la bulle. Cela est dû à la différence entre la densité ρ_g du gaz et celle ρ_l du liquide, qui produit un écoulement secondaire (fig.1) autour de la bulle, qui induit alors un mouvement relatif entre la bulle et le liquide. Ce mouvement relatif induit un écoulement secondaire (fig. 2) autour de la bulle et produit un effet d'inertie différent de celui utilisé par le débitmètre Coriolis pour mesurer le débit massique. Dans de telles conditions, il est possible de prouver que l'amplitude d'oscillation de la bulle u_g est plus importante, mais en phase avec celle du tube de mesure ou du liquide u_l . L'écoulement secondaire correspondant autour de la bulle est généralement dans la direction opposée à celle de la vibration du tube. Par conséquent, une partie de l'inertie du liquide, qui devrait être ressentie par la paroi du tube pour un écoulement particulier, se trouve perdue.

Cela conduit à une sous-évaluation de la densité et du débit massique réels de la phase liquide.

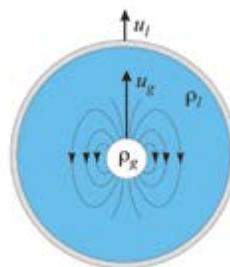


Figure 2. Mouvement d'une bulle dans un tube de mesure rempli de liquide.

Dans des conditions idéales de « bulles libres », où le liquide n'a pas d'effet de « captage » pendant l'oscillation du tube, l'on peut déduire que l'erreur due à l'effet de bulle sur les mesures de débit massique et de densité est donnée par l'équation :

$$E_{\rho, \dot{m}}^{\text{bulle}} = \frac{-2\alpha}{1-\alpha}, \quad (1)$$

où α est la fraction de vide du gaz (FVG). Il est évident que l'effet de bulle introduit la même erreur négative, à la fois dans les mesures de densité et de débit massique. S'il n'y a que des bulles libres idéales et si la densité du liquide est connue, la FVG peut être estimée à partir de la diminution de la densité mesurée par le débitmètre Coriolis, comparée à la densité du liquide. L'erreur de l'effet de bulle peut alors être compensée pour les mesures de débit massique et de densité. Cependant, des résultats positifs ne peuvent être obtenus qu'en laboratoire seulement, où des bulles idéales sont créées artificiellement en injectant de l'air ou de l'azote dans un écoulement d'eau. En pratique cependant, les problèmes associés aux bulles sont plus complexes. L'une des raisons est que les liquides ne sont pas toujours exempts des effets de captage sur l'oscillation des bulles. Par exemple, les viscosités de certaines huiles sont bien plus élevées que celle de l'eau, ou encore, la grosseur des bulles produites par un procédé émettant des gaz est bien trop petite pour qu'elles soient libres en oscillation. Selon la théorie des bulles visqueuses de Hemp, un coefficient de rétention est défini par les auteurs comme étant le degré de « liberté » d'une bulle dans un liquide soumis à une oscillation. Ce coefficient est donné par l'équation :

$$\delta = \sqrt{\frac{\mu}{d^2 f \rho_l}}, \quad (2)$$

où μ = viscosité du liquide, d = diamètre de la bulle, f = fréquence d'oscillation et ρ_l = densité du liquide. De par cette définition, le ratio d'amplitude J , qui est défini comme étant le ratio u_g/u_l , est représenté dans la fig. 3 en fonction de δ .

