
**Mesurage du débit des fluides au
moyen d'appareils déprimogènes —
Lignes directrices pour la spécification
des diaphragmes, des tuyères et des
tubes de Venturi non couverts par la
série de l'ISO 5167**

*Measurement of fluid flow by means of pressure-differential
devices — Guidelines for the specification of orifice plates, nozzles and
Venturi tubes beyond the scope of ISO 5167 series*

[ISO/TR 15377:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/779f40d3-7137-490d-b386-2c2825d32ec0/iso-tr-15377-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/779f40d3-7137-490d-b386-2c2825d32ec0/iso-tr-15377-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 15377:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/779f40d3-7137-490d-b386-2c2825d32ec0/iso-tr-15377-2023>



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
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	1
5 Diaphragmes et tuyères à arête rectangulaire: avec des trous de drainage, dans des conduites d'un diamètre inférieur à 50 mm et utilisés comme appareils d'entrée et de sortie	3
5.1 Trous de drainage à travers la face amont du diaphragme ou de la tuyère à arête rectangulaire	3
5.1.1 Généralités	3
5.1.2 Diaphragmes à arête rectangulaire	3
5.1.3 Tuyères ISA 1932	5
5.1.4 Tuyères à long rayon	5
5.2 Diaphragmes à arête rectangulaire installés dans des conduites d'un diamètre de $25 \text{ mm} \leq D < 50 \text{ mm}$	6
5.2.1 Généralités	6
5.2.2 Limites d'utilisation	6
5.2.3 Coefficients de décharge et incertitudes correspondantes	6
5.3 Pas de canalisation amont ou aval	6
5.3.1 Généralités	6
5.3.2 Écoulement à partir d'un grand volume (pas de canalisation amont) dans une canalisation ou dans un autre grand volume	6
5.3.3 Écoulement dans un grand volume (pas de canalisation aval)	9
6 Diaphragmes (excepté ceux à arête rectangulaire)	10
6.1 Diaphragmes à entrée conique	10
6.1.1 Généralités	10
6.1.2 Limites d'utilisation	10
6.1.3 Description	10
6.1.4 Prises de pression	13
6.1.5 Coefficients et incertitudes correspondantes	14
6.2 Diaphragmes quart de cercle	14
6.2.1 Généralités	14
6.2.2 Limites d'utilisation	14
6.2.3 Description	15
6.2.4 Prises de pression	18
6.2.5 Coefficients et incertitudes correspondantes	18
6.3 Diaphragmes excentriques	20
6.3.1 Généralités	20
6.3.2 Limites d'utilisation	20
6.3.3 Description	20
6.3.4 Coefficients et incertitudes correspondantes	23
7 Tubes de Venturi à convergent usiné à un angle de 10,5°	25
7.1 Généralités	25
7.2 Description	25
7.3 Limites d'utilisation	25
7.4 Coefficient de décharge	26
7.5 Coefficient de détente	26
7.6 Perte de pression	26
7.7 Longueurs droites d'installation	26
Annexe A (informative) Exemple de calculs en 5.1.2	28

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 15377:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/779f40d3-7137-490d-b386-2c2825d32ec0/iso-tr-15377-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/779f40d3-7137-490d-b386-2c2825d32ec0/iso-tr-15377-2023>

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 tout ou partie de tels droits de brevet.

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 2, *Appareils déprimogènes*.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO/TR 15377:2018), qui a fait l'objet d'une révision technique.

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.

Mesurage du débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes — Lignes directrices pour la spécification des diaphragmes, des tuyères et des tubes de Venturi non couverts par la série de l'ISO 5167

1 Domaine d'application

Le présent document décrit la géométrie et le mode d'emploi des diaphragmes à entrée conique, des diaphragmes quart de cercle, des diaphragmes excentriques et des tubes de Venturi avec un angle de convergent de 10,5°. Des informations sont également données pour les diaphragmes et tuyères à arête rectangulaire utilisés dans des conditions qui sont hors du domaine d'application de la série ISO 5167.

NOTE Les données sur lesquelles est basé le présent document sont limitées dans certains cas.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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*

ISO 5167-1, *Mesurage de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 1: Principes généraux et exigences générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 4006 et l'ISO 5167-1 s'appliquent.

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles

Symboles	Grandeur représentée	Dimensions M: masse L: longueur T: temps	Unité SI
a	Diamètre du trou de la prise de pression	L	m
C	Coefficient de décharge	sans dimension	

^a Pour les applications avec des trous de drainage, d est calculé à partir des valeurs mesurées d_m et d_k [voir les [Formules \(1\)](#) et [\(11\)](#)].

