
**Mesurage du débit des fluides
dans les conduites fermées —
Recommandations pour l'utilisation
des débitmètres électromagnétiques
dans les liquides conducteurs**

*Measurement of fluid flow in closed conduits — Guidance for the use
of electromagnetic flowmeters for conductive liquids*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	3
5 Théorie et formules de base	4
6 Conception et principe de fonctionnement	4
6.1 Généralités.....	4
6.2 Capteur.....	5
6.3 Transmetteur.....	7
6.3.1 Généralités.....	7
6.3.2 Champ magnétique alternatif dans le système de mesure.....	8
6.3.3 Système de mesure avec excitation par CC pulsé appliqué (modèle simplifié).....	8
6.3.4 Système de mesure avec excitation par CA appliqué (modèle simplifié).....	8
6.4 Signal de sortie du débitmètre/du transmetteur.....	9
7 Marquage de l'équipement	10
7.1 Données recommandées.....	10
7.1.1 Capteur.....	10
7.1.2 Transmetteur.....	10
8 Conception de l'installation et mise en œuvre	10
8.1 Capteur.....	10
8.1.1 Dimensionnement.....	10
8.1.2 Conditions de montage.....	11
8.1.3 Égalisation des potentiels — Exigences générales.....	12
8.1.4 Connexions électriques.....	13
8.1.5 Montage du capteur.....	14
8.1.6 Dimensions d'installation des raccords à brides.....	15
8.2 Emplacement du transmetteur.....	16
8.3 Considérations fonctionnelles.....	16
8.3.1 Généralités.....	16
8.3.2 Influence de la conductivité du liquide.....	17
8.3.3 Influence du nombre de Reynolds.....	17
8.3.4 Influence du profil des vitesses.....	17
9 Étalonnage, validation et vérification du débitmètre	17
9.1 Étalonnage du débitmètre.....	17
9.2 Vérification du débitmètre (vérification électronique in situ).....	17
10 Évaluation des performances du débitmètre	18
10.1 Généralités.....	18
10.2 Applications dans le domaine d'application d'autres normes.....	18
11 Analyse d'incertitude	18
Annexe A (informative) Matériaux de fabrication des capteurs	20
Annexe B (informative) Considérations pratiques applicables au système de mesure avec excitation par CA et CC	23
Annexe C (informative) Protection cathodique	25
Annexe D (informative) Conversion des diamètres nominaux des unités métriques en unités américaines	27

Annexe E (informative) Spécifications d'exactitude du fabricant	28
Bibliographie	32

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC) voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/foreword.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 5, *Méthodes de vitesse et massiques*.

Cette première édition de l'ISO 20456 annule et remplace l'ISO 6817:1992, l'ISO 9104:1991 et l'ISO 13359:1998, qui ont fait l'objet d'une révision technique.

Introduction

Les [Articles 3](#) à [7](#) couvrent les définitions, les symboles et la théorie de base des débitmètres électromagnétiques. Le présent document ne traite pas des débitmètres à insertion, des débitmètres partiellement remplis ou des débitmètres pour liquides non conducteurs et hautement conducteurs.

[L'Article 8](#) concerne les types et les méthodes d'installation, les différents types de conception des débitmètres, les transmetteurs, les longueurs et le dimensionnement du pas, afin d'obtenir les meilleures performances du débitmètre électromagnétique sur site.

Les [Articles 9](#) à [11](#) couvrent certaines méthodes d'étalonnage, de vérification, d'évaluation et d'analyse de l'incertitude, qui peuvent être utiles aux utilisateurs d'organismes d'essai indépendants, pour vérifier la performance relative du fabricant et pour démontrer l'aptitude de l'application.

Les essais spécifiés dans le présent document ne sont pas nécessairement suffisants pour les instruments spécialement conçus pour des tâches particulièrement complexes. Inversement, une série d'essais limitée peut convenir aux instruments conçus pour fonctionner dans une gamme de conditions limitée.

Le présent document est destiné aux utilisateurs et aux fabricants.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées — Recommandations pour l'utilisation des débitmètres électromagnétiques dans les liquides conducteurs

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux débitmètres électromagnétiques industriels utilisés pour mesurer le débit d'un liquide conducteur dans une conduite fermée remplie. Il traite des types de débitmètres utilisant à la fois des circuits à courant alternatif (CA) et à courant continu (CC) pulsé pour entraîner les bobines de champs et les débitmètres branchés sur secteur ainsi que ceux fonctionnant sur batteries ou d'autres sources d'énergie.