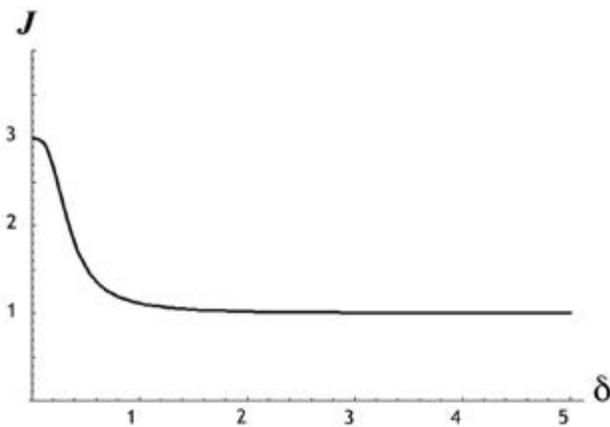


Figure 3 : Ratio d'amplitude en fonction de δ

Ainsi, un ratio d'amplitude de 1 signifie que la bulle suit exactement l'oscillation du liquide et qu'il n'existe pas d'erreur due à l'effet de bulle. Ces types de bulles s'appellent « bulles en suspension » dans ce rapport. Un ratio d'amplitude de 3 correspond à une bulle libre idéale qui introduit une erreur de mesure calculée par l'équation (1). Un ratio d'amplitude entre 1 et 3 est une zone de transition entre « bulles en suspension » et « bulles libres », où il devient difficile de compenser l'effet de bulle, car la valeur exacte de δ peut varier au cours du temps et en fonction des conditions de procédé. Ce qui est le cas dans les applications réelles. L'équation (2) montre que δ est influencé le plus par la viscosité du liquide et par la grosseur des bulles qui peuvent varier considérablement comparé à la densité du liquide et à la fréquence d'oscillation du tube.

Bien qu'il soit difficile de calculer δ pour les bulles libres, il est beaucoup plus facile de les séparer que de séparer les bulles en suspension. Ces bulles libres, qui le sont à cause de leur grande taille ou d'une viscosité réduite du liquide, ont tendance à s'échapper/se séparer de la phase du liquide véhiculaire. C'est pourquoi, la meilleure façon d'éviter l'erreur de l'effet de bulle est de bien concevoir le procédé, afin d'éliminer ou de réduire sensiblement l'entraînement de bulles dans un écoulement dont le débit doit être mesuré avec un débitmètre Coriolis. Ceci peut être réalisé en adaptant des mesures pratiques, comme le maintien de niveaux suffisants dans les réservoirs pour éviter l'aspiration de gaz, l'installation de purgeurs d'air ou de réservoirs de décantation, afin d'éliminer les grosses bulles. Il est également possible de maintenir une contre-pression assez élevée au débitmètre ou une perte de pression assez basse en amont du débitmètre, afin d'éviter ou d'enrayer un dégagement de gaz important dans le procédé. De plus, une pression ou une vitesse d'écoulement élevées aident à comprimer les bulles ou réduire leur grosseur afin d'obtenir des bulles en suspension.

Effet de résonateur

Comparées aux bulles libres, les bulles en suspension sont beaucoup plus difficiles à éliminer du procédé. Bien qu'elles n'apportent aucune erreur d'effet de bulle, elles introduisent tout de même un effet de résonateur par suite de la compressibilité considérablement plus élevée, donnant lieu à des erreurs dans les mesures de densité et de débit massique. Il a été constaté que les bulles en suspension causent le plus d'ennuis aux débitmètres Coriolis utilisés sur le terrain.

Une explication détaillée de l'effet de résonateur est donnée dans la référence [2]. À toutes fins pratiques, ses causes premières et son traitement théorique sont donnés brièvement encore une fois dans ce rapport. En fait, la vitesse du son dans un liquide diminue considérablement, même si une petite quantité de gaz y est mélangée. Cette vitesse du son considérablement diminuée, réduit à son tour la fréquence de résonance du mélange dans le tube

qui approche la fréquence d'excitation du tube oscillant et provoque un effet de résonateur (hors de résonance) qui ne peut être négligé au cours des mesures.

Si l'on considère la vitesse du son dans un fluide diphasique, l'équation suivante donne la relation entre la FVG et la pression :

$$c = \left(\frac{\alpha}{c_g^2} + \frac{(1-\alpha)^2}{c_l^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)\rho_l}{\gamma p} \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

où γ = constante adiabatique, P = pression, C = vitesse du son dans le mélange, C_g = vitesse du son dans le gaz et C_l = vitesse du son dans le fluide. La figure 4 montre le taux de diminution de la vitesse du son en introduisant de l'air dans l'eau. Pour un milieu diphasique idéal, et en supposant que la phase gazeuse est uniformément répartie dans la phase liquide, la fréquence de résonance acoustique du tube de mesure peut être calculée à partir du mode de résonance acoustique la plus basse (onde stationnaire, demi-longueur d'onde environ dans le tube) de la section transversale du tube, selon l'équation suivante :

$$f_0 = c \frac{\lambda_1}{2\pi R_0}, \quad (4)$$

où $\lambda_1 = 1,842$ et R_0 = rayon du tube de mesure.

