

NORME INTERNATIONALE

ISO
5167-1

Première édition
1991-12-15

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes —

Partie 1:

Diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés
dans des conduites en charge de section
circulaire

[ISO 5167-1:1991](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/489fc197-2eab-4c24-a16d-1bba9fa1af1f/iso-5167-1-1991)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/489fc197-2eab-4c24-a16d-1bba9fa1af1f/iso-5167-1-1991>

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices —

Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full



Numéro de référence
ISO 5167-1:1991(F)

Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	2
3	Définitions	2
4	Symboles et indices	5
4.1	Symboles	5
4.2	Indices	6
5	Principe de la méthode de mesurage et mode de calcul	6
5.1	Principe de la méthode de mesurage	6
5.2	Méthode de détermination du rapport des diamètres de l'élément primaire normalisé choisi	6
5.3	Calcul du débit	6
5.4	Détermination de la masse volumique	7
6	Conditions générales pour les mesurages	7
6.1	Élément primaire	7
6.2	Nature du fluide	7
6.3	Conditions de l'écoulement	8
7	Conditions d'installation	8
7.1	Généralités	8
7.2	Longueurs droites minimales d'amont et d'aval à installer entre différents accessoires et l'élément primaire	9
7.3	Tranquilliseurs	11
7.4	Conditions générales à remplir par l'écoulement au voisinage de l'élément primaire	14
7.5	Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères	14
7.6	Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux tubes de Venturi classiques	16
8	Diaphragmes	16

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 5167-1:1991](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4891e197-2eab-4c24-a16d-1bba9fa1af1f/iso-5167-1-1991)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4891e197-2eab-4c24-a16d-1bba9fa1af1f/iso-5167-1-1991>

© ISO 1991

Droits de reproduction réservés. 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

8.1	Description	16
8.2	Prises de pression	18
8.3	Coefficients et incertitudes correspondantes des diaphragmes	21
8.4	Perte de pression, Δp	23
9	Tuyères	23
9.1	Tuyère ISA 1932	23
9.2	Tuyères à long rayon	26
10	Tubes de Venturi	28
10.1	Tubes de Venturi classiques	28
10.2	Venturi-tuyère	34
11	Incertitudes sur la mesure du débit	37
11.1	Définition de l'incertitude	37
11.2	Calcul pratique de l'incertitude	38

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Annexes

A	Tableaux des coefficients de décharge et de détente	39
B	Tubes de Venturi classiques en dehors du domaine couvert par la présente partie de l'ISO 5167	55
C	Perte de pression dans un tube de Venturi classique	57
D	Calculs par itération	59
E	Exemples de valeurs pour la rugosité uniforme équivalente, k , des parois des conduites	61

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 5167-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 2, *Appareils déprimogènes*.

Cette première édition annule et remplace l'ISO 5167:1980, dont elle constitue une révision technique.

L'ISO 5167 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes*:

- *Partie 1: Diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire*
- *Partie 2: Diaphragmes ou tuyères placés à l'entrée d'une conduite*

Les annexes A, B, C, D et E de la présente partie de l'ISO 5167 sont données uniquement à titre d'information.

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes —

Partie 1:

Diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 5167 prescrit la forme et le mode d'emploi (conditions d'installation et d'utilisation) des diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans une conduite en charge dans le but de déterminer le débit du fluide s'écoulant dans cette conduite. Elle fournit également les informations nécessaires au calcul de ce débit et de l'incertitude associée.

Elle s'applique seulement aux appareils déprimogènes pour lesquels l'écoulement reste subsonique dans tout le tronçon de mesurage, est permanent ou ne varie que lentement dans le temps et lorsque le fluide est considéré comme monophasique. De plus, on ne peut utiliser chacun de ces appareils que dans des limites prescrites de diamètre de conduite et de nombre de Reynolds, de sorte qu'on ne peut faire référence à la présente

partie de l'ISO 5167 pour des diamètres de conduite inférieurs à 50 mm ou supérieurs à 1 200 mm, ainsi que pour des nombres de Reynolds rapportés au diamètre de la conduite inférieurs à 3 150.

Elle traite d'appareils pour lesquels des expériences d'étalonnage direct ont été effectuées en nombre, étendue et qualité suffisants pour que l'on ait pu baser, sur leurs résultats, des systèmes cohérents d'utilisation et pour permettre que les coefficients soient donnés avec une marge d'incertitude prévisible.

Les appareils interposés dans la conduite sont appelés «éléments primaires», en comprenant dans ce terme les prises de pression, tandis que l'on appelle «appareils secondaires» tous les autres instruments ou dispositifs nécessaires à l'accomplissement de la mesure. La présente partie de l'ISO 5167 concerne les éléments primaires et ne mentionne qu'exceptionnellement les appareils secondaires¹⁾.

1) Voir ISO 2186:1973, *Débit des fluides dans les conduites fermées — Liaisons pour la transmission du signal de pression entre les éléments primaires et secondaires.*

Les divers éléments primaires considérés dans la présente partie de l'ISO 5167 sont les suivants:

- a) les diaphragmes, avec lesquels sont utilisées des prises de pression dans les angles, des prises de pression²⁾ à D et $D/2$ ou des prises de pression à la bride;
- b) les tuyères ISA³⁾ 1932 et les tuyères à long rayon, qui diffèrent entre elles par leur forme et l'emplacement des prises de pression;
- c) les tubes de Venturi classiques⁴⁾ et les Venturi-tuyères, qui diffèrent entre eux par leur forme et l'emplacement des prises de pression.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 5167. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 5167 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 468:1982, *Rugosité de surface — Paramètres, leurs valeurs et les règles générales de la détermination des spécifications.*

ISO 4006:1991, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles.*

ISO 5168:—⁵⁾, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'incertitude.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 5167, les définitions données dans l'ISO 4006 s'appliquent.

