
Norme internationale



7145

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Détermination du débit des fluides dans les conduites fermées de section circulaire — Méthode par mesure de la vitesse en un seul point

Determination of flowrate of fluids in closed conduits of circular cross-section — Method of velocity measurement at one point of the cross-section

iTeh STANDARD PREVIEW

Première édition — 1982-09-15 (standards.iteh.ai)

[ISO 7145:1982](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b342467-9f92-4b0a-9a1c-8cf241029fdb/iso-7145-1982)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b342467-9f92-4b0a-9a1c-8cf241029fdb/iso-7145-1982>

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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 7145 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, et a été soumise aux comités membres en avril 1981.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée : [ISO 7145:1982](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b342467-9f92-4b0a-9a1c-8cf241029f1b/iso-7145-1982)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b342467-9f92-4b0a-9a1c-8cf241029f1b/iso-7145-1982>

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Portugal
Australie	Inde	Roumanie
Belgique	Italie	Royaume-Uni
Corée, Rép. de	Japon	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. dém. p. de	Norvège	URSS
Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Allemagne, R.F.
USA

Sommaire

	Page
1 Objet et domaine d'application	1
2 Symboles et définitions	1
3 Principe	3
4 Mode opératoire	4
5 Incertitudes des mesures	5

Annexes

A Détermination du gradient transversal de vitesse au point de vitesse débitante	8
B Exemple de calcul de l'erreur limite d'une mesure de débit lorsque l'élément primaire est placé au point de vitesse débitante	9
C Exemple de calcul de l'erreur limite d'une mesure de débit lorsque l'élément primaire est placé sur l'axe de la conduite	10

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7145:1982

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b342467-9f92-4b0a-9a1c-8cf241029fdb/iso-7145-1982>

Détermination du débit des fluides dans les conduites fermées de section circulaire — Méthode par mesure de la vitesse en un seul point

1 Objet et domaine d'application

1.1 Objet

La présente Norme internationale spécifie une méthode de détermination du débit-volume d'un fluide monophasique, incompressible ou pouvant être considéré comme tel (nombre de Mach $\leq 0,25$), en écoulement permanent pleinement établi dans une conduite fermée de section droite circulaire et complètement remplie par le fluide, par mesure de la vitesse d'écoulement en un seul point.

La méthode prévoit la possibilité de placer l'élément primaire de mesure de la vitesse soit au point présumé où règne la vitesse débitante, c'est-à-dire à une distance de $0,242R$ de la paroi de la conduite (R étant le rayon de la conduite), soit sur l'axe de la conduite.

Lorsqu'il peut y avoir doute sur la symétrie de l'écoulement, il est souhaitable d'utiliser au moins deux points de mesure régulièrement répartis sur une même circonférence, à la distance de la paroi définie ci-dessus.

1.2 Domaine d'application

La méthode spécifiée dans la présente Norme internationale n'est applicable que si les conditions suivantes sont remplies :

- a) La conduite doit présenter un tronçon rectiligne suffisamment long pour que l'on observe dans la section de mesure une répartition des vitesses correspondant à un écoulement établi en régime turbulent (voir 2.3.5).

Le coefficient de perte de charge λ de la conduite ne doit pas être supérieur à 0,06.

- b) Le régime d'écoulement doit être turbulent et le nombre de Reynolds Re_D doit être supérieur ou égal aux valeurs suivantes :

λ	$> 0,03$	0,025	0,02	0,01
Re_D	10^4	3×10^4	10^5	10^6

Lorsque l'on mesure la vitesse sur l'axe de la conduite, l'écoulement doit être turbulent rugueux (voir 2.3.6). Le nombre de Reynolds Re_D doit alors être supérieur ou égal aux valeurs suivantes :

λ	0,06	0,05	0,04	0,03	0,025	0,02	0,01
Re_D	3×10^4	5×10^4	10^5	3×10^5	5×10^5	10^6	5×10^7

- c) Les données expérimentales sur lesquelles repose la présente Norme internationale portent principalement sur les conduites de diamètre supérieur ou égal à 300 mm, mais il y a toutes raisons de penser que la méthode peut s'appliquer à des conduites de diamètre plus petit.

- d) En aucun point de la section de mesure, la direction de la vitesse locale ne doit faire un angle supérieur à 5° avec l'axe de la conduite.

Cette condition peut être vérifiée soit avec la sonde utilisée pour les mesures, si sa conception le permet, soit avec une sonde de type différent. On peut admettre que si la condition requise est vérifiée pour un débit donné q , elle est également satisfaite dans la gamme de $q/3$ à $3q$.

