

DOCUMENT
INTERNATIONAL

OIML D 25
Edition 1996 (F)

Compteurs à vortex utilisés dans les ensembles
de mesurage de fluides

Vortex meters used in measuring systems for fluids



SOMMAIRE

Avant-propos	3
1 Objet.....	4
2 Terminologie	4
3 Caractéristiques métrologiques	8
4 Évaluation des performances métrologiques des compteurs à vortex	8
5 Conditions d'installation.....	9
6 Notes d'application (avantages et inconvénients).....	11
Annexe A Données expérimentales	12

Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif premier est d'harmoniser les réglementations et les contrôles métrologiques appliqués par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses États Membres.

Les deux principales catégories de publications OIML sont:

- les **Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité ; les États Membres de l'OIML doivent mettre ces Recommandations en application dans toute la mesure du possible;
- les **Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à améliorer l'activité des services de métrologie.

Les projets de Recommandations et Documents OIML sont élaborés par des comités techniques ou sous-comités composés d'États Membres. Certaines institutions internationales et régionales y participent aussi sur une base consultative.

Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, comme l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires; en conséquence les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales et Documents Internationaux sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont périodiquement soumis à révision.

La présente publication – référence OIML D 25, édition 1996 (F) – a été élaborée dans le cadre du comité technique OIML TC 8 *Mesurage des quantités de fluides*. Elle a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 1994.

Les publications de l'OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82 et 42 85 27 11
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail: biml@oiml.org
Internet: www.oiml.org

COMPTEURS À VORTEX

UTILISÉS DANS LES ENSEMBLES DE MESURAGE DE FLUIDES

1 Objet

Le présent Document International décrit les caractéristiques métrologiques générales et les performances qui peuvent être obtenues par des ensembles de mesure de fluides équipés de compteurs à vortex et spécifie les conditions d'installation et d'essai qu'il convient de remplir pour que ces performances soient effectivement obtenues.

Les problèmes de sécurité ne sont pas l'objet du contrôle métrologique et en conséquence ne sont pas traités dans le présent Document.

2 Terminologie

Les termes généraux utilisés dans le présent Document sont en accord avec le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM, édition 1993) et le *Vocabulaire de métrologie légale* (VML, édition 1978).

Pour les autres termes utilisés dans le présent Document, se référer à ISO/CD12764 *Measurement of fluid flow in closed conduits - Flowrate measurement by means of vortex shedding flowmeters inserted in circular cross section conduits running full*.

2.1 Compteur à vortex

Un compteur à vortex fonctionne en captant les tourbillons détachés de part et d'autre d'un corps perturbateur placé dans un fluide en écoulement. La fréquence de détachement des tourbillons dépend du nombre de Reynolds du fluide.

Un compteur à vortex consiste en quatre composants de base comme indiqué dans la Figure 1.