Le présent document n'est pas applicable aux débitmètres à insertion ou aux débitmètres électromagnétiques conçus pour fonctionner dans des canalisations ou des conduites ouvertes partiellement remplies, ni au mesurage de pâtes magnétiquement perméables ou aux applications de métal liquide.

Le présent document ne spécifie aucune exigence de sécurité applicable à l'utilisation environnementale dangereuse du débitmètre.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1 débitmètre électromagnétique

appareil créant un champ magnétique normal au sens de l'écoulement et permettant de déduire le débit à partir de la tension induite, U_v , produite par le déplacement d'un liquide conducteur dans le champ magnétique

Note 1 à l'article: Le débitmètre électromagnétique comprend un *capteur* (3.2) et un *transmetteur* (3.3).

3.2 capteur

dispositif contenant au moins les éléments suivants:

- un tube de mesure isolé électriquement à travers lequel s'écoule le liquide conducteur à mesurer;
- une paire d'électrodes servant à mesurer le signal généré dans le liquide;
- un électroaimant servant à produire un champ magnétique dans le *tube de mesure* (3.4).

Note 1 à l'article: Le capteur produit un signal proportionnel au débit et, dans certains cas, un *signal de référence* (3.9). Voir 6.2.

Note 2 à l'article: Pour un capteur, le terme «élément primaire» ou «tube de circulation» a été précédemment utilisé.

Note 3 à l'article: Dans certains cas, d'autres électrodes sont utilisées, par exemple des électrodes de terre, des électrodes de détection de conduite pleine (détection de conduite vide) (voir 3.5).

3.3 transmetteur

appareil contenant les circuits qui entraînent les bobines de champ et extraient le signal de débit

Note 1 à l'article: Cet appareil peut être monté directement sur le *capteur* (3.2) ou à distance, raccordé au capteur par un câble.

Note 2 à l'article: Pour un transmetteur, le terme «élément secondaire», «convertisseur» ou «unité électronique» a été précédemment utilisé.

3.4 tube de mesure

tronçon tubulaire du *capteur* (3.2) à travers lequel s'écoule le liquide, dont au moins une partie de sa surface intérieure est isolée électriquement

3.5 électrodes de mesure

paire(s) de contacts électriques ou de plaques de condensateur permettant de détecter la tension induite

3.6 limite inférieure

valeur minimale de la variable mesurée qu'un dispositif peut mesurer

3.7 limite supérieure

valeur maximale de la variable mesurée qu'un dispositif peut mesurer

3.8 plage de mesure

différence entre la limite supérieure et la *limite inférieure* (3.6)

3.9 signal de référence

signal proportionnel au flux magnétique créé dans le *capteur* (3.2) et qui est comparé, dans le *transmetteur* (3.3), au signal de débit

3.10 signal de sortie

signal délivré par le *transmetteur* (3.3), qui est proportionnel au débit

3.11 nombre de Reynolds

paramètre sans dimension exprimant le rapport entre force d'inertie et force de viscosité

Note 1 à l'article: Pour l'écoulement en conduite fermée à travers un *débitmètre électromagnétique* (3.1), il convient que le nombre de Reynolds repose sur le diamètre nominal du débitmètre et sur la vitesse moyenne correspondante à travers un tronçon de cette dimension.

3.12 exactitude

étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie (conventionnelle) du mesurage

Note 1 à l'article: Il convient d'exprimer l'expression quantitative de l'exactitude en termes d'incertitude (voir [Annexe E](#)).

Note 2 à l'article: Il convient d'éviter l'utilisation du terme «précision» pour désigner l'exactitude.

3.13

incertitude

<de mesure> plage dans laquelle la valeur vraie de la grandeur mesurée est censée se situer avec une valeur et un niveau de confiance spécifiés

Note 1 à l'article: Voir [l'Article 11](#).

3.14

facteur d'étalonnage

nombre, déterminé par l'étalonnage du liquide, permettant d'associer le *signal de sortie* ([3.10](#)) au débit volumétrique

3.15

étalonnage

opération qui permet, dans des conditions spécifiées, dans un premier temps, d'établir un lien entre les grandeurs associées aux incertitudes de mesure fournies par les étalons de mesure, et les indications correspondantes associées aux incertitudes de mesure et, dans un deuxième temps, d'utiliser ces informations pour établir un lien afin d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication

3.16

vérification

<vérification électronique in situ> moyen permettant de vérifier qu'un *débitmètre électromagnétique* ([3.1](#)) fonctionne correctement, normalement avec une moins bonne incertitude que dans des conditions de laboratoire contrôlées

3.17

validation de l'étalonnage

nombre de séquences (une ou plusieurs) à des débits compris entre zéro et la *limite supérieure* ([3.7](#)) afin de vérifier que le débitmètre fonctionne normalement et conformément aux spécifications du fabricant

3.18

fenêtre de mesure

période de temps pendant laquelle la tension représentant la vitesse d'écoulement est mesurée

3.19

conditions de débit idéales

conditions prévalant lorsqu'une conduite est de longueur infinie et droite sans perturbations internes

Note 1 à l'article: Pour les *débitmètres électromagnétiques* ([3.1](#)), on peut également supposer que le liquide mesuré a une viscosité et une densité similaires à celles de l'eau. Dans ces conditions, l'écoulement est asymétrique et sera pleinement développé et turbulent avec les débits et les dimensions de conduite les plus courants du domaine.