1.3 Précision de la méthode

A titre indicatif, on peut estimer que la détermination du débit à partir d'une mesure de vitesse en un seul point, faite conformément aux exigences de la présente Norme internationale peut conduire à une erreur limite (au niveau de confiance de 95 %) ne dépassant pas $\pm 3\%$. Toutefois, l'erreur limite sur le débit doit être calculée dans chaque cas particulier d'application de la présente Norme internationale en fonction du type d'élément primaire, de son mode d'utilisation et, le cas échéant, de sa méthode d'étalonnage ainsi que des conditions de mesure.

2 Symboles et définitions

2.1 Références

Le vocabulaire et les symboles utilisés dans la présente Norme internationale sont définis dans les Normes internationales suivantes :

ISO 3354, *Mesure du débit d'eau propre dans les conduites fermées — Méthodes d'exploration du champ des vitesses au moyen de moulinets.*

ISO 3966, *Mesure du débit des fluides dans les conduites fermées — Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles.*

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

ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

Les définitions qui figurent en 2.3 ne sont données que pour des termes employés dans un sens spécial dont il semble utile de rappeler la signification.

2.2 Symboles

Symbole	Grandeur	Dimensions ¹⁾	Unité SI
<i>A</i>	Aire de la section transversale de la conduite	L ²	m ²
<i>a</i>	Hauteur d'une saillie sur la paroi extérieure de la conduite	L	m
<i>D</i>	Diamètre de la conduite	L	m
<i>d</i>	Diamètre de la partie active de l'élément primaire	L	m
<i>e</i>	Erreur limite, en valeur absolue	2)	2)
<i>E</i>	Erreur limite, en valeur relative	sans	
<i>k</i>	Rugosité uniforme équivalente	L	m
<i>P</i>	Périmètre extérieur de la conduite	L	m
<i>q_V</i>	Débit-volume	L ³ T ⁻¹	m ³ /s
<i>R</i>	Rayon de la conduite	L	m
<i>Re_D</i>	Nombre de Reynolds, $Re_D = \frac{UD}{\nu}$	sans	
<i>s</i>	Écart-type	2)	2)
<i>U</i>	Vitesse débitante	LT ⁻¹	m/s
<i>u*</i>	Vitesse de frottement, $u^* = U \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$	LT ⁻¹	m/s
<i>v</i>	Vitesse locale du fluide	LT ⁻¹	m/s
<i>v₀</i>	Vitesse locale au centre de la conduite	LT ⁻¹	m/s
<i>v*</i>	Vitesse locale adimensionnelle, $v^* = \frac{v}{U}$	sans	
<i>y</i>	Distance d'un point de mesure à la paroi	L	m
<i>y*</i>	Distance adimensionnelle d'un point de mesure à la paroi, $y^* = \frac{y}{R}$	sans	
<i>λ</i>	Coefficient universel de perte de charge défini par la formule $\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \times \frac{1}{2} \rho U^2$ où Δ <i>p</i> est la perte de pression dans une longueur <i>L</i> de la conduite et ρ est la masse volumique du fluide	sans	
<i>ν</i>	Viscosité cinématique du fluide	L ² T ⁻¹	m ² /s

1) L = longueur, T = temps

2) Les dimensions et les unités sont celles de la grandeur à laquelle le symbole se rapporte, et qui sera précisée par un indice.

2.3 Définitions

2.3.1 élément primaire de mesure de vitesse : Tout dispositif transformant une vitesse locale de l'écoulement en grandeur physique commode à mesurer (par exemple : pression différentielle, fréquence d'un signal électrique, etc.).

NOTE — Par la suite, tout au long de ce document, on utilisera simplement l'expression «élément primaire» au lieu de «élément primaire de mesure de vitesse».

2.3.2 point de mesure : Tout point où l'on mesure la vitesse locale de l'écoulement.

2.3.3 vitesse débitante : Rapport du débit-volume à l'aire de la section de mesurage, soit

$$U = \frac{q_V}{A}$$

2.3.4 point de vitesse débitante : Dans une section droite de la conduite, point où la vitesse locale de l'écoulement est égale à la vitesse débitante.

2.3.5 écoulement pleinement établi : Écoulement dans lequel la répartition des vitesses est invariable d'une section droite à l'autre. Il est généralement obtenu à la sortie d'un tronçon rectiligne de conduite d'une longueur suffisante (voir 4.1).

