



**Norme
internationale**

ISO 24062

**Mesurage du débit des fluides
dans les conduites fermées —
Débitmètres non intrusifs à
ultrasons à temps de transit pour
les liquides et les gaz**

*Measurement of fluid flow in closed conduits — Clamp-on
ultrasonic transit-time meters for liquids and gases*

**Première édition
2023-12**

[ISO 24062:2023](https://standards.iso.org/iso/24062-2023)

<https://standards.iso.org/iso/24062-2023>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 24062:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8359db50-44af-4aa5-94a0-d07f0c8b74f3/iso-24062-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

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
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
3.1 Grandeurs	1
3.2 Conception des débitmètres	2
3.3 Conditions thermodynamiques	2
3.4 Statistiques	3
3.5 Étalonnage	5
3.6 Symboles et indices	5
4 Principe de mesure	6
4.1 Généralités	6
4.2 Description générale	6
4.2.1 Transducteurs	8
4.2.2 Configurations du trajet ultrasonore	9
4.2.3 Fonctionnalité de l'unité électronique	10
4.3 Considérations particulières	11
4.3.1 Gaz	11
4.3.2 Températures extrêmes	11
4.4 Mesurages supplémentaires	11
4.4.1 Débit-volume standard	11
4.4.2 Flux thermique	12
4.4.3 Débit massique	12
5 Étalonnage et essai	12
5.1 Généralités	12
5.2 Essais individuels — Étalonnage en débit dans des conditions d'écoulement	12
5.2.1 Généralités	12
5.2.2 Étalonnage en débit en laboratoire	13
6 Installation	14
6.1 Généralités	14
6.2 Emplacement d'installation	14
6.2.1 Exigences de longueur droite de conduite en amont et en aval et configuration du trajet ultrasonore	14
6.3 Programmation du transmetteur	15
6.4 Données d'entrée de pression et de température	16
6.5 Installation du transducteur	16
6.5.1 Type de transducteur	16
6.5.2 Orientation du transducteur	16
6.5.3 Couplage	16
6.5.4 Montage du transducteur	17
6.6 Considérations relatives au gaz	19
6.7 Câble	19
6.8 Effets supplémentaires liés à l'installation	19
6.8.1 Écoulement non permanent	19
6.8.2 Contamination par la phase secondaire	19
6.8.3 Vibrations	20
6.8.4 Isolation thermique	20
6.8.5 Stratification	20
6.8.6 Considérations relatives au signal de rugosité de la paroi	21
6.8.7 Fluides non newtoniens	21
6.9 Diagnostic opérationnel	21
6.9.1 Vitesse du son dans le fluide	21

6.9.2	Gain.....	21
6.9.3	Rapport signal/bruit	22
7	Maintenance	22
8	Incertitude de mesure.....	22
8.1	Généralités	22
8.2	Modèle mathématique	23
8.3	Évaluation des variances contributives.....	24
8.3.1	Incertitude de mesure de l'aire de la section transversale, $u(A)$	24
8.3.2	Incertitude de mesure du facteur de correction du profil de vitesse, $u(K_p)$	26
8.3.3	Incertitude de mesure du facteur de géométrie du trajet ultrasonore, $u(K_g)$ et du temps.....	26
8.3.4	Incertitude de mesure du temps	26
8.3.5	Incertitude de mesure du temps de retard, $u(t_0)$	27
8.3.6	Effet de plusieurs trajets ultrasonores.....	27
8.4	Effets supplémentaires sur l'incertitude de mesure.....	27
8.4.1	Effet du matériau de la conduite sur la vitesse du son	27
8.4.2	Effet de la vitesse du son dans le fluide	28
8.4.3	Reproductibilité du montage du transmetteur.....	28
8.4.4	Influences extérieures.....	28
Annexe A (informative) Exemples de calcul de l'incertitude de mesure		29
Bibliographie.....		36

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 24062:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8359db50-44af-4aa5-94a0-d07f0c8b74f3/iso-24062-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8359db50-44af-4aa5-94a0-d07f0c8b74f3/iso-24062-2023>

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de 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 nature volontaire des normes, 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 www.iso.org/avant-propos.