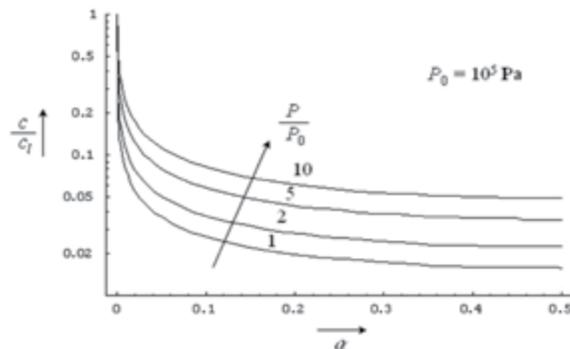


Figure 4: Vitesse du son vs FVG et pression

Une fois la fréquence de résonance obtenue, il est possible de calculer quantitativement l'influence de l'effet de résonateur sur les mesures de densité et de débit massique obtenues par le débitmètre Coriolis. Ou plus simplement, les erreurs de mesure de densité et de débit massique introduites par l'effet de résonateur peuvent être calculées comme suit :

$$E_\rho^{\text{res}} = \left(r_0 + r_1 \frac{1}{1 - \frac{f^2}{f_0^2}} \right) - 1, \quad (5)$$

$$E_m^{\text{res}} = k_{\text{res}} E_\rho^{\text{res}}, \quad (6)$$

où k_{res} est le coefficient multiplicateur de l'erreur de débit pour obtenir l'erreur de densité. Ce coefficient a une valeur approximative de 2 mais peut être plus

précisément calculé par la méthode décrite dans [2]. r_1 (= 0,837) est la partie de la masse du fluide dans le tube de mesure qui est active pour le modèle de résonateur en discussion, tandis que r_0 (= 0,163) est la partie inactive. Une explication détaillée est fournie dans [2]. Les équations (5) et (6) montrent qu'étant donné que la fréquence d'excitation du tube est en général bien au-dessous de celle de la résonance acoustique, l'effet de résonateur introduit presque toujours des erreurs de mesure positives, ce qui est le contraire de l'effet de bulle. Bien qu'une fréquence d'excitation plus basse aboutisse à une plus petite erreur due à l'effet de résonateur, selon les équations (5) et (6), la dimension physique finie d'un débitmètre Coriolis démontre que les plus basses fréquences d'excitation sont toujours de l'ordre de 100 Hz. De plus, pour une fréquence d'excitation donnée, un tube de mesure de plus gros diamètre entraîne une fréquence de résonance f_0 plus basse du fluide dans le tube de mesure et, par conséquent, un effet de résonateur plus important, selon les équations (4) et (5). Cela signifie que les plus gros débitmètres sont plus enclins à être perturbés par l'effet de résonateur et il est inutile, et même impossible, de les concevoir avec des fréquences extrêmement basses (quelques Hz seulement) pour éliminer les erreurs que cet effet de résonateur pourrait introduire.

Technologie des multi-fréquences (MFT)

Pour compenser les erreurs de mesure introduites par l'effet de résonateur, la technologie MFT a été étudiée et développée sur la base des propriétés vibratoires du capteur Coriolis et ce développement a même été poursuivi pour tenir compte de la compensation à deux modes proposée dans [2]. Lorsqu'un débitmètre Coriolis mesure un liquide contenant des bulles en suspension, l'écart de mesure de la densité est donnée par :

$$E_\rho^{\text{res}} = \frac{\rho_a - \rho}{\rho}, \quad (7)$$

où ρ_a = densité mesurée du mélange di-phasique et ρ = densité réelle. En combinant les équations (5) et (7) l'on obtient :

$$\rho_a = \rho \left(r_0 + r_1 \frac{1}{1 - \frac{f^2}{f_0^2}} \right). \quad (8)$$

Un capteur Coriolis conventionnel oscille généralement au premier mode naturel du tube de mesure, qui est un mode de flexion, tel qu'illustré dans la figure 5 (une moitié seulement est montrée). Par conséquent, une seule équation, l'équation (8) peut être établie, ce qui n'est pas suffisant pour calculer les deux inconnues, ρ et f_0 .