2.3.6 régime turbulent rugueux : Régime d'écoulement pour lequel, dans une conduite de rugosité relative donnée, le coefficient universel de perte de charge est indépendant du nombre de Reynolds. On considère qu'il en est ainsi lorsque :

$$Re_D > 500 \times 10^{\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}}$$

ou

$$Re_D > 1850 \frac{D}{k}$$

3 Principe

3.1 Généralités

Le principe de la détermination du débit à partir de la mesure de la vitesse locale en un seul point repose sur l'existence de lois valables pour toutes les conduites, dans la mesure où tous les paramètres restent dans les limites indiquées en 1.2, qui relie la valeur de la vitesse locale en un point déterminé d'une section droite à la valeur de la vitesse débitante dans cette section.

Deux variantes de cette méthode, qui diffèrent par la position du point de mesure, sont décrites en 3.2 et 3.3. Il faut cependant souligner que ces deux méthodes ne sont pas équivalentes, car la seconde nécessite un étalonnage préalable.

3.2 Mesure au point de vitesse débitante

Sur la base d'un nombre important de résultats expérimentaux, on a pu établir qu'en régime turbulent et dans les limites indiquées en 1.2, le rayon relatif du cercle sur lequel la vitesse locale est égale à la vitesse débitante reste fixe lorsque le débit varie et quelle que soit la conduite. Ce cercle est situé à une distance de la paroi $y_1 = (0,242 \pm 0,013) R$, R étant le rayon de la section droite.

Le principe de la méthode consiste alors :

- À choisir une section de mesure (voir 4.1).
- À mesurer les dimensions de cette section afin d'obtenir son aire A (voir 4.2).
- À choisir, à la distance y_1 de la paroi indiquée ci-dessus, le point de mesure de la vitesse (voir 4.4.1).
- À mesurer la vitesse locale v_1 de l'écoulement, conformément aux prescriptions particulières requises par l'élément primaire utilisé (voir 4.3).
- À calculer le débit-volume, égal au produit de l'aire de la section par la vitesse mesurée (v_1) considérée comme étant la vitesse débitante (U) :

$$q_V = A \times U = A \times v_1$$

- À déterminer l'erreur limite attachée à cette mesure de débit (voir chapitre 5).

3.3 Mesure sur l'axe de la conduite

Lorsque la méthode précédente ne peut pas être appliquée, on peut mesurer la vitesse locale de l'écoulement au centre de la section de mesure, sur l'axe de la conduite. Cependant, il est alors nécessaire de procéder à un étalonnage en déterminant au préalable le rapport U/v_0 de la vitesse débitante à la vitesse au centre. Ce rapport reste sensiblement constant en régime turbulent rugueux dans une conduite donnée.

Le principe de la méthode consiste alors :

- À choisir une section de mesure (voir 4.1).
- À mesurer les dimensions de cette section afin d'obtenir son aire A (voir 4.2).
- À mesurer la vitesse locale de l'écoulement au centre de la section, v_0 , conformément aux prescriptions particulières requises par l'élément primaire utilisé (voir 4.3).
- À calculer la vitesse débitante, U , en multipliant la vitesse mesurée au centre, v_0 , par le coefficient d'étalonnage préalablement déterminé (voir 4.4.2).
- À calculer le débit-volume, égal au produit de l'aire de la section par la vitesse débitante :

$$q_V = A \times U = A \times v_0 \times \left(\frac{U}{v_0}\right)$$

- À déterminer l'erreur limite attachée à cette mesure de débit (voir chapitre 5).

4 Mode opératoire

4.1 Choix de la section de mesure

La section de mesure doit être située sur un tronçon rectiligne de la conduite. Pour que l'on ait les meilleures chances d'être en écoulement établi, la longueur du tronçon rectiligne en amont de la section de mesure doit être la plus grande possible, mais en tout cas au moins égale aux valeurs du tableau ci-dessous.

Type de perturbation en amont de la section de mesure	Longueur droite amont minimale*	
	Pour une mesure au point de vitesse débitante	Pour une mesure sur l'axe de la conduite
Coude à 90° ou té	50	25
Plusieurs coudes à 90° coplanaires	50	25
Plusieurs coudes à 90° non coplanaires	80	50
Convergent d'angle total 18 à 36°	30	10
Divergent d'angle total 14 à 28°	55	25
Vanne papillon grande ouverte	45	25
Vanne à opercule grande ouverte	30	15

* Exprimée en multiples du diamètre de la conduite.

