

Éditée par l'ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) - Tour EUROPE CEDEX 7 92080 PARIS LA DEFENSE - Tél. (1) 778-13-26

NORME FRANÇAISE HOMOLOGUÉE	MESURE DE DÉBIT DES FLUIDES AU MOYEN DE DIAPHRAGMES, TUYÈRES ET TUBES DE VENTURI INSÉRÉS DANS DES CONDUITES EN CHARGE DE SECTION CIRCULAIRE	NF X 10-102 Juin 1980
-------------------------------	--	---

AVANT-PROPOS

A sa date d'homologation, la présente norme reproduit la norme internationale ISO 5167 - première édition, publiée en 1980.

Les documents mentionnés comme références dans la présente norme font l'objet des normes françaises suivantes :

- **NF X 10-100 (*)** - « Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées - Vocabulaire et symboles » - En concordance technique avec ISO 4006.
- **NF X 10-106 (*)** - « Mesure de débit des fluides - Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit » - En concordance technique avec ISO 5168.
- **NF X 10-105 (1975)** - « 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 sinusoïdales ou périodiques intermittentes à ondes rectangulaires » - En concordance technique avec ISO/TR 3313.

(*) Actuellement en préparation.

Homologuée au J.O. du 1980-05-25 pour prendre effet le 1980-06-16	La présente norme remplace la norme NF X 10-102 homologuée successivement par arrêtés du 27 novembre 1970 et 2 juin 1971.	© AFNOR 1980 Droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays.
--	--	--

J. BRARD - 60110 Méru

NF X 10-102 1^{er} TIRAGE 80-06

**Measurement of fluid flow by means of orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted
in circular cross-section conduits running full.**

**Durchflussmessung in Rohrleitungen mit Blenden, Düsen und Venturirohren in voll
durchströmten Rohren mit Kreis-querschnitt.**

SOMMAIRE	Page
1 Objet et domaine d'application	1
2 Symboles et définitions	1
2.1 Symboles	2
2.2 Mesure de la pression : Définitions	3
2.3 Éléments primaires : Définitions	3
2.4 Écoulement : Définitions	3
3 Principe de la méthode de mesurage et mode de calcul	4
3.1 Principe de la méthode de mesurage	4
3.2 Méthode de détermination du rapport des diamètres de l'élément primaire normal choisi	4
3.3 Calcul du débit	5
3.4 Détermination de la masse volumique	5
4 Choix de l'élément primaire	6
5 Conditions générales pour les mesurages	6
5.1 Élément primaire	6
5.2 Nature du fluide	6
5.3 Conditions de l'écoulement	7
6 Conditions d'installation	7
6.1 Généralités	7
6.2 Longueurs droites minimales d'amont et d'aval à installer entre différents accessoires et l'élément primaire	7
6.3 Dispositifs redresseurs	10
6.4 Conditions générales à remplir par l'écoulement au voisinage de l'élément primaire	12
6.5 Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères	12
6.6 Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux tubes de Venturi classiques	13

7	Diaphragmes	14
7.1	Description	14
7.2	Prises de pression	15
7.3	Coefficients et erreurs limites correspondantes des diaphragmes.	18
7.4	Perte de pression $\Delta\bar{\omega}$	20
8	Tuyères	20
8.1	Tuyères ISA 1932.	20
8.2	Tuyères à long rayon.	23
9	Tubes de Venturi	26
9.1	Tubes de Venturi classiques	26
9.2	Venturi-tuyères.	32
10	Erreurs limites sur la mesure du débit	34
10.1	Définition de l'erreur limite	34
10.2	Calcul pratique de l'erreur limite	34
Annexes		
A	Tableaux des coefficients de débit et de décharge	36
B	Tubes de Venturi classiques en dehors du domaine couvert par la présente Norme internationale.	62
C	Perte de pression dans un tube de Venturi classique.	64

Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale spécifie 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 des 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 régulier ou ne varie que lentement dans le temps et lorsque le fluide est monophasique. De plus, on ne peut utiliser chacun de ces appareils que dans des limites spécifiées de diamètre de canalisation et de nombre de Reynolds; de sorte qu'on ne peut faire référence à la présente Norme internationale 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 tuyauterie inférieurs à 3 150.

Elle traite d'appareils pour lesquels des expériences d'étalement direct ont été effectuées en nombre et en 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, cependant que l'on appelle «appareils secondaires» tous les autres instruments ou dispositifs nécessaires à l'accomplissement de la mesure. La présente Norme internationale concerne les éléments primaires et ne mentionne qu'exceptionnellement les appareils secondaires¹⁾.

Les divers éléments primaires considérés dans la présente Norme internationale sont les suivants :

- diaphragmes, avec lesquels les divers types de prises de pression suivants sont utilisés :
 - prises de pression dans les angles,
 - prises de pression à D et $D/2$,²⁾
 - prises de pression à la bride,
- tuyères :
 - tuyère ISA³⁾ 1932,
 - tuyère à long rayon,
 qui diffèrent entre elles par leurs formes et/ou l'emplacement des prises de pression,
- tubes de Venturi :
 - tube de Venturi classique⁴⁾,
 - Venturi-tuyère,
 qui diffèrent entre eux par leur forme et/ou l'emplacement des prises de pression.

2 SYMBOLES ET DÉFINITIONS

Le vocabulaire et les symboles utilisés dans la présente Norme internationale sont définis dans l'ISO 4006, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles*.

Le tableau 1 reproduit les symboles utilisés dans la présente Norme internationale.

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

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

2) Les diaphragmes à prises de pression *vena contracta* ne sont pas traités dans la présente Norme internationale.