NOTE 1 Les autres symboles utilisés dans le présent document sont définis à l'endroit où ils sont employés.

NOTE 2 L'indice 1 fait référence à la section transversale dans le plan de la prise de pression amont. L'indice 2 fait référence à la section transversale dans le plan de la prise de pression aval.

Tableau 1 (suite)

Symboles	Grandeur représentée	Dimensions	
		M: masse L: longueur T: temps	Unité SI
d	Diamètre de l'orifice (ou du col) de l'élément primaire dans les conditions de service ^a	L	m
d_k	Diamètre du trou de drainage mesuré	L	m
d_m	Diamètre de l'orifice ou du col (lorsque l'orifice ou la tuyère comporte un trou de drainage)	L	m
D	Diamètre intérieur de la conduite en amont (ou diamètre amont d'un tube de Venturi classique) dans les conditions de service	L	m
d_{tap}	Diamètre des prises de pression d'un tube de Venturi	L	m
e	Épaisseur de l'orifice	L	m
E, E_1	Épaisseur du diaphragme	L	m
F_E	Facteur de correction	sans dimension	
k	Rugosité uniforme équivalente	L	m
l	Éloignement d'une prise de pression	L	m
L	Éloignement relatif d'une prise de pression: $L = l/D$	sans dimension	
p	Pression statique du fluide	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
q_m	Débit-masse	MT^{-1}	kg/s
r	Rayon du profil	L	m
Ra	Écart moyen arithmétique du profil (de rugosité)	L	m
Re	Nombre de Reynolds	sans dimension	
Re_D	Nombre de Reynolds rapporté à la conduite	sans dimension	
Re_d	Nombre de Reynolds au col	sans dimension	
Re^*	Nombre de Reynolds de la prise au col ($= d_{\text{tap}} Re_d/d$)	sans dimension	
β	Rapport des diamètres, $\beta = \frac{d}{D}$	sans dimension	
Δp	Pression différentielle	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
ε	Coefficient de détente	sans dimension	
θ	Angle entre les prises de pression utilisées et la droite passant par le centre de la conduite et le centre du trou de drainage	sans dimension	°
κ	Exposant isentropique	sans dimension	
λ	Facteur de frottement	sans dimension	
ρ	Masse volumique du fluide	ML^{-3}	kg/m ³
τ	Rapport des pressions, $\tau = \frac{p_2}{p_1}$	sans dimension	

^a Pour les applications avec des trous de drainage, d est calculé à partir des valeurs mesurées d_m et d_k [voir les Formules (1) et (11)].

NOTE 1 Les autres symboles utilisés dans le présent document sont définis à l'endroit où ils sont employés.

NOTE 2 L'indice 1 fait référence à la section transversale dans le plan de la prise de pression amont. L'indice 2 fait référence à la section transversale dans le plan de la prise de pression aval.

5 Diaphragmes et tuyères à arête rectangulaire: avec des trous de drainage, dans des conduites d'un diamètre inférieur à 50 mm et utilisés comme appareils d'entrée et de sortie

5.1 Trous de drainage à travers la face amont du diaphragme ou de la tuyère à arête rectangulaire

5.1.1 Généralités

Les diaphragmes et tuyères à arête rectangulaire avec des trous de drainage sont utilisés, installés et fabriqués selon les lignes directrices suivantes.

NOTE 1 Les lignes directrices indiquées dans le présent document sont applicables à la fois aux trous de drainage en cas de présence de liquide dans un écoulement gazeux et aux événements d'évacuation en cas de présence de gaz dans un écoulement liquide.

Dans une conduite horizontale, le trou de drainage est positionné en bas de la conduite. Dans une conduite horizontale, l'événement d'évacuation est positionné en haut de la conduite.

NOTE 2 Le fait d'utiliser des trous de drainage ou des événements d'évacuation peut contribuer à atténuer le problème de rétention de fluide, mais ne va pas résoudre les erreurs de mesure dues à la présence d'un écoulement diphasique.

5.1.2 Diaphragmes à arête rectangulaire

Si un trou de drainage est percé dans le diaphragme, les valeurs du coefficient spécifiées dans l'ISO 5167-2 ne sont pas utilisées, à moins de respecter les conditions suivantes:

- Le diamètre du trou de drainage ne dépasse pas $0,1d$ et aucune partie du trou n'est située dans un cercle, concentrique avec l'orifice, de diamètre $(D - 0,2d)$. L'arête externe du trou de drainage est aussi proche que possible de la paroi de la conduite. Il est très important que ni la conduite amont ni la conduite aval ne bouchent le trou de drainage et que le trou soit suffisamment grand pour ne pas être obstrué.
- Le trou de drainage est ébavuré et l'arête amont est vive. L'électro-érosion est une bonne méthode pour créer un trou de drainage.
- Les prises de pression individuelles sont orientées de manière à former un angle compris entre 90° et 180° par rapport à la position du trou de drainage. Les prises de pression amont et aval ont la même orientation par rapport au trou de drainage.
- Le diamètre de l'orifice mesuré, d_m , est corrigé pour tenir compte de la surface supplémentaire de l'orifice représentée par le trou de drainage de diamètre mesuré d_k , comme indiqué dans la [Formule \(1\)](#):

$$d = \frac{d_m}{\left\{ (1 - \beta^{*4}) C_1^2 \frac{\left[1 + a \left(1 - \frac{\theta}{180} \right)^n - a \left(1 - \frac{\theta^*}{180} \right)^n \right]}{\left(1 + C_2 \frac{d_k^2}{d_m^2} \right)^2} + \beta_m^4 \right\}^{0,25}} \quad (1)$$

où

$$\beta_m = \frac{d_m}{D} \quad (2)$$

$a, n, \theta', C_2, \beta''$ et C_1 sont donnés par les [Formules \(3\) à \(8\)](#):

$$a = 0,66\beta_m^{4,6} \exp\left(-0,15 \frac{L'_2 d_m}{\beta_m d_k}\right) \quad (3)$$

$$n = -0,45 + 7,3\beta_m^{4,6} + 0,117 \frac{d_m}{d_k} \quad (4)$$

$$\theta^* = 92 - 62\beta_m^{4,6} \quad (5)$$

$$C_2 = \begin{cases} 1,08 & \text{si } E/d_k \leq 0,5 \\ 0,7675 + 0,625E/d_k & \text{si } 0,5 < E/d_k < 0,9 \\ 1,33 & \text{si } 0,9 \leq E/d_k \end{cases} \quad (6)$$

$$\beta'' = \beta_m \sqrt{1 + C_2 \frac{d_k^2}{d_m^2}} \quad (7)$$

et

$$C_1 = \frac{C(Re_D', \beta)}{C(Re_D', \beta'')} \quad (8)$$

où $C(Re_D', \beta^*)$ est le coefficient de décharge donné par l'équation de Reader-Harris/Gallagher (1998)^[5] [ISO 5167-2:2022, Formule (4)] pour un diaphragme présentant un rapport des diamètres β^* et un nombre de Reynolds Re_D' (L_1 et L'_2 sont déterminées pour le diaphragme réel; β^* est égal à β ou β'');

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (9)$$

[d est donné par la [Formule \(1\)](#)]

Re_D' est une valeur fixe du nombre de Reynolds caractéristique de l'écoulement mesuré. Dans les écoulements de gaz à haute pression, Re_D' peut être pris égal, par exemple, à 4×10^6 (le nombre de Reynolds réel ne peut pas être utilisé dans le calcul de d , étant donné que dans ce cas, pour un diaphragme avec un trou de drainage, d n'aurait pas une valeur fixe);

$L_1 (=l_1/D)$ est le quotient de l'éloignement de la prise de pression amont, à partir de la face amont du diaphragme et du diamètre interne de la conduite;

$L'_2 (=l'_2/D)$ est le quotient de l'éloignement de la prise de pression aval, à partir de la face aval du diaphragme et du diamètre interne de la conduite;

θ est l'angle (en degrés) entre les prises de pression utilisées et la droite passant par le centre de la conduite et le centre du trou de drainage ($90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$);

E est l'épaisseur du diaphragme.

En raison de la présence de C_1 , il s'agit d'un calcul par itération, mais la convergence est rapide.

Lors de l'estimation de l'incertitude relative élargie de mesurage du débit, le pourcentage d'incertitude supplémentaire suivant est ajouté arithmétiquement au pourcentage d'incertitude relative élargie du coefficient de décharge donné dans l'ISO 5167-2:2022, 5.3.3.1:

$$2 \frac{d_k}{d_m} \quad (10)$$

Si $\beta_m \leq 0,63$, ou si à la fois $\beta_m \leq 0,7$ et $\theta = 90^\circ$, C_1 peut être pris égal à 1, sans augmenter l'incertitude; dans ce cas, il n'y aura pas besoin d'itération.

NOTE 1 Il existe très peu de données pour un diamètre D inférieur à 100 mm.

NOTE 2 Les formules fournies ici sont basées sur les travaux décrits dans la Référence [10].

Comme les formules de ce paragraphe sont complexes, un exemple est fourni dans l'Annexe A, qui peut servir de validation à un codage informatique de ces dernières.