À l'aval de la section de mesure, la longueur droite doit, quel que soit le type de perturbation, être au moins égale à cinq diamètres.

4.2 Détermination de l'aire de la section de mesure

4.2.1 Calcul de l'aire à partir du diamètre moyen

Normalement, l'aire de la section de mesure doit être calculée à partir du diamètre moyen de la conduite, pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées suivant quatre diamètres de la section faisant entre eux des angles sensiblement égaux. Si la différence entre les longueurs de deux diamètres successifs est supérieure à 0,5 %, le nombre de diamètres mesurés doit être doublé.

4.2.2 Calcul de l'aire à partir du périmètre

Si l'on n'a pas la possibilité de mesurer directement le diamètre intérieur de la conduite, on pourra admettre de déterminer l'aire de la section de mesure en mesurant le périmètre extérieur P , corrigé éventuellement de ΔP défini ci-après, et en tenant compte de l'épaisseur de la paroi e , suivant la formule

$$A = \frac{\pi}{4} \left(\frac{P - \Delta P}{\pi} - 2e \right)^2$$

Lorsque cette méthode est utilisée, la surface extérieure de la conduite doit être minutieusement débarrassée de ses aspérités. En cas de saillies locales telles que des cordons de soudure,

on soustraira de la valeur mesurée du périmètre une correction ΔP calculée pour chaque saillie d'après la formule

$$\Delta P = \frac{8}{3} a \sqrt{\frac{a}{D}}$$

où a est la hauteur de la saillie.

Cette méthode ne peut pas être utilisée si le nombre ou les positions des saillies sont tels que le ruban de mesure ne touche pas la paroi de la conduite entre les saillies, ou si la hauteur d'une saillie dépasse 1 % du diamètre interne de la conduite.

4.3 Spécifications relatives à l'élément primaire

4.3.1 Choix de l'élément primaire et de son support

L'élément primaire doit être choisi en tenant compte des propriétés du fluide mesuré et de la présence éventuelle de matières en solution ou en suspension. Son mode de fixation doit être étudié en tenant compte des interférences possibles entre le support et l'élément primaire (influence sur l'étalonnage, effet d'obstruction) et de façon à ce qu'il n'y ait pas de risques de vibrations dans toute la gamme des débits envisagés.

L'élément primaire utilisé doit normalement être un moulinet ou un tube de Pitot double et il devra être employé et installé conformément à la Norme internationale correspondante (ISO 3354 et ISO 3966, respectivement), sauf spécifications contraires de la présente Norme internationale. D'autres éléments primaires de mesure de la vitesse locale ne pourront être utilisés que si l'on a vérifié qu'ils sont bien adaptés aux conditions de mesure prévues, au moyen d'un étalonnage effectué soit à l'emplacement même de la mesure, soit dans des conditions d'écoulement et de fixation similaires. Cet étalonnage doit conduire à une erreur limite maximale de ± 1 % sur la mesure de la vitesse locale.

4.3.2 Limitations dimensionnelles

L'influence du gradient transversal de vitesse et de l'effet d'obstruction dû à l'élément primaire et à son support conduisent à des limitations dimensionnelles de l'appareil utilisé.

Dans le cas d'un tube de Pitot placé au point de vitesse débitante, le rapport du diamètre de l'antenne au diamètre de la conduite ne doit pas dépasser 0,02. Si le tube de Pitot est placé sur l'axe de la conduite, ce rapport pourra, si nécessaire, atteindre 0,06.

Dans le cas d'un moulinet, quelle que soit la position de mesure, le rapport du diamètre de l'hélice au diamètre de la conduite ne doit pas dépasser 0,11.

4.4 Détermination de la vitesse débitante

Les déterminations de la vitesse locale et les corrections à leur apporter doivent être effectuées conformément à la Norme internationale correspondant à l'élément primaire utilisé.

4.4.1 Mesure au point de vitesse débitante

Lorsque cela est possible, et notamment lorsque l'indication de l'élément primaire ne risque pas d'être faussée par le gradient transversal de vitesse et lorsque la longueur droite disponible est suffisante, la mesure doit être effectuée en un point où la vitesse locale est présumée égale à la vitesse débitante.

Pour cela, l'élément primaire doit être installé à une distance de la paroi intérieure de la conduite égale à $0,242 R$, avec une tolérance inférieure ou égale à $\pm 0,01 R$, cette distance étant calculée par rapport au diamètre sur lequel est installé l'élément primaire et non par rapport au diamètre moyen de la conduite.