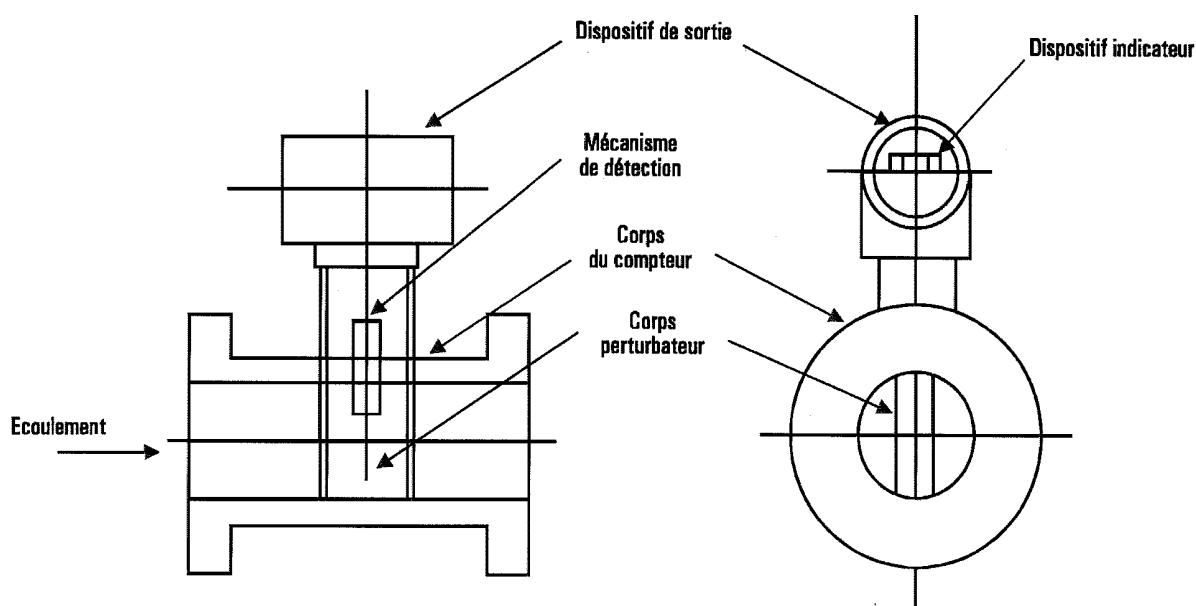


Figure 1 Compteur à vortex

Une installation type d'un système de mesure équipé d'un compteur à vortex est donnée en Figure 2.

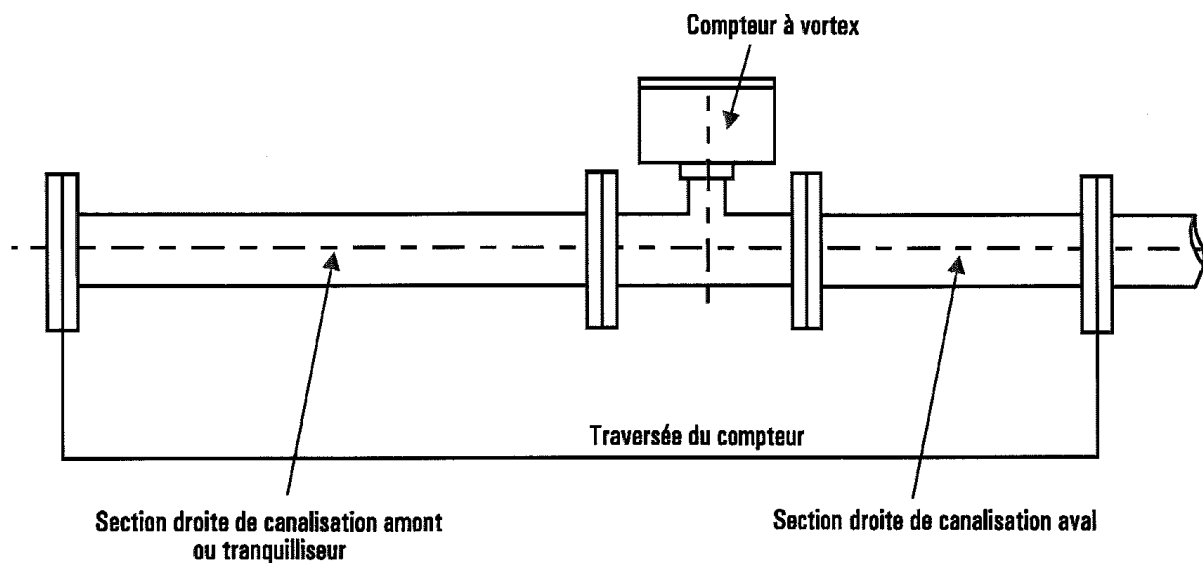


Figure 2 Installation type de compteur à vortex

2.2 Facteur K

Le facteur K, en impulsions par unité de volume, est le rapport du nombre d'impulsions émises par le compteur au volume total correspondant de fluide ayant traversé le compteur pendant la période de mesure.

Les variations du facteur K peuvent être représentées en fonction soit du nombre de Reynolds de la canalisation, soit du débit pour un ensemble spécifié de conditions thermodynamiques (voir Figure 3).

Le facteur K moyen est généralement utilisé et est défini par:

$$K_{\text{moyen}} = \frac{K_{\text{max}} + K_{\text{min}}}{2}$$

où:

K_{max} est le facteur K maximum pour une étendue linéaire spécifiée, et

K_{min} est le facteur K minimum pour la même étendue linéaire.