5.1.3 Tuyères ISA 1932

Si un trou de drainage est percé dans la face amont de la tuyère, les valeurs du coefficient spécifiées dans l'ISO 5167-3 ne sont pas utilisées, à moins de respecter les conditions suivantes:

- la valeur de β est inférieure à 0,625;
- le diamètre du trou de drainage ne dépasse pas $0,1d$ et aucune partie du trou n'est située dans un cercle, concentrique avec le col, de diamètre $(D - 0,2d)$;
- la longueur du trou de drainage ne dépasse pas $0,1D$;
- le trou de drainage est ébavuré et l'arête amont est vive;
- les prises de pression individuelles sont orientées de manière à former un angle compris entre 90° et 180° par rapport à la position du trou de drainage;
- le diamètre mesuré, d_m , est corrigé pour tenir compte de la surface supplémentaire du col de l'orifice de la tuyère représentée par le trou de drainage de diamètre d_k , comme indiqué dans la [Formule \(11\)](#):

$$d = d_m \left[1 + 0,40 \left(\frac{d_k}{d_m} \right)^2 \right] \quad (11)$$

NOTE La [Formule \(11\)](#) repose sur l'hypothèse que la valeur de $C\varepsilon(1 - \beta^4)^{-0,5}$ correspondant à l'écoulement à travers le trou de drainage est inférieure de 20 % à la valeur de l'écoulement à travers le col de la tuyère.

Lors de l'estimation de l'incertitude globale de mesurage du débit, le pourcentage d'incertitude supplémentaire suivant est ajouté arithmétiquement au pourcentage d'incertitude relative élargie du coefficient de décharge:

$$40 \left(\frac{d_k}{d_m} \right)^2 \quad (12)$$

5.1.4 Tuyères à long rayon

Ne pas utiliser de trous de drainage dans ces éléments primaires.

5.2 Diaphragmes à arête rectangulaire installés dans des conduites d'un diamètre de $25 \text{ mm} \leq D < 50 \text{ mm}$

5.2.1 Généralités

Les diaphragmes sont installés et fabriqués conformément à l'ISO 5167-2.

5.2.2 Limites d'utilisation

Lorsque des diaphragmes à arête rectangulaire sont installés dans des conduites d'un diamètre de 25 mm à 50 mm, il est essentiel de respecter les conditions suivantes:

- Les conduites possèdent des surfaces internes de grande qualité, par exemple tubes en cuivre ou laiton étiré, conduites en verre ou en plastique ou tubes en acier étiré ou finement usiné. Les tubes en acier sont en acier inoxydable pour pouvoir être utilisés avec des fluides corrosifs tels que l'eau. Leur rugosité est conforme à l'ISO 5167-2:2022, 5.3.1.
- Utiliser des prises dans les angles, de préférence du type à bague porteuse détaillé dans l'ISO 5167-2:2022, Figure 4).
- Le rapport des diamètres, β , est compris dans la plage $0,5 \leq \beta \leq 0,7$.

NOTE Il est possible d'avoir $0,23 \leq \beta < 0,5$, mais l'incertitude augmente de manière significative si $d < 12,5 \text{ mm}$.

5.2.3 Coefficients de décharge et incertitudes correspondantes

L'équation de Reader-Harris/Gallagher (1998)^[5] pour les prises dans les angles indiquée dans l'ISO 5167-2:2022, 5.3.2.1, est utilisée pour déduire les coefficients de décharge, à condition que les nombres de Reynolds rapportés à la conduite soient compris dans les limites indiquées dans l'ISO 5167-2:2022, 5.3.1.

Une incertitude supplémentaire de 0,5 % est ajoutée arithmétiquement à l'incertitude relative élargie dérivée de l'ISO 5167-2:2022, 5.3.3.1.

5.3 Pas de canalisation amont ou aval

5.3.1 Généralités

Ce paragraphe s'applique lorsqu'il n'y a pas de canalisation du côté amont ou du côté aval de l'appareil, ou les deux, c'est-à-dire dans le cas d'un écoulement provenant d'un grand volume dans une conduite, ou inversement, ou dans le cas d'un écoulement à travers un appareil installé dans la cloison entre deux grands volumes.

5.3.2 Écoulement à partir d'un grand volume (pas de canalisation amont) dans une canalisation ou dans un autre grand volume

5.3.2.1 Prises de pression amont et aval

Le volume du côté amont de l'appareil est considéré comme grand si:

- il n'y a pas de paroi à moins de $4d$ de l'axe de l'appareil ou du plan de la face amont du diaphragme ou de la tuyère;
- la vitesse du fluide en tout point situé à plus de $4d$ de l'appareil est inférieure à 3 % de la vitesse dans l'orifice ou le col; et
- le diamètre de la canalisation aval n'est pas inférieur à $2d$.