Au cours de développement du nouveau capteur (Promass Q), les auteurs se sont efforcés d'assurer que l'oscillation du

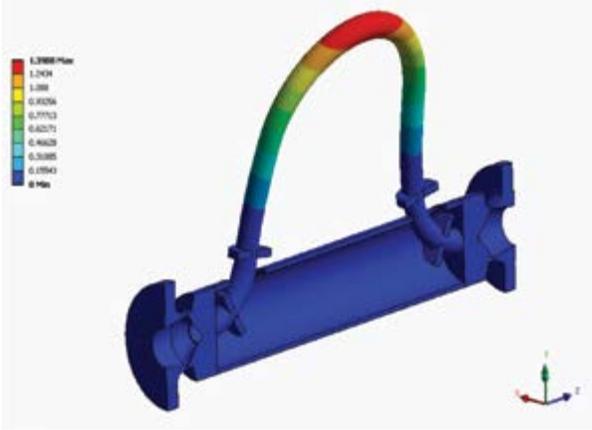


Fig. 5 : Déformée modale du premier mode naturel en simulation numérique.

tube de mesure est non seulement bien équilibrée dans le mode de fonctionnement de base mais également pour un mode plus élevé, le troisième mode du tube de mesure, tel qu'illustré dans la figure 6. Le bon équilibrage des oscillations du tube est essentiel à la conception d'un débitmètre Coriolis afin d'assurer que la vibration du tube est bien isolée du raccord de procédé externe.

Une mesure de densité fiable peut alors être réalisée avec le troisième mode qui fournit une valeur de densité ρ_{a3} indépendante de celle du premier mode et qui peut donc donner des renseignements supplémentaires sur les propriétés de résonance du fluide. Il est préférable de privilégier le troisième mode du tube au lieu du deuxième, parce que le deuxième mode du tube est antisymétrique par rapport à l'excitateur, de sorte que ce mode ne peut pas être excité par l'excitateur existant, montré dans la fig. 1. En plus de déformée modale, le troisième mode se distingue du mode de fonctionnement de base par sa bien plus haute fréquence de résonance, en général par un facteur de 5 ou 6. Il convient de noter que les deux modes de tube peuvent être simultanément entraînés par le même générateur de vibrations. Les mouvements mécaniques et les signaux correspondants des deux modes se trouvent être superposés. Grâce à l'électronique moderne développée à cet effet, le signal combiné peut être traité simultanément et deux propriétés vibratoires indépendantes peuvent être obtenues en conséquence.

Avec le même fluide diphasique mis en vibration à deux fréquences, deux équations similaires à l'équation (8) peuvent être établies comme suit :

$$\rho_{ai} = \rho \left(r_0 + r_1 \frac{1}{1 - \frac{f_i^2}{f_0^2}} \right), \quad (9)$$

où $i = 1$ et 3 , correspondant respectivement au premier et troisième mode du tube de mesure. Avec ces deux équations, il est possible de déterminer la propriété de

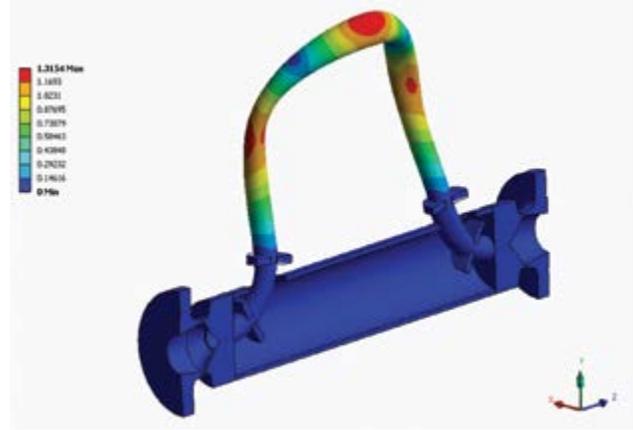


Fig. 6 : Déformée modale du troisième mode naturel en simulation numérique.

résonance unique du gaz entraîné dans le tube de mesure. Autrement dit, les deux inconnues ρ et f_0 peuvent être calculées. Par conséquent, le premier paramètre mesuré, qui se trouve être la densité du liquide diphasique insensible à l'effet de résonateur, est déjà obtenu. Avec f_0 connue, l'écart de mesure du débit massique causé par l'effet de résonateur, peut être calculé grâce aux équations (5) et (6). Une fois l'écart de mesure du débit massique calculé, le débit massique réel \dot{m}_a mesuré par l'appareil peut alors être compensé en conséquence par l'équation suivante :

$$\dot{m} = \frac{\dot{m}_a}{E_m^{res} + 1}, \quad (10)$$

Comme f_0 est obtenu à partir de la MFT, il est facile de calculer la vitesse du son à l'aide de l'équation (4), car le rayon du tube de mesure est connu. Cela est non seulement possible pour un liquide avec gaz entraîné, mais également pour un gaz pur. Des travaux de recherche menés par les auteurs ont montré que la vitesse du son dans différents gaz peut être mesurée avec MFT, à condition que l'effet de résonateur du gaz puisse introduire une différence suffisante entre les densités apparentes mesurées respectivement par le premier et troisième mode du tube de mesure. En général, cela peut être réalisé en employant une pression suffisamment élevée (par ex. ≥ 5 barg). Mais comme cela ne concerne en rien le sujet de ce rapport, aucun autre détail ne sera donné.