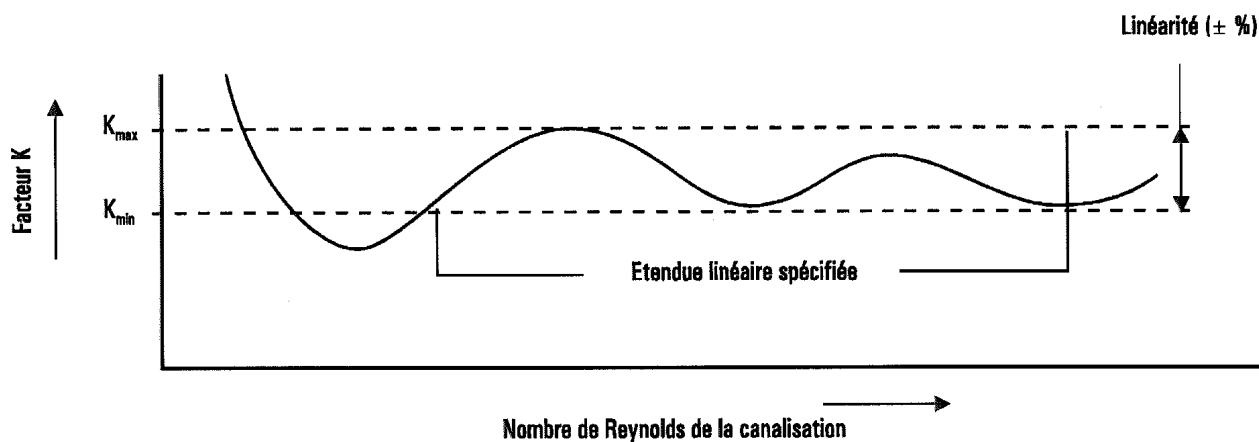


Figure 3 Courbe type de facteur K

Le facteur K peut changer selon les effets de la pression et de la température sur le corps du compteur (voir 4.5).

Il convient de consulter le fabricant du compteur en ce qui concerne une éventuelle différence du facteur K entre les liquides et les gaz, et pour différents agencements des canalisations adjacentes.

Note: Le facteur K est fonction du nombre de Reynolds. Dans le présent Document, toutes les caractéristiques sont données par rapport au nombre de Reynolds. Cependant, en métrologie légale, les caractéristiques sont normalement données en fonction du débit, lequel peut être obtenu à partir du nombre de Reynolds.

2.3 Linéarité

La linéarité, L, se rapporte à la constance du facteur K sur une étendue spécifique, définie soit par le nombre de Reynolds de la canalisation, soit par le débit (voir Figure 3).

Cette étendue linéaire est en général spécifiée par une bande définie par les facteurs K maximum et minimum, à l'intérieur de laquelle le facteur K est supposé être égal à K_{moyen} .

Sous forme d'équation, la linéarité est définie par:

$$L = \pm \frac{K_{\text{max}} - K_{\text{min}}}{2 \times K_{\text{moyen}}} \times 100 \%$$

Les limites supérieure et inférieure de cette étendue peuvent être spécifiées par le fabricant soit par les nombres de Reynolds maximum et minimum, soit par une étendue de débits pour un fluide spécifié et autres limitations liées à la conception du compteur, telles que les effets du profil de vitesses du fluide, de la viscosité, de la masse volumique, de la pression, de la température, et de l'installation (voir article 5).

2.4 Exactitude du compteur

Lorsqu'un compteur complet est essayé en tant qu'unité, la formule ci-après s'applique:

pour le compteur complet:
$$E_{\text{compt}} = \frac{I - V}{V} \times 100 \%$$

Lorsque l'essai comprend des essais séparés du transducteur et du calculateur/indicateur, les formules suivantes s'appliquent:

pour le transducteur:
$$K_{\text{tran}} = \frac{N}{V}$$

pour le calculateur/indicateur:
$$K_{\text{calc}} = \frac{N}{I}$$

pour le compteur:
$$E_{\text{compt}} = \left(\frac{K_{\text{tran}}}{K_{\text{calc}}} - 1 \right) \times 100 \%$$

où:

I est l'indication du compteur exprimée en volume,

V est la lecture de la mesure volumétrique (volume ayant traversé le transducteur),

N est le nombre d'impulsions factorisées transmises par le transducteur,

K_{tran} est la constante d'étalonnage du transducteur,

K_{calc} est la constante d'étalonnage du calculateur/indicateur, et

E_{compt} est l'erreur du compteur.