Les définitions suivantes ne sont données que pour des termes employés dans un sens spécial ou pour des termes dont il semble utile de rappeler la signification.

3.1 Mesure de la pression

3.1.1 prise de pression à la paroi: Orifice (circulaire ou annulaire) aménagé dans la paroi d'une conduite, dont le bord est arasé à la paroi interne de cette conduite.

L'orifice est habituellement circulaire, mais peut, dans certains cas, être une fente annulaire.

3.1.2 pression (statique) d'un fluide s'écoulant dans une tuyauterie rectiligne, p : Pression que l'on peut mesurer en reliant un manomètre à une prise de pression à la paroi. Dans la présente partie de l'ISO 5167, on considère exclusivement la valeur de la pression (statique) absolue.

3.1.3 pression différentielle, Δp : Différence des pressions (statiques) mesurées à des prises de pression à la paroi, dont l'une est située en amont et l'autre en aval d'un élément primaire (ou dans le col pour un tube de Venturi) interposé dans une tuyauterie rectiligne où s'écoule un fluide, lorsque toute différence de hauteur entre les prises de pression amont et aval a été prise en considération.

Dans la présente partie de l'ISO 5167, le terme de «pression différentielle» n'est utilisé que si les prises de pression sont situés aux emplacements prescrits pour chaque élément primaire normalisé.

3.1.4 rapport des pressions, τ : Quotient de la pression (statique) absolue à la prise de pression aval par la pression (statique) absolue à la prise de pression amont.

2) Les diaphragmes à prises de pression «vena contracta» ne sont pas traités dans la présente partie de l'ISO 5167.
3) ISA est le sigle de la Fédération internationale des associations nationales de normalisation, organisation à laquelle ISO a succédé en 1946.
4) Aux Etats-Unis, le tube de Venturi classique est parfois nommé «tube de Herschel».
5) À publier. (Révision de l'ISO 5168:1978)

3.2 Éléments primaires

3.2.1 orifice; col: Ouverture d'aire minimale de l'élément primaire.

Les orifices des éléments primaires normalisés sont de section circulaire et de même axe que la tuyauterie.

3.2.2 diaphragme: Plaque mince percée d'un orifice circulaire.

Les diaphragmes normalisés sont dits «en plaque mince» et «à arête vive rectangulaire», parce que l'épaisseur de la plaque est faible relativement au diamètre de la tuyauterie de mesure, et parce que l'arête amont de l'orifice forme un angle droit et est à bord vif.

3.2.3 tuyère: Dispositif convergent suivi d'une partie cylindrique dite «col».

3.2.4 tube de Venturi: Dispositif convergent suivi d'une partie cylindrique dite «col» et d'un évasement tronconique dit «divergent».

Si la partie convergente est une tuyère ISA 1932 normalisée, l'appareil est appelé «Venturi-tuyère». Si la partie convergente est tronconique, l'appareil est appelé «tube de Venturi classique».

3.2.5 rapport des diamètres d'un élément primaire utilisé dans une tuyauterie donnée, β : Quotient du diamètre de l'orifice (ou du col) de l'élément primaire par le diamètre interne de la tuyauterie de mesure en amont de cet élément primaire.

Cependant, dans le cas où l'élément primaire comporte une partie cylindrique d'amont, de diamètre équivalent au diamètre de la tuyauterie (tube de Venturi classique), le rapport des diamètres est le quotient du diamètre du col par le diamètre de cette partie cylindrique, mesuré dans le plan des prises de pression amont.

3.3 Écoulement

3.3.1 débit d'un fluide s'écoulant à travers un élément primaire, q : Masse ou volume de fluide traversant l'orifice (ou le col) par unité de temps. Il est obligatoire, en toutes circonstances, de préciser explicitement s'il s'agit d'un débit-masse q_m (exprimé en masse par unité de temps) ou d'un débit-volume q_V (exprimé en volume par unité de temps).

3.3.2 nombre de Reynolds, Re : Paramètre sans dimension exprimant le rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité.

Dans la présente partie de l'ISO 5167 on utilise

- soit le nombre de Reynolds rapporté à l'état amont du fluide et au diamètre de la tuyauterie amont, qui est:

$$Re_D = \frac{U_1 D}{\nu_1} = \frac{4q_m}{\pi \mu_1 D}$$

- soit le nombre de Reynolds rapporté au diamètre de l'orifice (ou du col) de l'élément primaire, qui est:

$$Re_d = \frac{Re_D}{\beta}$$

3.3.3 exposant isentropique, κ : Rapport de la variation relative de la pression à la variation relative de la masse volumique qui lui correspond dans une transformation adiabatique réversible (isentropique) élémentaire.

L'exposant isentropique κ apparaît dans les différentes formules du coefficient de détente c , et il varie avec la nature du gaz, sa température et sa pression.