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*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Les débitmètres à ultrasons non intrusifs (de type accrochable) sont devenus l'une des technologies de mesure de débit reconnues pour une large gamme d'applications, y compris les mesures du processus et de contrôle. Les dispositifs non intrusifs présentent également des caractéristiques pertinentes pour l'économie, la sécurité et l'environnement. La technologie à ultrasons présente des caractéristiques inhérentes, telles que l'absence de perte de charge et une plage de fonctionnement étendue. Les débitmètres à ultrasons peuvent fournir des informations de diagnostic qui rendent possible la démonstration du bon fonctionnement d'un débitmètre à ultrasons vis-à-vis de ses spécifications techniques.

Le présent document fournit une description des débitmètres non intrusifs (de type accrochable), des domaines d'application types ainsi que des données qu'il convient d'utiliser pour évaluer les performances attendues en matière d'erreurs, de répétabilité et de reproductibilité lorsqu'ils sont utilisés dans des conditions opérationnelles idéales et non idéales.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 24062:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8359db50-44af-4aa5-94a0-d07f0c8b74f3/iso-24062-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8359db50-44af-4aa5-94a0-d07f0c8b74f3/iso-24062-2023>

Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées — Débitmètres non intrusifs à ultrasons à temps de transit pour les liquides et les gaz

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et recommandations relatives aux débitmètres à ultrasons non intrusifs (de type accrochable), qui utilisent le temps de transit des signaux ultrasonores pour mesurer le débit-volume dans les conduites fermées. Les débitmètres à temps de transit sont principalement utilisés pour les fluides monophasiques (liquides et gaz), mais peuvent également être utilisés lorsque d'autres phases sont présentes en petites quantités.

Le présent document spécifie les caractéristiques de performances, d'étalonnage et de sortie, et traite des conditions d'installation.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 4006, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 4006 ainsi que les 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 Grandeurs

3.1.1 débit-volume

q_V

$$q_V = \frac{dV}{dt}$$

où

V est le volume;

t est le temps

[SOURCE: ISO 80000-4:2006, 4-31^[2]]

3.1.2**vitesse moyenne d'écoulement**

v_p
débit-volume (3.1.1) divisé par l'aire de la section transversale de la conduite

3.1.3**vitesse le long du trajet**

v_l
vitesse moyenne du fluide le long d'un trajet ultrasonore (corde)

3.1.4**nombre de Reynolds**

Re_D
paramètre sans dimension, exprimant le rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité dans le fluide:

$$Re_D = \frac{\rho v_A D}{\mu} = \frac{v_A D}{\nu_{kv}}$$

où

ρ est la densité;

v_A est la vitesse moyenne de l'écoulement;

D est le diamètre intérieur de la conduite;

μ est la viscosité dynamique;

ν_{kv} est la viscosité cinématique

3.2 Conception des débitmètres**3.2.1****trajet ultrasonore**

corde
trajet parcouru par un signal ultrasonore entre une paire de transducteurs à ultrasons

3.2.2**unité électronique**

partie du débitmètre qui contrôle les transducteurs, convertit les signaux en débit et fournit les résultats (voir 4.2.3)

3.3 Conditions thermodynamiques**3.3.1****conditions de mesure**

conditions, au point de mesure, du fluide dont le débit-volume doit être mesuré

Note 1 à l'article: Ces conditions sont également appelées «conditions d'utilisation» ou «conditions réelles».

3.3.2**conditions standard**

conditions de température et de pression utilisées lors du mesurage du volume de fluide, de sorte que le volume standard corresponde au volume qui serait occupé par une quantité de fluide si le fluide se trouve à une température et une pression standard

Note 1 à l'article: Les conditions standard peuvent être définies par les réglementations ou par contrat.

Note 2 à l'article: Alternatives non recommandées: conditions de référence, conditions de base, conditions normales, etc. (voir l'ISO 91[3]).

Note 3 à l'article: Les conditions standard et de mesure se réfèrent uniquement au volume du fluide à mesurer ou au volume indiqué et il convient de ne pas les confondre avec les conditions d'utilisation évaluées ou les conditions de référence (voir Guide ISO/IEC 99:2007, 4.9 et 4.11^[4]), qui se réfèrent aux grandeurs d'influence (voir Guide ISO/IEC 99:2007, 2.52^[4]).