2.5 Niveau d'étendue

Le niveau d'étendue du débitmètre est le rapport des valeurs maximale et minimale de débit ou le nombre de Reynolds définissant l'étendue dans laquelle le compteur est linéaire selon la définition donnée en 2.3.

Sous certaines conditions, le compteur est ou peut être rendu utilisable en dehors de l'étendue linéaire.

Lorsque le nombre de Reynolds diminue en dessous de la limite de linéarité, le détachement et la détection peuvent devenir de plus en plus difficiles et le détachement peut même cesser.

2.6 Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds de la canalisation est un nombre sans dimension, rapport d'une force d'inertie à une force de viscosité, utilisé comme paramètre de corrélation combinant les effets de la viscosité, de la masse volumique, et de la vitesse dans la canalisation. Il est défini par:

$$Re = D \times (U/\nu) = D \times U \times (\rho/\mu)$$

où:

D est le diamètre d'entrée du compteur,

U est la vitesse moyenne du fluide dans le compteur,

ν est la viscosité cinématique,

ρ est la masse volumique du fluide, et

μ est la viscosité absolue (dynamique).

2.7 Nombre de Strouhal

Le nombre de Strouhal est un paramètre sans dimension relatif à l'écoulement divisé au-delà du (des) corps perturbateur(s). Il relie la fréquence de détachement des tourbillons mesurée à la vitesse du fluide et aux caractéristiques dimensionnelles du corps perturbateur. En pratique, le facteur K, qui n'est pas sans dimension, remplace le nombre de Strouhal en tant que paramètre significatif.

Le nombre de Strouhal, St, relie la fréquence f des tourbillons engendrés, la dimension caractéristique b du corps perturbateur, et la vitesse moyenne U du fluide.

Il est donné par:

$$St = f \times (b/U), \text{ or } f = St \times (U/b)$$

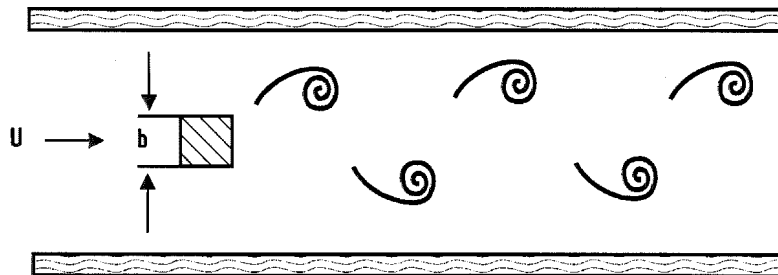


Figure 4 Principe

3 Caractéristiques métrologiques

3.1 Exactitude possible

3.1.1 Exactitude de $\pm 1 \%$

Une exactitude du compteur de $\pm 1 \%$ de la valeur indiquée peut être atteinte dans les conditions suivantes:

- 1) Le débit minimal est déterminé par rapport à la limite inférieure du nombre de Reynolds et à la sensibilité du capteur à utiliser.
- 2) Le débit maximal est déterminé de telle sorte qu'il ne se produise pas de pression différentielle ou de cavitation excessives.
- 3) Le compteur est installé de façon appropriée dans les conditions mentionnées à l'article 5.

3.1.2 Exactitude de $\pm 0,5 \%$

Une exactitude du compteur de $\pm 0,5 \%$ de la valeur indiquée peut être atteinte dans les conditions additionnelles suivantes:

- 1) Le rapport entre débits maximal et minimal reste dans l'étendue suivante:
 - a) 1 à 5 avec un facteur K constant, ou
 - b) 1 à 10 avec un facteur K corrigé en fonction de la température comme spécifié en 4.5, ou
 - c) 1 à 10 à n'importe quelle température constante dans les limites spécifiées pour le débit, ou
 - d) plus large que 1 à 5 pour un calculateur pouvant utiliser des facteurs K dépendant de la fréquence.
- 2) Le compteur est étalonné en utilisant un fluide destiné à être réellement mesuré ou, en alternative, un fluide ayant un nombre de Reynolds similaire.