4.4.2 Mesure sur l'axe de la conduite

Si l'élément primaire n'assure pas la précision requise du fait du gradient transversal de vitesse, ou si ses dimensions ne satisfont pas les exigences indiquées en 4.3.2 pour une mesure au point de vitesse débitante, ou encore si la longueur droite disponible est comprise entre les valeurs figurant respectivement dans les deux colonnes du tableau de 4.1, il reste possible de mesurer le débit en plaçant l'élément primaire sur l'axe de la conduite. Cependant, il est alors nécessaire de procéder à un étalonnage en déterminant préalablement le rapport de la vitesse débitante à la vitesse au centre.

Ce rapport reste en principe constant dans tout le domaine du régime turbulent rugueux. Il est cependant recommandé, chaque fois que cela est possible, de le vérifier en effectuant cet étalonnage pour deux ou trois régimes aussi différents que possible et couvrant la gamme des débits envisagés.

L'étalonnage peut être obtenu soit en mesurant la vitesse au point de vitesse débitante comme indiqué en 4.4.1, soit en utilisant toute autre méthode de mesure de débit qui permette d'obtenir une erreur limite ne dépassant pas $\pm 2\%$. Il est bien évident que la précision des mesures de débit ultérieures dépendra directement de la précision de la méthode de mesure de débit ayant servi à l'étalonnage.

NOTE — L'étalonnage par une mesure au point de vitesse débitante n'est possible que si la longueur droite amont est supérieure aux valeurs données dans la première colonne du tableau de 4.1.

5 Incertitudes des mesures

Le présent chapitre définit certains des termes statistiques fondamentaux utilisés dans la présente Norme internationale et spécifie la méthode servant à évaluer l'incertitude d'une mesure de débit-volume à partir de la liste des sources d'erreur pouvant intervenir dans la mesure de la vitesse locale et dans le calcul du débit.

Les annexes B et C donnent des exemples de calcul de l'erreur limite globale, qui ont seulement pour but d'illustrer la méthode de calcul exposée ci-après mais ne sauraient en aucun cas fournir des valeurs types des différentes incertitudes; chaque cas particulier doit pour cela faire l'objet d'une étude soignée.

5.1 Définition de l'écart-type¹⁾

5.1.1 Si l'on mesure une variable X plusieurs fois, chaque mesure étant indépendante des autres, l'écart-type s_x de la distribution de n mesures X_i est estimé à l'aide de l'équation

$$s_x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

où

\bar{X} est la moyenne arithmétique de n mesures de la variable X ;

X_i est la valeur obtenue pour la $i^{\text{ème}}$ mesure de la variable X ;

n est le nombre total de mesures de X .

Pour abrégé, on considère généralement s_x comme l'écart-type de X .

5.1.2 Si l'on ne dispose pas de plusieurs mesures de la variable X , ou si ces mesures sont trop peu nombreuses pour permettre un calcul direct de l'écart-type sur une base statistique, et si l'on connaît la gamme maximale dans laquelle se situent les mesures, on considère que l'écart-type est égal à $1/4$ de cette gamme.

5.2 Propagation des erreurs

Soient X_1, X_2, \dots, X_k les diverses grandeurs indépendantes dont la connaissance permet le calcul du débit q_v ; celui-ci peut s'exprimer comme une fonction donnée de ces variables :

$$q_v = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

Soient s_1, s_2, \dots, s_k les estimations des écarts-types sur les grandeurs X_1, X_2, \dots, X_k ; une estimation de l'écart-type s_{q_v} sur la mesure du débit peut être donnée par :

$$s_{q_v} = \left[\left(\frac{\partial q_v}{\partial X_1} s_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial q_v}{\partial X_2} s_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial q_v}{\partial X_k} s_k \right)^2 \right]^{1/2}$$

où $\frac{\partial q_v}{\partial X_1}, \frac{\partial q_v}{\partial X_2}, \dots, \frac{\partial q_v}{\partial X_k}$ sont des dérivées partielles.

5.3 Définition de l'erreur limite

5.3.1 Aux termes de la présente Norme internationale, l'erreur limite sur la mesure d'une variable se définit comme le double de l'écart-type de cette variable. L'erreur limite doit être calculée et présentée sous cette appellation lors de toute mesure réputée conforme à la présente norme.

1) L'écart-type défini ici est ce que les statisticiens appellent plus précisément l'«estimation de l'écart-type».