3.4 Statistiques

3.4.1

erreur

différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.16^[4]]

3.4.2

répétabilité (des résultats des mesurages)

étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués dans la totalité des mêmes conditions de mesure

Note 1 à l'article: Ces conditions sont appelées conditions de répétabilité.

Note 2 à l'article: Les conditions de répétabilité comprennent:

- même mode opératoire;
- même observateur;
- même instrument de mesure, utilisé dans les mêmes conditions;
- même lieu;
- répétition durant une courte période.

Note 3 à l'article: La répétabilité peut s'exprimer quantitativement à l'aide des caractéristiques de dispersion des résultats.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.15^[5]]

3.4.3

reproductibilité (des résultats des mesurages)

étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages du même mesurande, mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure

Note 1 à l'article: Pour qu'une expression de la reproductibilité soit valable, il est nécessaire de spécifier les conditions que l'on fait varier.

Note 2 à l'article: Les conditions que l'on fait varier peuvent comprendre:

- principe de mesure;
- méthode de mesure;
- observateur;
- instrument de mesure;
- étalon de référence;
- lieu;
- conditions d'utilisation;
- temps.

Note 3 à l'article: La reproductibilité peut s'exprimer quantitativement à l'aide des caractéristiques de dispersion des résultats.

Note 4 à l'article: Les résultats considérés ici sont habituellement les résultats corrigés.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.16^[5]]

3.4.4

résolution

plus petite différence d'indications d'un débitmètre qui peut être perçue de manière significative

3.4.5

lecture à débit nul

lecture du débitmètre lorsque le fluide est au repos, c'est-à-dire lorsque les composantes de vitesse axiale et non axiale sont nécessairement nulles

3.4.6

incertitude (de mesure)

paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande

Note 1 à l'article: Le paramètre peut être, par exemple, un écart-type (ou un multiple de celui-ci) ou la demi-largeur d'un intervalle de niveau de confiance déterminé.

Note 2 à l'article: L'incertitude de mesure comprend, en général, plusieurs composantes. Certaines peuvent être évaluées à partir de la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par des écarts-types expérimentaux. Les autres composantes, qui peuvent aussi être caractérisées par des écarts-types, sont évaluées en admettant des lois de probabilité, d'après l'expérience acquise ou d'après d'autres informations.

Note 3 à l'article: Il est entendu que le résultat du mesurage est la meilleure estimation de la valeur du mesurande, et que toutes les composantes de l'incertitude, y compris celles qui proviennent d'effets systématiques, telles que les composantes associées aux corrections et aux étalons de référence, contribuent à la dispersion.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.18^[5]]

3.4.7

incertitude-type

u

incertitude du résultat d'un mesurage exprimée sous la forme d'un écart-type

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.1^[5]]

3.4.8

incertitude élargie

U

grandeur définissant un intervalle autour du résultat d'un mesurage, dont on peut s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.5^[5]]

Note 1 à l'article: La fraction élevée est normalement de 95 % et est généralement associée à un facteur d'élargissement $k = 1,96$.

Note 2 à l'article: L'incertitude élargie est souvent appelée l'incertitude.

3.4.9

facteur d'élargissement

facteur numérique utilisé comme multiplicateur de l'incertitude-type pour obtenir l'*incertitude élargie* (3.4.8)

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.6^[5]]

3.5 Étalonnage

3.5.1

étalonnage en débit

étalonnage d'un débitmètre par rapport à une référence à l'aide d'un fluide s'écoulant par le débitmètre

3.6 Symboles et indices

La liste des symboles et indices utilisés dans le présent document est donnée dans les [Tableaux 1](#) et [2](#).