Application de la MFT

Il existe de nombreuses applications avec gaz entraînés où la technologie MFT pourrait être utilisée, comme les huiles lourdes qui peuvent retenir des bulles à cause de leur viscosité élevée, les produits laitiers qui de par leur nature contiennent des micro-bulles, etc. Un essai intéressant a été réalisé en utilisant un Promass Q avec MFT qui était testé avec gazéification à partir d'eau produite dans les laboratoires de Schlumberger à Porsgunn en Norvège. Le dispositif de test est illustré en fig. 7.

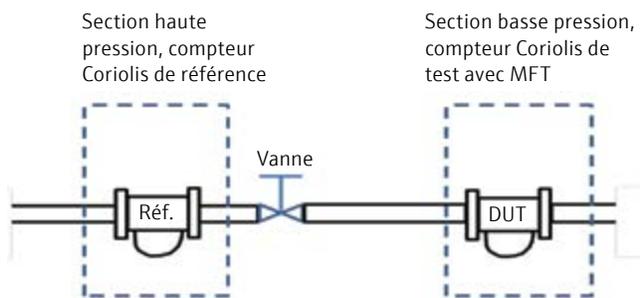


Fig. 7 : Dispositif d'émission de gaz pour le Promass Q avec MFT chez Schlumberger avec les schémas correspondants.

Un débitmètre Coriolis de référence était installé dans la section haute pression où l'eau de production saturée d'azote mono-phasée (à gauche dans la fig. 8), était mesurée par le compteur Coriolis avec un écart de mesure de $\pm 0,1\%$. Le débitmètre Coriolis de référence avec MFT était installé dans la section basse pression où des conditions d'émission de gaz étaient re-crées pour obtenir un écoulement diphasique, tel qu'illustré dans la figure 8. Comme on peut le constater, un écoulement homogène avec micro-bulles a été produit par l'émission de gaz.

Les conditions de test sont montrées dans le tableau 1, tandis que les résultats apparaissent dans la fig. 9.

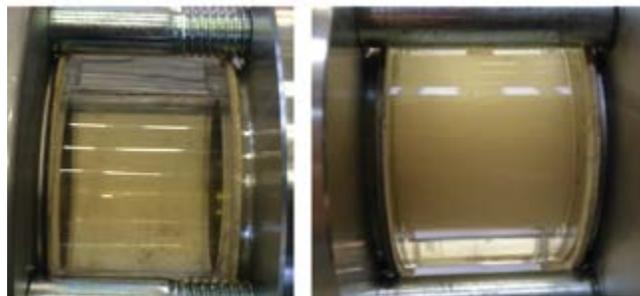


Fig. 8 : Écoulement monophasique dans la section haute pression (à gauche) et écoulement diphasique dans la section basse pression après émission de gaz (à droite).

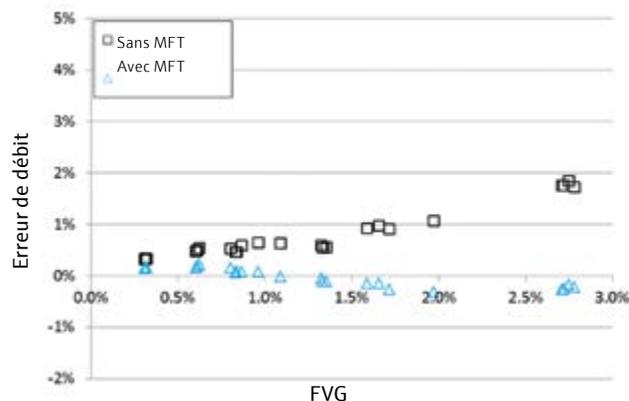


Fig. 9 : Précision des mesures en fonction de la FVG.

Tableau 1 : Conditions de test

Salinité	3,7 %
Température (en °C)	50 °C
Débits (en kg/h)	7 000 à 18 000

Comme on peut le voir dans la fig. 9, la MFT a considérablement amélioré la précision, en réduisant l'erreur de mesure de 2 % à environ 0,3 %. Selon l'installation et le fluide utilisé, la FVG pourrait atteindre 3 % dans ce test. Dans la fig. 9, le calcul effectué dans le cas « sans MFT » était basé sur les paramètres internes enregistrés du même débitmètre de test et les erreurs étaient calculées hors ligne, après le test. Il est intéressant de constater que les vitesses du son calculées dans ce test variaient entre 78 à 260 m/s, qui sont plus basses que la vitesse du son dans l'eau ou dans l'azote.