Il existe de nombreux gaz et vapeurs pour lesquels des valeurs de κ n'ont pas encore été publiées. Dans ce cas, pour les besoins de la présente partie de l'ISO 5167, le rapport des capacités thermiques massiques pour les gaz parfaits peut être utilisé à la place de l'exposant isentropique.

3.3.4 coefficient de décharge, C : Coefficient défini pour un écoulement de fluide incompressible, qui relie le débit réel traversant l'appareil au débit théorique; il est donné par la formule

$$C = \frac{q_m \sqrt{1 - \beta^4}}{\frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \rho_1}}$$

L'étalonnage direct d'éléments primaires normalisés exécuté au moyen de fluides dits incompressibles (liquides) montre que le coefficient de décharge n'est, pour un élément primaire donné dans une installation donnée, fonction que du seul nombre de Reynolds.

La valeur numérique de C est la même pour des installations différentes, chaque fois que ces installations sont géométriquement semblables et que les écoulements y sont caractérisés par des nombres de Reynolds égaux.

Les équations utilisées pour les valeurs numériques de C données dans la présente partie de l'ISO 5167 sont basées sur des données expérimentales.

NOTE 1 La grandeur $1/\sqrt{1-\beta^4}$ est appelée coefficient de vitesse d'approche, et le produit

$$C \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}}$$

est appelé coefficient de débit.

3.3.5 coefficient de détente, ϵ : Coefficient utilisé pour tenir compte de la compressibilité du fluide; il est défini par la formule:

$$\epsilon = \frac{q_m \sqrt{1-\beta^4}}{\frac{\pi}{4} d^2 C \sqrt{2\Delta p_{e1}}}$$

L'étalonnage direct d'un élément primaire donné au moyen d'un fluide compressible (gaz) montre que le rapport

$$\frac{q_m \sqrt{1-\beta^4}}{\frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p_{e1}}}$$

est fonction à la fois de la valeur du nombre de Reynolds et des valeurs du rapport des pressions et de l'exposant isentropique du gaz.

La méthode adoptée pour représenter ces variations consiste à multiplier le coefficient de détente par la charge C de l'élément primaire considéré, déterminé par étalonnages directs au moyen de liquides,

exécutés pour la même valeur du nombre de Reynolds, par le coefficient de détente, ϵ .

Le coefficient de détente, ϵ , est égal à l'unité lorsque le fluide est incompressible, et est inférieur à l'unité lorsque le fluide est compressible.

Cette méthode est utilisable parce que l'expérience montre que ϵ est pratiquement indépendant du nombre de Reynolds et que, pour un rapport de diamètres donné d'un élément primaire donné, ϵ ne dépend que de la pression différentielle, de la pression statique et de l'exposant isentropique.

Les valeurs numériques de ϵ , données dans la présente partie de l'ISO 5167, ont été déterminées expérimentalement pour ce qui concerne les diaphragmes. Pour les tuyères et tubes de Venturi, ces valeurs sont basées sur l'équation générale d'énergie thermodynamique.

3.3.6 écart moyen arithmétique du profil (de rugosité), R_a : Écart moyen arithmétique par rapport à la ligne moyenne du profil considéré. Cette ligne moyenne est telle que la somme des carrés des distances entre la surface réelle et cette ligne soit minimale. En pratique, R_a peut être mesuré avec un matériel normalisé pour ce qui concerne les surfaces usinées, mais ne peut être qu'estimé lorsqu'il s'agit des surfaces plus rugueuses de conduites. (Voir aussi ISO 468.)

Pour les conduites, on utilise la rugosité uniforme équivalente k_s . Cette valeur peut être déterminée expérimentalement (voir 8.3.1) ou lue dans des tables (voir annexe E).

4 Symboles et indices

4.1 Symboles

Symbole	Grandeur	Dimension ¹⁾	Unité SI
C	Coefficient de décharge	Sans dimension	—
d	Diamètre de l'orifice (ou du col) de l'élément primaire dans les conditions de service	L	m
D	Diamètre intérieur de la conduite de mesure en amont (ou diamètre amont d'un tube de Venturi classique) dans les conditions de service	L	m
e	Incertitude, en valeur relative	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: $L = \frac{l}{D}$	Sans dimension	—
p	Pression statique absolue du fluide	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
q_m	Débit-masse	MT^{-1}	kg/s
q_V	Débit-volume	L^3T^{-1}	m ³ /s
R	Rayon	L	m
R_a	Écart moyen arithmétique du profil (de rugosité)	L	m
Re	Nombre de Reynolds	Sans dimension	—
Re_D	Nombre de Reynolds rapporté à D	Sans dimension	—
Re_d	Nombre de Reynolds rapporté à d	Sans dimension	—
t	Température du fluide	Θ	°C
U	Vitesse débitante du fluide dans la conduite	LT^{-1}	m/s
β	Rapport des diamètres: $\beta = \frac{d}{D}$	Sans dimension	—
γ	Rapport des capacités thermiques massiques ²⁾	Sans dimension	—
δ	Incertitude en valeur absolue	3)	3)
Δp	Pression différentielle	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Δp	Perte de pression	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
ε	Coefficient de détente	Sans dimension	—
κ	Exposant isentropique ²⁾	Sans dimension	—
μ	Viscosité dynamique du fluide	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa·s
ν	Viscosité cinématique du fluide: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	L^2T^{-1}	m ² /s
ξ	Perte de pression relative	Sans dimension	—
ρ	Masse volumique du fluide	ML^{-3}	kg/m ³
τ	Rapport des pressions: $\tau = \frac{p_2}{p_1}$	Sans dimension	—
φ	Angle au sommet du divergent	Sans dimension	rad

1) M = masse, L = longueur, T = temps, Θ = température.