Tableau 1 — Symboles

Grandeur	Symbole	Dimension ^a	Unité SI
Aire de la section transversale de la conduite	A	L^2	m^2
Vitesse du son dans le fluide	c	LT^{-1}	m/s
Diamètre intérieur de la conduite	D_i	L	m
Diamètre extérieur de la conduite	D_e	L	m
Nombres entiers (1, 2, 3...)	i, j, n	—	1
Facteur d'étalonnage	K	—	1
Facteur de géométrie du trajet ultrasonore	K_g	L^b ou LT^{-1c}	m^b ou m/s^c
Facteur de correction du profil de vitesse	K_p	—	1
Distance minimale par rapport à une perturbation de l'écoulement spécifique en amont	l_{min}	L	m
Longueur du trajet	l_p	L	m
Pression absolue	p	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Débit-volume	q_v	L^3T^{-1}	m^3/s
Nombre de Reynolds rapporté à la conduite	Re_D	—	1
Temps de transit	t_{tr}	T	s
Retard	t_0	T	s
Compressibilité	Z	$M^{-1}LT^{-1}$	Pa^{-1}
Épaisseur de paroi de la conduite	δ	L	m
Viscosité dynamique	μ	$ML^{-1}T^{-1}$	$Pa \cdot s$
Viscosité cinématique	ν_{kv}	L^2T^{-1}	m^2/s
Masse volumique du fluide	ρ	ML^{-3}	kg/m^3
Angle entre le trajet ultrasonore et l'axe de la conduite	ϕ	—	rad
^a M = masse, L = longueur, T = temps, θ = température.			
^b Configuration sans réfraction.			
^c Configuration avec réfraction.			

Tableau 2 — Indices

Indice	Signification
cal	dans des conditions d'étalonnage
mes	mesuré (sans correction)
op	dans des conditions opérationnelles
vrai	réel (avec correction)

4 Principe de mesure

4.1 Généralités

Le présent paragraphe est une description générique des débitmètres à ultrasons pour les liquides et les gaz. Il reconnaît les possibilités de variation au sein des conceptions commerciales et le potentiel de nouveaux développements. Pour les besoins de la description, les débitmètres à ultrasons sont considérés comme étant constitués de plusieurs composants, à savoir:

- a) les transducteurs et dispositifs de montage;
- b) l'unité électronique de traitement et d'affichage des données.

4.2 Description générale

Les débitmètres à ultrasons à temps de transit de type accrochable permettent de réaliser des mesurages non intrusifs. La [Figure 1](#) décrit la configuration du système de base pour démontrer le principe. Une paire de transducteurs est située à l'extérieur de la conduite. Les transducteurs fonctionnent alternativement en tant qu'émetteur et récepteur. Les impulsions ultrasonores sont envoyées à travers le fluide, dans le sens de l'écoulement, ainsi que dans le sens inverse. Le temps de transit t_{me_dn} du signal ultrasonore se propageant dans le sens de l'écoulement (vers l'aval) est plus court que le temps de transit t_{me_up} du signal se propageant dans le sens inverse de l'écoulement (vers l'amont). La vitesse moyenne de l'écoulement, v_l , sur le trajet ultrasonore est directement proportionnelle à la différence en temps de transit mesurée, Δt [\[6\]](#):

$$v_l = \frac{c_t}{\cos \phi_t} \frac{\Delta t}{(t_{me_up} + t_{me_dn} - 2t_0)} \quad (1)$$

Le temps de retard t_0 est la partie du temps de transit en dehors du fluide en circulation. La moyenne des temps de transit mesurés en amont et en aval correspond au temps de transit t_{tr} lorsque l'écoulement est nul:

$$t_{tr} = \frac{1}{2}(t_{me_up} + t_{me_dn}) \quad (2)$$

L'angle ϕ_t et la vitesse du son c_t dans le sabot définissent les angles de propagation δ et ϕ dans la paroi de la conduite et le fluide conformément à la loi de Snell:

$$K_g = \frac{c_t}{\cos \phi_t} = \frac{c_\Delta}{\cos \phi_\delta} = \frac{c}{\cos \phi} \quad (3)$$

K_g peut être désigné comme étant le facteur de géométrie du trajet ultrasonore, conformément à [\[6\]](#). Le signal ultrasonore est décalé dans la direction axiale tout en se propageant à travers le fluide en circulation. K_g définit le rapport entre le décalage et la différence de temps mesurée. Avec les [Formules \(2\)](#) et [\(3\)](#), la [Formule \(1\)](#) donne:

$$v_l = K_g \frac{\Delta t}{2(t_{tr} - t_0)} \quad (4)$$

Lorsque plusieurs trajets sont installés, une somme pondérée des vitesses le long de chaque trajet est calculée.