
**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
l'ISO 5167**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*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*

[ISO/TR 15377:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 15377:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

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.....	6
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.....	7
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.....	14
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.....	19
6.3.1 Généralités.....	19
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 Exigences d'installation.....	26
Annexe A (informative) Exemple de calculs en 5.1.2	28

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 15377:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018>

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 attirée 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 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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.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 2, *Appareils déprimogènes*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO/TR 15377:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 15377:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/970a2382-9198-410e-9984-82562832f83a/iso-tr-15377-2018>

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 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 recommandations sont également données pour les diaphragmes et tuyères à arête rectangulaire utilisés dans des conditions qui sont hors du domaine d'application de l'ISO 5167.

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

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*

ISO 5167-1, *Mesure 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	
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	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, Re_d	Nombre de Reynolds rapporté à D ou d	sans dimension	
Re^*	Nombre de Reynolds de la prise au col (= $d_{tap} Re_d/d$)	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 peuvent être 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, il convient que le trou de drainage soit positionné en bas de la conduite. Dans une conduite horizontale, il convient que l'événement d'évacuation soit 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, il convient de ne pas utiliser les valeurs du coefficient spécifiées dans l'ISO 5167-2, à moins de respecter les conditions suivantes:

- a) Il convient que le diamètre du trou de drainage ne dépasse pas $0,1d$ et qu'aucune partie du trou ne soit située dans un cercle, concentrique avec l'orifice, de diamètre $(D - 0,2d)$. Il convient que l'arête externe du trou de drainage soit 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. Il convient que le trou soit suffisamment grand pour ne pas être obstrué.
- b) Il convient que le trou de drainage soit ébavuré et que l'arête amont soit vive. L'électro-érosion est une bonne méthode pour créer un trou de drainage.
- c) Il convient que les prises de pression individuelles soient orientées de manière à former un angle compris entre 90° et 180° par rapport à la position du trou de drainage. Il convient que les prises de pression amont et aval aient la même orientation par rapport au trou de drainage.
- d) Il convient que le diamètre de l'orifice mesuré, d_m , soit 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) [\[4\]](#) (Équation (4) de l'ISO 5167-2:2003) 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, il convient d'ajouter arithmétiquement le pourcentage d'incertitude supplémentaire suivant au pourcentage d'incertitude du coefficient de décharge donné dans l'ISO 5167-2:2003, 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 [9].

Comme les formules de ce paragraphe sont complexes, un exemple est fourni dans l'[Annexe A](#) pour vérifier le bon codage informatique.

5.1.3 Tuyères ISA 1932

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

- Il convient que la valeur de β soit inférieure à 0,625.
- Il convient que le diamètre du trou de drainage ne dépasse pas $0,1d$ et qu'aucune partie du trou ne soit située dans un cercle, concentrique avec le col, de diamètre $(D - 0,2d)$.
- Il convient que la longueur du trou de drainage ne dépasse pas $0,1D$.
- Il convient que le trou de drainage soit ébavuré et que l'arête amont soit vive.
- Il convient que les prises de pression individuelles soient orientées de manière à former un angle compris entre 90° et 180° par rapport à la position du trou de drainage.
- Il convient que le diamètre mesuré, d_m , soit 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 l'équation suivante:

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

NOTE Cette équation repose sur l'hypothèse que la valeur de $C\epsilon(1 - \beta^4)^{-0,5}$ 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, il convient d'ajouter arithmétiquement le pourcentage d'incertitude supplémentaire suivant au pourcentage d'incertitude du coefficient de décharge:

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

5.1.4 Tuyères à long rayon

Il convient de 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

Il convient que les diaphragmes soient 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 convient de respecter strictement les conditions suivantes:

- Il convient que 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. Il convient que les tubes en acier soient en acier inoxydable pour pouvoir être utilisés avec des fluides corrosifs tels que l'eau. Il convient que leur rugosité soit conforme à l'ISO 5167-2:2003, 5.3.1.
- Il convient d'utiliser des prises dans les angles, de préférence du type à bague porteuse détaillé dans l'ISO 5167-2:2003, Figure 4 a).
- Il convient que le rapport des diamètres, β , soit 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

Il convient d'utiliser l'équation de Reader-Harris/Gallagher (1998)^[4] pour les prises dans les angles indiquée dans l'ISO 5167-2:2003, 5.3.2.1, 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 5167-2:2003, 5.3.1.

Il convient d'ajouter arithmétiquement une incertitude supplémentaire de 0,5 % à l'incertitude dérivée de l'ISO 5167-2:2003, 5.3.3.1.

5.3 Pas de canalisation amont ou aval

5.3.1 Généralités

Cet article 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.