2) γ est le rapport de la capacité thermique massique à pression constante à la capacité thermique massique à volume constant. Pour les gaz parfaits, ce rapport et l'exposant isentropique ont la même valeur (voir 3.3.3). Ces valeurs dépendent de la nature du gaz.

3) Les dimensions et les unités sont celles de la grandeur correspondante.

4.2 Indices

Indice	Qualificatif
1	Amont
2	Aval

5 Principe de la méthode de mesurage et mode de calcul

5.1 Principe de la méthode de mesurage

Le principe de la méthode de mesurage consiste à interposer un élément primaire (tel qu'un diaphragme, une tuyère ou un tube de Venturi) sur le passage d'un fluide s'écoulant en charge dans une conduite, ce qui crée une pression différentielle du fluide entre l'amont et le col ou l'aval de cet élément primaire. On peut déduire la valeur du débit de la mesure de cette pression différentielle et de la connaissance des caractéristiques du fluide en écoulement et des circonstances d'emploi de l'élément primaire. Il est admis que celui-ci est géométriquement semblable à l'un de ceux ayant fait antérieurement l'objet d'étalonnages directs et qu'il est utilisé dans les mêmes conditions, c'est-à-dire qu'il est en tous points conforme à la présente partie de l'ISO 5167.

En effet, le débit-masse est lié à la pression différentielle, dans les limites d'incertitude indiquées dans la présente partie de l'ISO 5167, par l'une des formules de base suivantes:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \varepsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad \dots (1)$$

ou

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \varepsilon_2 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_2} \quad \dots (2)$$

où ρ_2 et ε_2 sont relatifs aux conditions aval. On notera que

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \sqrt{1 + \frac{\Delta p}{p_2}}$$

De même, on peut calculer la valeur du débit-volume, sachant que

$$q_V = \frac{q_m}{\rho} \quad \dots (3)$$

où ρ est la masse volumique du fluide à la température et à la pression pour lesquelles le volume est donné.

5.2 Méthode de détermination du rapport des diamètres de l'élément primaire normalisé choisi

Dans la pratique, lorsque l'on doit déterminer le rapport des diamètres d'un élément primaire à installer dans une tuyauterie donnée, on ne connaît pas, en général, C et ε intervenant dans les formules de base (1) ou (2). On choisira donc a priori

- le type d'élément primaire à utiliser, et
- une valeur du débit et la valeur correspondante de la pression différentielle.

On porte les valeurs corrélatives de q_m et Δp dans les formules de base, écrites sous la forme ci-dessous:

$$\frac{C\varepsilon\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{4q_m}{\pi D^2 \sqrt{2\Delta p \rho}}$$

dans lesquelles ρ et ε peuvent être relatifs aux conditions amont ou aval (ρ_1 et ε_1 , ou ρ_2 et ε_2) et l'on détermine, par approximations successives, le rapport des diamètres de l'élément primaire choisi (voir annexe D).

5.3 Calcul du débit

Les tableaux A.1 à A.16 sont donnés à titre indicatif. Les tableaux A.1 à A.13 donnent les valeurs de C , en fonction de β , Re_D et D pour les diaphragmes et les tuyères, les tableaux A.14 et A.15 présentent le coefficient de détente ε_1 pour les diaphragmes, les tuyères et les tubes de Venturi et le tableau A.16 donne le coefficient de décharge pour les Venturi-tuyères. Ils ne sont pas établis en vue d'une interpolation précise. L'extrapolation n'est pas permise.

On effectue le calcul du débit de façon purement arithmétique en remplaçant les différents termes du second membre des formules de base (1) ou (2) par leurs valeurs numériques.

NOTES

2 Sauf pour les tubes de Venturi, C est fonction de Re , qui est lui-même fonction de q_m . Dans ce cas, il convient d'obtenir la valeur finale de C et donc de q_m par itération. Voir l'annexe D pour le choix du procédé d'itération et des valeurs initiales.

3 Δp représente la pression différentielle, telle qu'elle est définie en 3.1.3.

4 Les diamètres d et D mentionnés dans les formules sont les valeurs des diamètres dans les conditions de service. Il convient donc de corriger les valeurs d et D mesurées dans d'autres conditions pour tenir compte de la dilatation ou contraction éventuelle de l'élément primaire et de la conduite résultant des valeurs de la température et de la pression du fluide lors du mesurage.

5 Il est nécessaire de connaître la masse volumique et la viscosité du fluide dans les conditions de service.

5.4 Détermination de la masse volumique

Il est nécessaire de connaître la masse volumique du fluide au droit de la prise de pression amont ou aval; elle peut être soit mesurée directement, soit calculée à partir de la connaissance de la pression (statique), de la température et des caractéristiques du fluide dans le plan approprié. Cependant, la prise de pression amont est considérée comme celle qui donne les résultats les plus probants.

5.4.1 La pression (statique) du fluide doit être mesurée, dans le plan des prises de pression amont ou aval, au moyen d'une prise de pression individuelle à la paroi (décrite en 8.2.1) ou au moyen de prises sur une bague piézométrique (voir figure 6).