4 Symboles

Symbole	Grandeur	Unités (SI)
$\vec{B}$	intensité du champ magnétique	Tesla (T)
$\bar{B}$	intensité moyenne du champ magnétique	Tesla (T)
d	diamètre intérieur du tube de mesure	mètres (m) ^a
$\vec{E}$	intensité du champ électrique	volts par mètre (V/m)
U_c	tension électrochimique	volts (V)
U_t	tension du transformateur	volts (V)
U_v	tension liée à la vitesse	volts (V)
F_{Lorentz}	force de Lorentz	newtons (N)
k_1	constante	sans dimension (—)

Symbole	Grandeur	Unités (SI)
k_2	constante	sans dimension (—)
L_e	écartement des électrodes de mesure	mètres (m) ^a
q_v	débit-volume du liquide	mètres cubes par seconde (m ³ /s)
$\bar{v}$	vitesse débitante moyenne du liquide	mètres par seconde (m/s)
∇	opérateur Nabla ou Del	sans dimension (—)
^a Voir l' Annexe D pour une table de conversion des unités métriques en unités américaines des diamètres nominaux.		

5 Théorie et formules de base

Lorsqu'un liquide conducteur s'écoule dans un champ magnétique, une ou des tension(s), U_v , sont générées conformément à la loi de Faraday [voir [Formule \(2\)](#)]. L'intensité des tensions induites est donnée par l'expression simplifiée indiquée dans la [Formule \(1\)](#):

$$F_{\text{Lorentz}} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0 \quad (1)$$

$$\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B} = \nabla(U_v);$$

$$\nabla(U_v) = -\vec{v} \times \vec{B}$$

L'intégration spatiale de la [Formule \(1\)](#) donne lieu à la [Formule \(2\)](#):

$$U_v = k_1 \bar{B} L_e \bar{v} \quad (2)$$

Dans le cas d'une conduite circulaire, le débit-volume est donné dans la [Formule \(3\)](#):

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \bar{v} \quad (3)$$

qui, combinée à la [Formule \(2\)](#), donne lieu à la [Formule \(4\)](#):

$$q = \frac{\pi d^2}{4 k_1 L_e} \left(\frac{U_v}{\bar{B}} \right) \quad (4)$$

ou à la [Formule \(5\)](#):

$$q = k_2 U_v \quad (5)$$

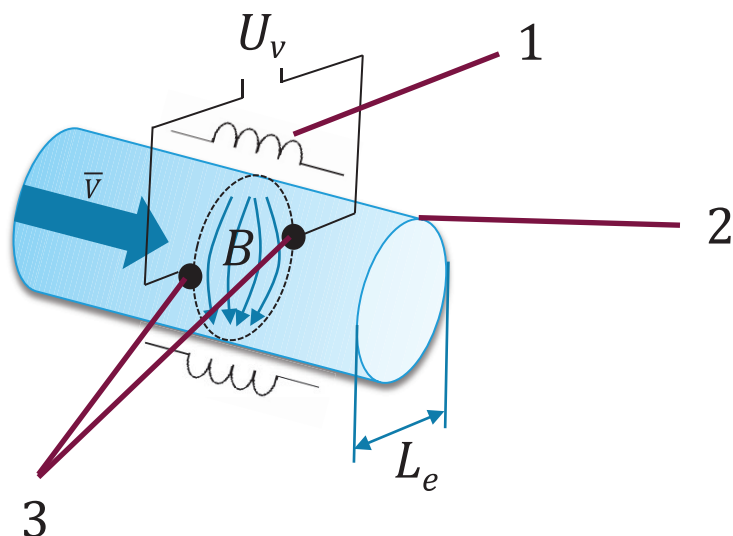
La [Formule \(5\)](#) peut être interprétée de différentes manières pour produire un facteur d'étalonnage qui, en pratique, est généralement déterminé par l'étalonnage par voie humide, comme décrit en [9.1](#).