3.2 Quantité mesurée minimale (QMM)

Pour déterminer la quantité mesurée minimale, il convient de prendre en considération les conditions suivantes:

- 1) limite inférieure de la fréquence des tourbillons engendrés,
- 2) limite inférieure du nombre de Reynolds,
- 3) échelon minimal du dispositif indicateur à connecter,
- 4) exactitude pouvant être atteinte.

4 Évaluation des performances métrologiques des compteurs à vortex

4.1 Le facteur K ou l'exactitude du compteur doivent être déterminés par étalonnage du compteur. Il convient que cet étalonnage soit effectué en tenant compte des conditions décrites en 3.1.

4.2 Sur le banc d'étalonnage, le compteur à essayer doit être connecté à des sections droites de canalisation amont (avec tranquilliseur si nécessaire) et aval en tenant compte des conditions décrites à l'article 5.

4.3 Il convient que l'étalonnage soit effectué à au moins six débits (y compris les débits maximal et minimal) et que le nombre d'essais à chaque débit soit au moins de trois afin d'estimer la répétabilité. À chaque débit, le facteur K est déterminé comme valeur moyenne des essais.

4.4 Il convient que le volume pour chaque essai corresponde au moins à 1000 fois l'échelon du dispositif indicateur. Il est recommandé de prendre pour chaque essai un volume considérablement supérieur à 1000 fois l'échelon étant donné que la fréquence de détachement des tourbillons peut fluctuer selon les perturbations du débit.

4.5 Le facteur K dépend des variations géométriques du corps du compteur provoquées par la température et la pression sur le matériau constitutif du compteur.

Quand le corps perturbateur et le corps du compteur sont faits du même matériau, la variation type du facteur K due à l'effet de la température sur le compteur et le corps perturbateur est estimée par:

$$K = K_0 [1 - 3 \alpha (t_f - t_0)]$$

ou, quand les matériaux du corps perturbateur et du corps du compteur ont des coefficients de dilatation thermique différents, par:

$$K = K_0 [1 - (2 \alpha_1 + \alpha_2) (t_f - t_0)]$$

où:

K_0 est le facteur K obtenu lors de l'étalonnage initial,

t_f est la température dans les conditions de fonctionnement,

t_0 est la température lors de l'étalonnage initial,

α est le coefficient de dilatation linéaire du matériau constituant le corps du compteur et le corps perturbateur,

α_1 est le coefficient de dilatation linéaire du matériau constituant le corps du compteur, et

α_2 est le coefficient de dilatation linéaire du matériau constituant le corps perturbateur.

Actuellement, il n'existe pas de moyens d'évaluer les effets des variations de pression sur le facteur K. Par conséquent, il est recommandé de déterminer le facteur K par un étalonnage à la pression de fonctionnement. Alternativement, il convient que les fabricants fassent connaître les résultats des essais montrant un effet de la pression inférieur à 20 % de l'exactitude spécifiée du facteur K pour l'étendue de pression du compteur.

Note: Les variations de température du fluide peuvent aussi provoquer des variations de sa viscosité et de sa masse volumique.

5 Conditions d'installation

Il convient de prendre en compte les consignes d'installation du fabricant. Ce qui suit doit aussi être pris en considération.

5.1 Lieu d'installation

Il convient d'observer les précautions générales suivantes lors de la détermination du lieu d'installation du compteur:

- 1) Un bruit électrique en mode commun peut perturber les mesurages. Des interférences en fréquences radio ou électromagnétiques, une mise à la terre inadaptée et un blindage insuffisant des câbles de transmission du signal peuvent aussi perturber le mesurage. Dans certains cas, il peut ne pas être possible de contrôler le bruit dans le signal de sortie à débit nul. Il convient de se renseigner auprès du fabricant s'il est prévisible que certains de ces niveaux de bruit soient suffisamment élevés pour provoquer une erreur.

- 2) Il faut respecter les limites spécifiées par le fabricant en ce qui concerne la température, les vibrations, l'atmosphère corrosive et l'humidité.
- 3) Il convient de choisir un lieu permettant les inspections et l'entretien réguliers ainsi que les travaux sur les canalisations et le câblage.

5.2 Canalisations

Il convient de prendre en considération les facteurs suivants lors des travaux sur les canalisations pour l'installation des compteurs et de leurs dispositifs auxiliaires.