5.4.1.1 Cette prise de pression statique doit de préférence être distincte de celle qui est destinée au mesurage de la composante de la pression différentielle, à moins que l'on désire mesurer séparément les pressions aux prises amont et aval.

Toutefois, il est permis de relier simultanément une prise de pression à un appareil de mesure de pression différentielle et à un appareil de mesure de pression (statique), à condition de vérifier que cette double liaison ne conduit pas à une détérioration de la mesure de la pression différentielle.

5.4.1.2 La valeur de la pression (statique) à considérer dans les calculs ultérieurs est celle qui existe au niveau du centre de la section droite de mesure, qui peut être différente de la pression mesurée à la paroi.

5.4.2 La température du fluide doit être mesurée de préférence en aval de l'élément primaire. Le puits ou la poche à thermomètre doit être d'encombrement aussi réduit que possible. Son éloignement de l'élément primaire doit être au moins égal à $5D$ (et au plus à $15D$ quand le fluide est un gaz), s'il est situé en aval, et conforme aux valeurs données dans le tableau 1, colonnes 10 et 11, s'il est situé en amont.

On peut en général admettre dans les limites de la présente partie de l'ISO 5167 qu'au niveau des prises de pression différentielle, les températures aval et amont du fluide sont les mêmes.

Si le fluide est un gaz, on peut toutefois calculer sa température amont à partir de la température mesurée en aval (à une distance de $5D$ à $15D$) du dispositif primaire.

5.4.3 Tout mode de détermination de valeurs fiables de la masse volumique, de la pression statique, de la température et de la viscosité du fluide est acceptable s'il ne perturbe en rien la répartition de l'écoulement dans la section de mesure.

5.4.4 La température de l'élément primaire et celle du fluide en amont de l'élément primaire sont supposées être les mêmes (voir 7.1.9).

6 Conditions générales pour les mesurages

Afin de satisfaire à la présente partie de l'ISO 5167, les prescriptions ci-après doivent être respectées.

6.1 Élément primaire

6.1.1 L'élément primaire doit être construit, installé et utilisé d'une façon conforme à la présente partie de l'ISO 5167.

Pour les éléments primaires dont les caractéristiques de construction et d'utilisation sortent des limites définies dans la présente partie de l'ISO 5167, il est nécessaire d'étalonner individuellement l'élément primaire dans ses conditions réelles de service.

6.1.2 Le bon état de l'élément primaire doit être vérifié après chaque mesurage ou après chaque série de mesurages, ou à intervalles suffisamment rapprochés pour qu'on ait la certitude du maintien de sa conformité à la présente partie de l'ISO 5167.

L'attention est attirée sur le fait que des fluides même apparemment neutres peuvent former des dépôts ou des incrustations sur les éléments primaires. Les variations éventuelles du coefficient de décharge, qui peuvent en résulter dans le temps, peuvent conduire à des valeurs en dehors des incertitudes données dans la présente partie de l'ISO 5167.

6.1.3 L'élément primaire doit être fabriqué avec des matériaux dont le coefficient de dilatation thermique est connu, excepté si l'utilisateur estime que les variations de dimensions résultant des variations de température peuvent être négligées.

6.2 Nature du fluide

6.2.1 Le fluide peut être compressible (gaz) ou considéré comme incompressible (liquide).

6.2.2 Le fluide doit être homogène physiquement et thermiquement et monophasique. Les solutions colloïdales très dispersées (comme le lait), et celles-là seules, sont considérées comme se comportant comme un fluide monophasique.

6.2.3 Pour l'exécution du mesurage, il est nécessaire de connaître la masse volumique et la viscosité du fluide dans les conditions de service.

6.3 Conditions de l'écoulement

6.3.1 Le débit de l'écoulement doit être constant, ou bien, en pratique, ne doit varier que peu et lentement en fonction du temps. La présente partie de l'ISO 5167 ne traite pas du mesurage des débits pulsatoires, qui fait l'objet de l'ISO/TR 3313⁶⁾.

6.3.2 Les incertitudes spécifiées dans la présente partie de l'ISO 5167 sont valables seulement s'il n'y a pas de changement de phase au passage de l'élément primaire. Choisir un orifice (col) plus grand diminuera la pression différentielle, ce qui peut éliminer le changement de phase. Pour déterminer s'il y a un changement de phase ou non, on doit conduire les calculs dans l'hypothèse où la détente est isotherme pour les liquides ou isentropique pour les gaz.

6.3.3 Si le fluide est un gaz, le rapport des pressions, tel que défini en 3.1.4, doit être supérieur ou égal à 0,75.

7 Conditions d'installation

7.1 Généralités

7.1.1 La méthode de mesurage ne s'applique qu'aux fluides s'écoulant dans une conduite de section droite circulaire.

7.1.2 La conduite doit être complètement remplie au droit de la section de mesure.

7.1.3 L'élément primaire doit être installé dans la conduite à un emplacement tel que les conditions d'écoulement immédiatement en amont de celui-ci soient proches de celles d'un écoulement complètement établi et sans giration (voir 7.4). De telles conditions sont supposées exister si l'installation est conforme aux exigences décrites au présent article.

7.1.4 L'élément primaire doit être installé entre deux longueurs droites de conduite cylindrique de section constante ne comportant aucun obstacle, ni aucune dérivation (qu'il y ait ou non écoulement de fluide dans ces dérivations pendant le mesurage de débit), autres que ceux qui sont mentionnés dans la présente partie de l'ISO 5167.