6 Conception et principe de fonctionnement

6.1 Généralités

Comme indiqué sur le schéma de la [Figure 1](#), le champ magnétique est placé par rapport à un tube de mesure revêtu de sorte que le trajet du liquide conducteur circulant dans le tube de mesure est normal au champ magnétique. Conformément à la loi de Faraday, le déplacement du liquide dans le champ magnétique induit une tension U_v , dans le liquide, dans un trajet mutuellement normal à la fois au champ et au sens de déplacement du liquide. Le fait de placer des électrodes en contact avec le liquide

dans des montages isolés ou d'utiliser des électrodes isolées à couplage capacitif dans le tube de mesure selon un plan diamétral normal au champ magnétique, produit une tension proportionnelle à la vitesse d'écoulement qui peut être traitée par un transmetteur. Les débitmètres reposant sur ce principe peuvent mesurer le débit dans n'importe quelle direction dans le tube de mesure.



Légende

- 1 système de bobines
- 2 tube de mesure revêtu
- 3 électrodes de mesure
- B densité de flux magnétique
- L_e écartement des électrodes de mesure
- U_v signal de débit (tension liée à la vitesse)
- $\bar{v}$ vitesse débitante moyenne du liquide

Figure 1 — Principe de la loi de Faraday

Le débitmètre électromagnétique comprend un capteur à travers lequel s'écoule le liquide process, ainsi qu'un transmetteur qui convertit le signal de débit produit par le capteur en un signal normalisé pour être accepté par les instruments industriels (voir, par exemple, l'IEC 60381-1 et l'IEC 60381-2).

Le système produit un signal de sortie proportionnel au débit-volume (ou à la vitesse moyenne). Généralement, son application est uniquement limitée par l'exigence de conductivité électrique du liquide de mesure.

Le capteur et le transmetteur peuvent être séparés, liés par un ou plusieurs câbles électriques ou intégrés au transmetteur directement raccordé au capteur.

6.2 Capteur

La [Figure 2](#) est une vue éclatée d'un modèle industriel de capteur doté d'un transmetteur intégré. Les principaux composants du capteur sont les suivants.

- a) Le tube de mesure est le tronçon tubulaire du capteur à travers lequel s'écoule le liquide. Pour un débitmètre dont les bobines de champ sont montées à l'extérieur du tube de mesure, il doit être fabriqué dans un matériau non magnétique. Sur un modèle où les bobines de champ sont à l'intérieur du tube de mesure, il peut être fabriqué dans un matériau magnétique.
- b) Un revêtement isolant qui isole électriquement les électrodes de mesure du tube de mesure, ce qui empêche la tension induite U_v de court-circuiter le tube de mesure. Le revêtement peut être

concentrique par rapport à la conduite ou être profilé de façon à fournir une section transversale spécifique au niveau du plan des électrodes de mesure; si le débitmètre n'est pas conducteur, alors il n'est pas obligatoire d'utiliser un revêtement.

- c) Les bobines de champ produisent le champ magnétique. La configuration la plus courante consiste en deux bobines de champ montées diamétralement opposées l'une par rapport à l'autre, même s'il existe des modèles à une seule bobine de champ. Les bobines de champ peuvent être montées à l'extérieur du tube de mesure ou à l'intérieur du tube de mesure isolé du liquide. Les bobines de champ peuvent être:
- excitées par un courant alternatif (CA) sinusoïdal, comme décrit en [6.3.4](#), ou
 - excitées par un courant continu. Dans ce cas, il est courant d'utiliser un courant continu (CC) pulsé comme décrit en [6.3.3](#).
- d) Les électrodes de mesure qui détectent la tension U_v induite. Normalement, elles comprennent des contacts métalliques diamétralement opposés les uns aux autres et positionnés légèrement en dehors du revêtement, en contact direct avec le liquide. Dans certains modèles conçus pour des applications complexes, des électrodes capacitatives qui ne sont pas en contact direct avec le liquide peuvent être utilisées.

Le capteur peut également contenir une électrode de référence ou de terre pour fournir une valeur de référence pour la tension U_v mesurée, et/ou une électrode de détection de conduite vide qui déclenche une alarme lorsqu'elle n'est pas en contact avec le liquide.

Les matériaux utilisés pour le revêtement et pour les électrodes doivent être choisis en fonction du liquide à mesurer (voir [Annexe A](#)).

Généralement, le capteur est raccordé à la conduite à l'aide de brides; cependant, il existe également des modèles sans brides et d'autres raccords de process. Le liquide de process doit être électriquement raccordé au corps du débitmètre à l'aide d'une électrode de terre, d'une conduite adjacente électriquement conductrice et non revêtue ou de bagues de mise à la terre (égalisation des potentiels); voir [8.1.3](#).