Autres applications de MFT

En plus de la compensation des erreurs de densité et de débit massique introduites par l'effet de résonateur, la MFT permet la mesure de paramètres de fluides plus compressibles, comme par exemple la vitesse du son dans ce fluide et la FVG dans un fluide diphasique, gaz-liquide.

Dans ce dernier cas, une fois la vitesse du son calculée, la FVG peut être obtenue à partir de l'équation (3), connaissant la pression du procédé dans l'appareil et les propriétés thermodynamiques de base des phases gazeuse et liquide. Il convient de noter que l'analyse des facteurs de pondération des termes du côté droit de l'équation (3) suggère qu'une connaissance exacte de c_g et c_l n'est pas strictement nécessaire, car leur influence sur c est bien inférieure à celles de α et P , tout au moins dans les applications les plus courantes où α et P ont des valeurs relativement basses. Par ailleurs, l'équation suivante est en général vérifiée pour un fluide diphasique, liquide-gaz.

$$\rho_l = \frac{\rho - \alpha \rho_g}{1 - \alpha} \quad (11)$$



Dans la plupart des applications qui nous intéressent ici, $\alpha\rho_g$ est beaucoup plus petit que ρ . L'équation peut alors être simplifiée pour donner :

$$\rho_l = \frac{\rho}{1 - \alpha}. \quad (12)$$

En combinant les équations (3) et (12), l'on obtient la FVG et la densité du liquide. Cette dernière est très importante dans certaines applications, où la phase liquide a deux composantes, l'eau et l'huile, et le débitmètre Coriolis devrait pouvoir mesurer la densité de ce mélange liquide en vue de déterminer les concentrations volumétriques de phase comme la teneur en eau, ou Water Cut, (WC, volume de l'eau dans l'huile). Grâce à la MFT, il est possible de mesurer la concentration volumétrique dans les fluides tri-phasiques, ce qui serait impossible avec un débitmètre Coriolis conventionnel.



Fig. 10 : Test d'émission de gaz de Promass Q avec MFT au laboratoire DNV GL.

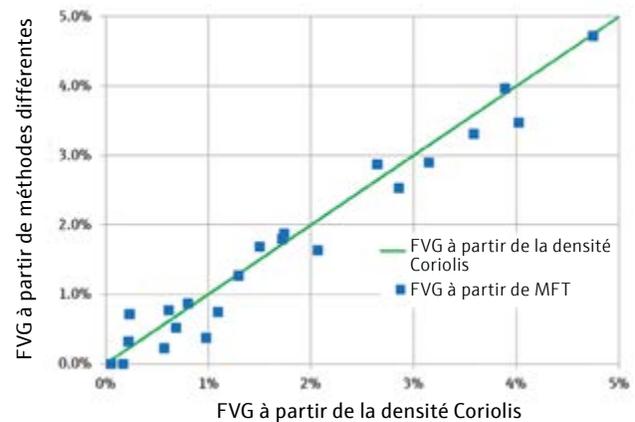


Fig. 11 : Calcul des FVG avec MFT, comparées à celles obtenues à partir de mesures de densité Coriolis.

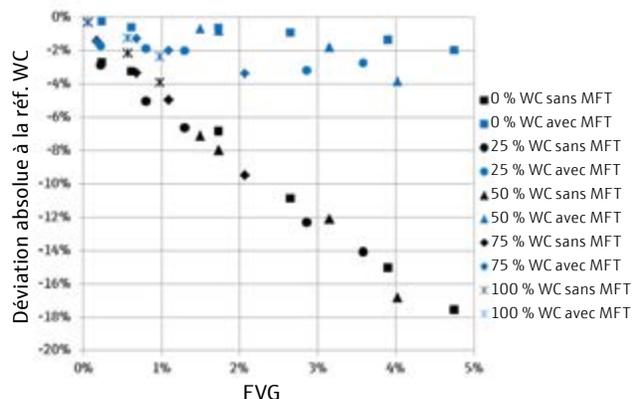


Fig. 12 : Mesures de WC (proportion d'eau) avec MFT corrigées avec FVG.