La conduite est considérée comme rectiligne lorsqu'elle semble telle à l'inspection visuelle. Les longueurs droites minimales nécessaires, conformes à la description précédente, varient suivant la nature des accessoires qui les limitent, le type d'élément primaire et le rapport des diamètres. Elles sont prescrites dans les tableaux 1 et 2.

7.1.5 La conduite doit être de section droite intérieure circulaire tout le long des parties droites minimales nécessaires. La section droite est déclarée circulaire lorsqu'elle semble telle à l'inspection visuelle. L'aspect circulaire de la paroi extérieure peut servir d'indication, sauf au voisinage immédiat de l'élément primaire où l'on doit appliquer des conditions particulières en fonction du type d'élément primaire utilisé (voir 7.5.1 et 7.6.1).

Une conduite fabriquée par soudage peut être utilisée à condition que le cordon de soudure intérieur soit parallèle à l'axe de la conduite sur toute la longueur requise et satisfasse aux exigences spécifiques à l'élément primaire. La soudure ne doit pas être située dans un secteur de $\pm 30^\circ$ centré sur l'une quelconque des prises de pression.

7.1.6 Le diamètre intérieur D de la conduite de mesure doit satisfaire aux valeurs indiquées pour chaque type d'élément primaire.

7.1.7 La conduite de mesure doit présenter une surface intérieure propre, sans incrustation, ni piqûre, ni dépôt et doit rester conforme aux critères de rugosité sur une longueur au moins égale à $10D$ en amont et à $4D$ en aval de l'élément primaire.

7.1.8 La conduite peut être munie d'orifices de purge et/ou d'évents nécessaires à l'évacuation des dépôts solides et des fluides autres que le fluide mesuré. Toutefois, le débit de ces purges et de ces événements doit être nul pendant le mesurage du débit.

Les orifices de purge et les événements ne doivent pas être disposés au voisinage immédiat de l'élément primaire, à moins qu'il soit impossible de faire autrement. Dans ce cas, le diamètre de ces orifices doit être inférieur à $0,08D$ et leur emplacement doit être tel que la distance comptée en ligne droite, d'un de ces orifices à une prise de pression de l'élément primaire située du même côté de celui-ci, soit toujours supérieure à $0,5D$. Les demi-plans méridiens de la conduite qui contiennent respectivement l'axe d'une prise de pression et l'axe d'une purge ou d'un événement doivent être décalés d'au moins 30° .

6) ISO/TR 3313:1974, *Mesure du débit d'un écoulement pulsatoire de fluide dans une conduite, au moyen de diaphragmes, tuyères ou tubes de Venturi, en particulier dans le cas de pulsations sinusoidales ou périodiques intermittentes à ondes rectangulaires.*

7.1.9 La conduite et ses brides doivent être calorifugées. Il n'est toutefois pas nécessaire de calorifuger la conduite lorsque la température du fluide ne dépasse pas, entre l'entrée de la longueur droite minimale de la conduite amont et la sortie de la longueur droite minimale de la conduite aval, une valeur limite dépendant de l'exactitude requise pour la mesure.

7.2 Longueurs droites minimales d'amont et d'aval à installer entre différents accessoires et l'élément primaire

7.2.1 Les longueurs droites minimales sont données dans les tableaux 1 et 2. Les longueurs prescrites au tableau 2 pour les tubes de Venturi classiques sont inférieures à celles du tableau 1 pour les diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères pour les raisons suivantes:

- a) elles proviennent de résultats d'expériences et de procédés de corrélation différents;
- b) le convergent du tube de Venturi classique sert à régulariser le profil des vitesses au col de l'appareil. Des essais ont montré que, pour des rapports de diamètres identiques, les longueurs droites minimales à l'amont d'un tube de Venturi classique peuvent être inférieures à celles requises pour les diaphragmes, les tuyères et les Venturi-tuyères.

7.2.2 Les longueurs droites présentées dans les tableaux 1 et 2 sont des valeurs minimales et il est toujours recommandé de disposer de parties droites plus longues que celles qui sont indiquées. En particulier, pour les travaux de recherche, il est recommandé de doubler au moins les valeurs amont données dans les tableaux 1 et 2 pour «une incertitude supplémentaire nulle»⁷⁾.

7.2.3 Lorsque les longueurs droites sont supérieures ou égales aux valeurs données dans le tableau 1 ou le tableau 2 pour «une incertitude supplémentaire nulle»⁷⁾, il n'y a pas lieu d'ajouter d'incertitude supplémentaire à l'incertitude sur le coefficient de décharge pour tenir compte d'un effet des conditions d'installation.

7.2.4 Lorsque les longueurs droites d'amont ou d'aval sont inférieures aux valeurs pour «une incertitude supplémentaire nulle»⁷⁾, tout en restant égales ou supérieures aux valeurs pour «une incertitude

supplémentaire de 0,5 %»⁸⁾, telles qu'elles sont données dans les tableaux 1 et 2, une incertitude supplémentaire de 0,5 % doit être ajoutée arithmétiquement à l'incertitude sur le coefficient de décharge.