5.2.1 Des sections droites et sans obstacle de canalisation de la longueur exigée doivent être installées en amont et en aval du compteur afin d'obtenir l'exactitude spécifiée dans les conditions de fonctionnement. Veiller à ce que:

- a) les canalisations aient le même diamètre intérieur et les mêmes sections circulaires que le compteur;
- b) le compteur soit monté concentriquement aux canalisations;
- c) les joints ne fassent pas protubérance à l'intérieur de la canalisation.

5.2.2 Éviter des distorsions ou des pulsations excessives du débit en installant correctement les dispositifs auxiliaires.

- a) Les vannes de fermeture et de contrôle doivent être installées en aval de la canalisation de sortie.
- b) Les raccords en T des canalisations de dérivation doivent être installés avant et après la section recommandée de canalisation d'entrée et de sortie.

5.2.3 La longueur droite nécessaire de la canalisation d'entrée peut être réduite par l'installation d'un tranquilliseur approprié.

5.2.4 Dans le cas où des bulles de gaz pourraient être entraînées par le flot de liquide, et/ou dans le cas de fluides contenant des impuretés, un séparateur de gaz et/ou un filtre doit (doivent) être installé(s) en amont de la canalisation d'entrée.

5.2.5 Le compteur doit être protégé contre les contraintes excessives sur la canalisation.

Note: Les longueurs droites de canalisation diffèrent en fonction de la nature des perturbations amont et aval et de la construction du compteur. Par conséquent, il convient de se renseigner auprès du fabricant.

5.3 Tranquilliseurs

Des tranquilliseurs d'écoulement de diverses conceptions peuvent être efficaces pour réduire les anomalies dans la distribution des vitesses axiales dans la canalisation ou pour réduire les remous, ou les deux. Ils peuvent donc être efficaces pour améliorer les performances du compteur lorsque les conditions d'installation ne sont pas en accord avec les recommandations du fabricant. Il convient de consulter le fabricant du compteur en ce qui concerne les conditions d'installation et/ou l'utilisation de tranquilliseurs d'écoulement. Cela inclut le type de tranquilliseur, sa taille et son emplacement par rapport au compteur.

6 Notes d'application (avantages et inconvénients)

6.1 La pression du fluide au point bas doit être suffisante pour éviter vaporisation et cavitation et le fluide ne doit pas être en double phase gaz/liquide (par exemple, une vapeur humide).

6.2 Il convient de consulter les recommandations du fabricant pour éviter vaporisation et cavitation. Ces recommandations peuvent prendre la forme d'équations qui incluent la pression de vapeur pour le fluide mesuré et la plus faible pression locale dans le compteur. Elles peuvent inclure des instructions pour augmenter la contre-pression par une vanne en aval.

6.3 Un compteur à vortex est sensible aux profils anormaux de vitesse et aux remous. Lorsqu'une installation particulière de compteur est susceptible de ne pas satisfaire aux recommandations du fabricant, l'utilisateur peut souhaiter effectuer un étalonnage sur site ou se renseigner sur les effets connus. Des tranquilliseurs peuvent également être utilisés pour rectifier ces conditions (voir 5.3).

6.4 L'écoulement du fluide doit être régulier (sans débit ou pression pulsatoires).

6.5 La température du fluide et la température ambiante doivent être dans les limites spécifiées pour le compteur.

6.6 Il convient que l'étanchéité à l'eau et la certification pour utilisation en zone dangereuse soient adaptées à l'utilisation prévue.

6.7 La sécurité intrinsèque du circuit complet doit être prise en considération.

6.8 Il convient de se référer à ISO 6551 en ce qui concerne la fidélité et la sécurité des impulsions du signal de sortie d'un compteur à vortex.

Note: On trouvera des exemples dans: *Twin detection system in an output device* et *System with two meters constantly compared in the computer*, Bulletin OIML N°107, juin 1987.

ANNEXE A
(Informative)

DONNÉES EXPÉRIMENTALES

D'après les expérimentations effectuées au Japon sur les compteurs à vortex, la relation entre le nombre de Strouhal et le nombre de Reynolds pour un compteur a été trouvée comme indiqué en Figure 5.