Un test de cette fonction a été effectué dans un laboratoire indépendant, DNV GL, où des conditions d'émission de gaz ont été recréées pour introduire la troisième phase, c'est-à-dire le gaz, dans les écoulements diphasiques eau-huile avec des WC variés (voir fig. 10). L'huile utilisée était Exxsol D120, avec une viscosité d'environ 4 à 5 cSt et une densité d'environ 0,82 g/ml. La pression de test variait entre 8 et 14 barg. La fig. 11 montre les FVG calculées avec MFT comparées à celles obtenues à partir des mesures de densité Coriolis, connaissant les densités de la phase liquide obtenues en laboratoire. Il faut noter que la méthode Coriolis pour le calcul des FVG est fondée sur l'hypothèse que la mesure de densité Coriolis est une mesure précise. Elle ne peut donc strictement être prise comme référence et la comparaison faite dans la fig. 11 ne peut être que qualitative.

Cependant, la référence pour la WC réelle fournie par le laboratoire DNV est très fiable, car les écoulements d'eau et d'huile monophasiques avaient été mesurés séparément avant leur mélange. Les mesures plus précises de WC à l'aide de MFT sont données dans la fig. 12. Elles sont comparées aux résultats obtenus avec la méthode directe. Toutefois, cette méthode directe indiquait effectivement que la baisse de la densité Coriolis provoquée par le gaz entraîné était due à une plus haute concentration en huile, dont la densité est inférieure à celle de l'eau.

Le graphique de la fig. 12 montre que la mesure de WC est considérablement améliorée en corrigeant l'effet de gaz entraîné à l'aide de MFT.

Conclusion

L'effet de bulle et l'effet de résonateur sont les sources d'erreur les plus importantes dans la mesure Coriolis des écoulements avec gaz entraînés. Il est recommandé de supprimer l'effet de bulle dû à la présence de bulles libres, en les éliminant par l'optimisation du procédé, c'est-à-dire en utilisant des supprimeurs de gaz ou en créant de violentes turbulences pour réduire les bulles libres en petites bulles en suspension. L'effet de résonateur est le problème majeur sur le terrain, car les bulles en suspension sont beaucoup plus difficiles à éliminer. Pour résoudre ce problème, une technologie innovante appelée MFT a été présentée dans ce rapport. En effet, MFT utilise des modes d'oscillations multiples du tube de mesure, afin de compenser l'effet de résonateur dans à la fois les mesures de densité et de débit massique. La mesure de la vitesse du son dans un gaz, ou dans un fluide avec gaz entraînés, est possible avec MFT. Combinée à une mesure de pression, la MFT peut également calculer la FVG dans un fluide avec gaz entraîné, ce qui permet la mesure des fractions volumiques dans un fluide tri-phasique. Deux tests en laboratoire avec émission de gaz pour l'introduction de bulles homogènes en suspension, sont également utilisés comme tests de validation.

RÉFÉRENCES

- [1] J. Hemp and G. Sultan, « On the theory and performance of Coriolis mass flowmeter », in Proceedings of the International Conference on Mass Flow Measurement, London, 1989.
- [2] H. Zhu, Application of Coriolis Mass Flowmeters in Bubbly or Particulate Two-Phase Flows, Shaker, 2009.
- [3] H. Zhu, A. Rieder, and W. Drahm, « A moving resonator model of Coriolis flowmeters for measuring two-phase flow », 5th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion, Xi'an, China, July 2005.
- [4] A. Rieder, H. Zhu, and W. Drahm, Coriolis mass flowmeters: on measurement errors in two-phase conditions, 13th International Flow Measurement Conference, Peebles Hydro, Scotland, UK, June 2005.
- [5] J. Hemp and J. Kutin, « Theory of errors in Coriolis flowmeter readings due to compressibility of the fluid being metered », Flow Measurement and Instrumentation, vol. 17, no. 6, pp. 359–369, 2006.



Participez à nos webinaires gratuits sur l'automatisation de procédés

Posez des questions, recevez les réponses !

Nos webinaires gratuits vous donnent l'occasion d'en savoir plus et de converser directement avec nos experts !

- En direct et interactifs – Nos experts sont là pour répondre à vos questions.
- Accès facile à nos webinaires, selon vos désirs.
- Avec tant de sujets variés, vous trouverez certainement le vôtre !



Le jeudi 20 juillet 2017

Technologie de débitmétrie de l'avenir – Sécurité et fiabilité grâce à l'innovation.