7.2.5 Si les longueurs droites sont inférieures aux valeurs pour «une incertitude supplémentaire de 0,5 %»⁸⁾, données dans les tableaux 1 et 2, la présente partie de l'ISO 5167 ne donne aucun renseignement permettant à quiconque d'estimer une valeur d'incertitude supplémentaire à prendre en compte. Il en est de même lorsque les longueurs droites d'amont et d'aval sont **simultanément** inférieures aux valeurs pour «une incertitude supplémentaire nulle»⁷⁾.

7.2.6 Les robinets cités aux tableaux 1 et 2 doivent être grand ouverts. On recommande d'effectuer le réglage du débit par des robinets situés en aval de l'élément primaire. Les robinets d'arrêt situés à l'amont doivent être grand ouverts et de préférence être à opercule.

7.2.7 À la suite d'un changement de direction simple (coude ou té), il est recommandé d'installer les prises de pression, s'il s'agit de paires de prises individuelles, de telle sorte que leur axe soit perpendiculaire au plan du coude ou du té.

7.2.8 Les valeurs données dans les tableaux 1 et 2 ont été obtenues expérimentalement en disposant d'une longueur droite très importante en amont de l'accessoire considéré, ce qui permet d'admettre qu'en amont de l'accessoire, l'écoulement était pratiquement complètement établi et exempt de giration. Puisqu'en pratique de telles conditions sont difficiles à obtenir, les informations suivantes peuvent être utilisées comme guide dans les cas normaux d'installation.

- a) Si l'élément primaire est placé dans une conduite issue d'un espace ouvert ou d'une grande enceinte, soit directement, soit par l'intermédiaire d'accessoires, la longueur totale de conduite entre l'espace ouvert et l'élément primaire ne doit en aucun cas être inférieure à 30 λ ⁹⁾. S'il existe un accessoire, on doit en outre respecter les longueurs droites données dans le tableau 1 ou le tableau 2 entre cet accessoire et l'élément primaire.

7) Valeurs sans parenthèses dans les tableaux 1 et 2.

8) Valeurs entre parenthèses dans les tableaux 1 et 2.

9) En l'absence de données expérimentales, il a paru prudent d'adopter, pour les tubes de Venturi classiques, les prescriptions exigées pour les diaphragmes et les tuyères.

Tableau 1 — Longueurs droites requises pour les diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères

Valeurs exprimées en multiples de D

Rapport des diamètres β	En amont (entrée) de l'élément primaire										En aval (sortie) de l'élément primaire
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Coude simple à 90° ou té (débit par une seule branche)	Deux coudes ou plus à 90° dans le même plan	Deux coudes ou plus à 90° dans des plans différents	Réduction de $2D$ à D sur une longueur de $1,5D$ à $3D$	Évasement de $0,5D$ à D sur une longueur de D à $2D$	Robinet à soupape grand ouvert	Robinet sphérique ou robinet à opercule grand ouvert	Brusque réduction symétrique de rapport de diamètre $\geq 0,5$	Poche à thermomètre ou puits* de diamètre $\leq 0,03D$	Poche à thermomètre ou puits* de diamètre entre $0,03D$ et $0,13D$	Accessoires des colonnes 2 à 8
1											12
0,20	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	4 (2)
0,25	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)				4 (2)
0,30	10 (6)	16 (8)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	5 (2,5)
0,35	12 (6)	16 (8)	36 (18)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)				5 (2,5)
0,40	14 (7)	18 (9)	36 (18)	5	16 (8)	20 (10)	12 (6)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	6 (3)
0,45	14 (7)	18 (9)	38 (19)	5	17 (9)	20 (10)	12 (6)				6 (3)
0,50	14 (7)	20 (10)	40 (20)	6 (5)	18 (9)	22 (11)	12 (6)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	6 (3)
0,55	16 (8)	22 (11)	44 (22)	8 (5)	20 (10)	24 (12)	14 (7)				6 (3)
0,60	18 (9)	26 (13)	48 (24)	9 (5)	22 (11)	26 (13)	14 (7)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	7 (3,5)
0,65	22 (11)	32 (16)	54 (27)	11 (6)	25 (13)	28 (14)	16 (8)				7 (3,5)
0,70	28 (14)	36 (18)	62 (31)	14 (7)	30 (15)	32 (16)	20 (10)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	7 (3,5)
0,75	36 (18)	42 (21)	70 (35)	22 (11)	38 (19)	36 (18)	24 (12)				8 (4)
0,80	46 (23)	50 (25)	80 (40)	30 (15)	54 (27)	44 (22)	30 (15)				8 (4)

* L'installation de poches à thermomètre ou de puits ne changera pas les longueurs droites minimales nécessaires en amont pour les autres accessoires.

NOTES

- 1 Les longueurs droites minimales nécessaires sont les longueurs entre divers accessoires situés en amont ou en aval de l'élément primaire et l'élément primaire lui-même. Toutes les longueurs droites doivent être mesurées à partir de la face amont de l'élément primaire.
- 2 Les valeurs sans parenthèses sont des valeurs pour «une incertitude supplémentaire nulle» (voir 7.2.3).
- 3 Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs pour «une incertitude supplémentaire de 0,5 %» (voir 7.2.4).