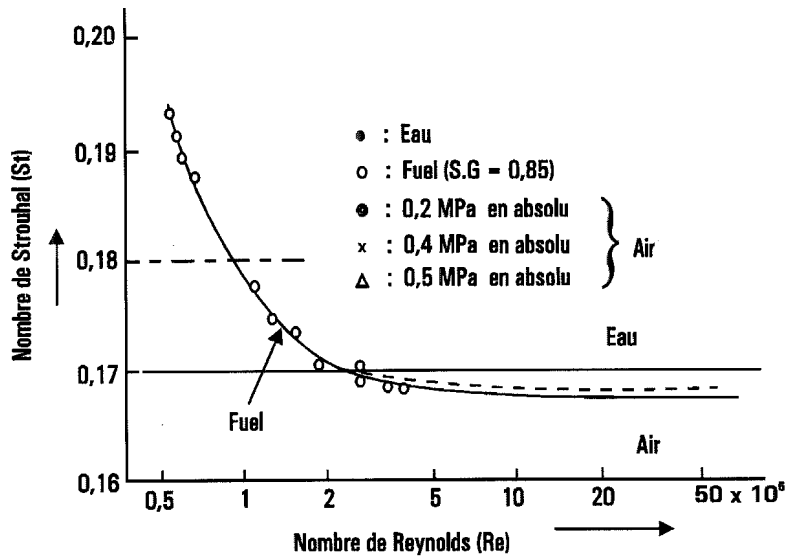


Figure 5 Relation entre le nombre de Strouhal et le nombre de Reynolds pour un compteur à vortex

En partant de l'étendue de linéarité du nombre de Strouhal donné dans la Figure 5, le facteur K du compteur à vortex a été étalonné en utilisant des nombres de Reynolds allant de 2×10^4 à $2,8 \times 10^6$ avec une étendue de viscosité de 0,5 mPa.s à 15 mPa.s; il en a résulté, dans les conditions d'écoulement, que l'exactitude du compteur pouvait être déterminée à mieux que $\pm 1 \%$ de la valeur indiquée et avec une répétabilité de $\pm 0,2 \%$ comme montré sur la Figure 6.

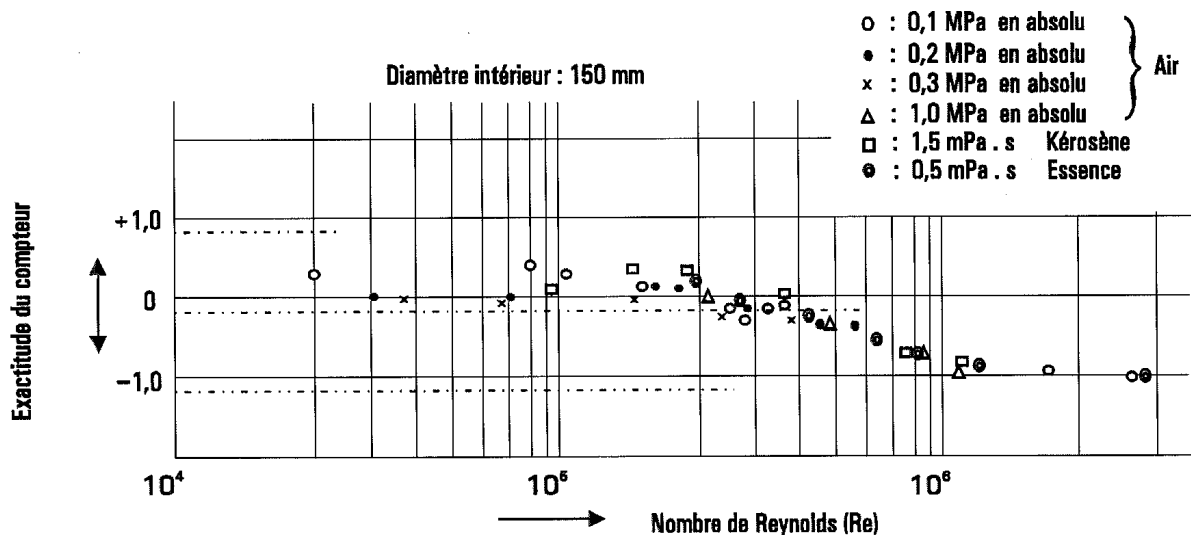


Figure 6 Exactitude du compteur en fonction du nombre de Reynolds