Notre gamme de débitmètres Proline 300/500 permet une mesure de débit dans toutes les applications de l'industrie de procédés, de la mesure de quantité et surveillance de procédés aux applications de transactions commerciales. Proline donne également une vue d'ensemble du procédé en assurant que les opérateurs ont à leur disposition les importantes données de procédé et de diagnostic. De nombreux avantages sont disponibles : surveillance optimale de procédé, réduction des temps d'arrêt et contrôle de procédé plus efficace.

 bit.ly/proline-300500-webinar



Le mardi 12 septembre 2017

Comment Heartbeat Technology améliore la sécurité des procédés – les débitmètres.

La Heartbeat Technology est-elle une fonction de vérification ? Un débitmètre Proline 200 est-il plus sûr qu'un compteur VA ? Que veulent dire SFF et FIT ? Ces questions et d'autres encore recevront les réponses au cours de ce webinaire.

 bit.ly/heartbeat-webinar



Le mercredi 20 septembre 2017

Augmentez la sécurité du procédé et évitez les coups de bélier dans une conduite de vapeur avec les débitmètres vortex Prowirl 200.

Dans ce webinaire vous serez renseigné sur sa robustesse légendaire, sa résistance aux vibrations, aux chocs thermiques et aux coups de bélier. Il est capable de détecter la vapeur humide et utilise la technologie deux fils conforme aux normes de l'industrie. À ne pas manquer si vous avez des conduites de vapeur dans votre usine !

 bit.ly/prowirl-200-webinar



Les jeudis 21 et 28 septembre 2017

Solutions pour la surveillance des effluents – Comment utiliser Industrial Internet of Things (IIOT) pour éviter les pénalités potentielles relatives aux effluents de votre usine.

On a constaté récemment un durcissement des réglementations pour réduire la demande biochimique en oxygène (DBO) des charges d'effluents et pour réduire les risques de pics en pH dans les effluents. Entre 1991 et 2009, la moyenne de l'ensemble des amendes et pénalités imposées par les législations fédérale et provinciale atteignait 1,4 million \$ par an au Canada. À lui seul, l'Ontario imposait un total de 3,2 millions \$, ce qui était équivalent à une augmentation de 290 % en 2015, comparé à la moyenne historique à long terme. Endress+Hauser vous montrera comment utiliser IIOT pour assurer votre conformité et réduire les risques de pénalités pour votre entreprise.

 bit.ly/effluent-webinar

E-direct
High Quality – Low Price!



Achetez la qualité Endress+Hauser à de bas prix

Les produits de qualité s'achètent facilement en ligne.

Capteurs, interrupteurs, composants, affichages et enregistreurs.

Qu'est-ce qu'E-direct ? E-direct vient compléter la gamme d'instruments traditionnels d'Endress+Hauser. Certains d'entre eux ne nécessitent pas de vastes explications concernant les applications et les prix – c'est là qu'E-direct intervient en tant que portefeuille de produits proposant de façon simple des produits à des prix abordables et livrés rapidement. Quoi de mieux ? Votre commande confirmée est livrée dans les 48 heures de sa réception !

Une haute qualité



Les produits E-direct possèdent à 100 % la qualité Endress+Hauser, grâce à leur technologie de pointe et haut de gamme.

De bonnes aubaines



Des prix attractifs avec des rabais progressifs pour quantités.

Un choix facile



Les produits sont bien configurés à l'avance. Choisissez l'instrument qui vous convient de façon rapide et facile et commandez-le en ligne.



Magasinez maintenant !

Allez sur bit.ly/shop-e-direct



Pour renouveler votre
abonnement à *trait d'union* :

info@ca.endress.com
Numéro 80

Contact

**Endress+Hauser
Canada Ltd**
1075 Sutton Drive
Burlington, ON L7L 5Z8
Tel: 905 681 9292
1 800 668 3199
Fax: 905 681 9444

**Endress+Hauser
Canada Ltée**
6800 Côte de Liesse
Suite 100
St-Laurent, QC H4T 2A7
Tél: 514 733 0254
Télééc.: 514 733 2924

**Endress+Hauser
Canada Ltd**
Suite 110, 703 64 Avenue SE
Calgary, AB T2H 2C3
Tel: 403 777 2252
1 888 918 5049
Fax: 403 777 2253

**Endress+Hauser
Canada Ltd**
9045 22 Avenue SW
Edmonton, AB T6X 0J9
Tel: 780 486 3222
1 888 918 5049
Fax: 780 486 3466