Tableau 2 — Longueurs droites requises pour les tubes de Venturi classiques

Valeurs exprimées en multiple de D

Rapport des diamètres β	Coude simple à 90° ^(*)	Deux coudes ou plus à 90° dans le même plan ^(*)	Deux coudes ou plus à 90° dans des plans différents ^(*) **)	Réduction de $3D$ à D sur une longueur de $3,5D$	Évasement de $0,75D$ à D sur une longueur de D	Robinet sphérique ou robinet à opercule grand ouvert
0,30	0,5 ^(***)	1,5 (0,5)	(0,5)	0,5 ^(***)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)
0,35	0,5 ^(***)	1,5 (0,5)	(0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	2,5 (0,5)
0,40	0,5 ^(***)	1,5 (0,5)	(0,5)	2,5 (0,5)	1,5 (0,5)	2,5 (1,5)
0,45	1,0 (0,5)	1,5 (0,5)	(0,5)	4,5 (0,5)	2,5 (1)	3,5 (1,5)
0,50	1,5 (0,5)	2,5 (1,5)	(8,5)	5,5 (0,5)	2,5 (1,5)	3,5 (1,5)
0,55	2,5 (0,5)	2,5 (1,5)	(12,5)	6,5 (0,5)	3,5 (1,5)	4,5 (2,5)
0,60	3,0 (1,0)	3,5 (2,5)	(17,5)	8,5 (0,5)	3,5 (1,5)	4,5 (2,5)
0,65	4,0 (1,5)	4,5 (2,5)	(23,5)	9,5 (1,5)	4,5 (2,5)	4,5 (2,5)
0,70	4,0 (2,0)	4,5 (2,5)	(27,5)	10,5 (2,5)	5,5 (3,5)	5,5 (3,5)
0,75	4,5 (3,0)	4,5 (3,5)	(29,5)	11,5 (3,5)	6,5 (4,5)	5,5 (3,5)

*) Le rayon de courbure du coude doit être supérieur ou égal au diamètre de la conduite.

) Comme l'effet de ces accessoires peut se faire sentir au-delà de $40D$, il ne peut être donné, dans ce tableau, de valeurs sans parenthèses.*) Puisque aucun accessoire ne peut être placé à moins de $0,5D$ des prises de pression amont du tube de Venturi, les valeurs pour «incertitude supplémentaire nulle» sont les seules applicables à ce cas.

NOTES

1 Les longueurs droites minimales nécessaires sont les longueurs entre divers accessoires situés en amont du tube de Venturi classique et le tube de Venturi classique lui-même. Toutes les longueurs droites doivent être mesurées à partir du plan des prises de pression amont du tube de Venturi classique. La rugosité de la conduite, au moins pour la longueur donnée dans ce tableau, ne doit pas dépasser celle d'une conduite lisse du commerce (approximativement $k/D \leq 10^{-3}$).

2 Les valeurs sans parenthèses sont des valeurs pour «une incertitude supplémentaire nulle» (voir 7.2.3).

3 Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs pour «une incertitude supplémentaire de 0,5 %» (voir 7.2.4).

4 Pour les longueurs droites à l'aval, les accessoires ou obstacles (indiqués dans ce tableau) situés en aval au moins à quatre fois le diamètre du col à partir du plan de prises de pression au col n'affectent pas l'exactitude des mesures.

b) Si plusieurs accessoires autres que des coudes à 90°⁽¹⁰⁾ se succèdent en amont de l'élément primaire, on doit appliquer la règle suivante: entre l'accessoire (1) le plus rapproché de l'élément primaire et l'élément primaire lui-même, maintenir une longueur droite minimale telle qu'elle est indiquée pour l'accessoire (1) en question et pour la valeur réelle de β dans le tableau 1 ou le tableau 2. Mais, de plus, maintenir entre cet accessoire (1) et l'accessoire (2) qui le précède, une longueur droite égale à la moitié de la valeur indiquée dans le tableau 1 ou le tableau 2 pour l'accessoire (2) dans le cas d'un élément primaire de rapport des diamètres $\beta = 0,7$, quelle que soit la valeur réelle de β . Cette règle ne s'applique pas lorsque l'accessoire (2) est une brusque réduction symétrique, lequel cas est traité dans a) ci-dessus.

Si l'une des longueurs droites minimales ainsi retenues est une valeur entre parenthèses, on doit ajouter arithmétiquement une incertitude supplémentaire de 0,5 % à l'incertitude sur le coefficient de décharge.

7.3 Tranquilliseurs

L'utilisation de tranquilliseurs conformes aux modèles décrits en 7.3.2 et représentés par les figures 1 à 3 est recommandée pour permettre l'installation d'éléments primaires en aval d'accessoires non mentionnés dans le tableau 1 ou le tableau 2. Quand un élément primaire dont le rapport des diamètres est grand doit être utilisé, l'insertion de tels dispositifs permet quelquefois d'installer en amont de l'élément primaire des longueurs droites plus courtes que celles indiquées dans le tableau 1.

Quand l'installation d'un tranquilliseur est faite conformément aux indications de 7.3.1, sa présence n'introduit aucune incertitude supplémentaire sur le coefficient de décharge.

7.3.1 Installation

Le tranquilliseur doit être installé dans la longueur droite amont comprise entre l'élément primaire et l'accessoire perturbateur de l'écoulement le plus proche de l'élément primaire. À moins que l'on puisse vérifier que l'écoulement à l'entrée de l'élément primaire est conforme aux prescriptions de 7.1.3, la longueur droite comprise entre cet accessoire et le tranquilliseur lui-même doit être au moins

10) Dans le cas de plusieurs coudes à 90°, se référer aux tableaux 1 et 2, qui peuvent être appliqués quelle que soit la distance entre les coudes consécutifs.