3) ISA est le sigle de la «*Fédération internationale des Associations nationales de normalisation*», organisme qui a été remplacé par l'ISO en 1946.

4) Le tube de Venturi classique est parfois appelé, aux États-Unis, tube de Herschel.

2.1 Symboles

TABLEAU 1 — Symboles

Symboles	Grandeur désignée	Dimensions M : masse L : longueur T : temps Θ : température	Unité SI correspondante
C	Coefficient de décharge, $C = \frac{\alpha}{E}$	sans	
d	Diamètre de l'orifice ou du col de l'élément primaire dans les conditions d'emploi	L	m
D	Diamètre intérieur de la tuyauterie de mesure en amont (ou diamètre amont d'un tube de Venturi classique) dans les conditions d'emploi	L	m
e	Erreur limite relative	sans	
E	Coefficient de vitesse d'approche, $E = (1 - \beta^4)^{-1/2}$	sans	
k	Rugosité uniforme équivalente (voir 7.3.2.1)	L	m
l	Éloignement d'une prise de pression	L	m
L	Éloignement relatif d'une prise de pression, $L = \frac{l}{D}$	sans	
p	Pression du fluide	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
q_m	Débit-masse	MT^{-1}	kg/s
q_v	Débit-volume	$L^3 T^{-1}$	m^3/s
R	Rayon	L	m
R_a	Écart moyen arithmétique de la ligne moyenne de profil (voir ISO/R 468)	L	m
Re	Nombre de Reynolds	sans	
Re_D Re_d	Nombre de Reynolds rapporté à D ou à d	sans	
t	Température du fluide	Θ	°C
U	Vitesse axiale moyenne du fluide dans la tuyauterie	LT^{-1}	m/s
X	Rapport acoustique, $X = \frac{\Delta p}{\rho_1^k}$	sans	
α	Coefficient de débit	sans	
β	Rapport des diamètres $\beta = \frac{d}{D}$	sans	
γ	Rapport des chaleurs massiques ¹⁾	sans	
Δp	Pression différentielle	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
$\Delta \omega$	Perte de pression	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
ϵ	Coefficient de détente	sans	
κ	Exposant isentropique ¹⁾	sans	
μ	Viscosité dynamique du fluide	$ML^{-1} T^{-1}$	Pa·s
ν	Viscosité cinématique du fluide, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	$L^2 T^{-1}$	m^2/s
ξ	Perte de pression relative	sans	
ρ	Masse volumique du fluide	ML^{-3}	kg/m^3
τ	Rapport des pressions, $\tau = \frac{p_2}{p_1}$	sans	
φ	Angle au sommet du divergent	sans	radian

1) Rapport de la chaleur massique à pression constante à la chaleur massique à volume constant. Pour les gaz parfaits, le rapport des chaleurs massiques et l'exposant isentropique ont les mêmes valeurs (voir 2.4.3). Ces valeurs dépendent de la nature du gaz.

NOTE — L'indice 1 se réfère à la section droite contenant l'axe de la prise de pression amont.
L'indice 2 se réfère à la section droite contenant l'axe de la prise de pression aval.

2.2 Mesure de la pression : Définitions

2.2.1 prise de pression à la paroi : Trou percé à travers la paroi d'une enceinte, débouchant à la surface intérieure de l'enceinte et dont le bord est arasé à cette surface.

Le trou est habituellement circulaire, mais peut, dans certains cas, être une fente annulaire.

2.2.2 pression (statique), d'un fluide s'écoulant dans une tuyauterie rectiligne : Pression que l'on peut mesurer en reliant un manomètre à une prise de pression à la paroi. On considère exclusivement, dans la présente Norme internationale, la valeur de la pression (statique) absolue.

2.2.3 pression différentielle : Différence des pressions (statiques) que l'on peut mesurer 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.

Le terme de « pression différentielle » n'est utilisé que si les prises de pression sont situées aux emplacements indiqués par la présente Norme internationale pour chaque élément primaire normalisé.

2.2.4 rapport des pressions : Quotient de la pression (statique) absolue à la prise de pression aval divisée par la pression (statique) absolue à la prise de pression amont.

2.3 Éléments primaires : Définitions

2.3.1 orifice ou col : Ouverture de section minimale de l'élément primaire.

Les orifices des éléments primaires normaux sont de section circulaire et disposés coaxialement à la tuyauterie.

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

Les diaphragmes normaux 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.

2.3.3 tuyère : Dispositif convergent terminé par une partie cylindrique, dite « col ».

2.3.4 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 ».

2.3.5 rapport des diamètres d'un élément primaire utilisé dans une tuyauterie donnée : Quotient du diamètre de l'orifice (ou du col) de l'élément primaire par le diamètre 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 au col divisé par le diamètre de cette partie cylindrique mesuré dans le plan des prises de pression amont.

2.4 Écoulement : Définitions

2.4.1 débit d'un fluide s'écoulant à travers un élément primaire : 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 (exprimé en masse par unité de temps) ou d'un débit-volume (exprimé en volume par unité de temps).

2.4.2 nombre de Reynolds

On utilise, dans la présente Norme internationale :

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

$$Re_D = \frac{U_1 D}{\nu_1}$$

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

$$Re_d = Re_D \times \beta^{-1}$$

2.4.3 exposant isentropique

L'exposant isentropique κ apparaît dans les différentes formules de coefficient de détente ϵ soit directement, soit dans le rapport X . L'exposant isentropique varie avec la nature du gaz et avec 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 Norme internationale, on peut utiliser le rapport des chaleurs massiques pour les gaz parfaits au lieu de l'exposant isentropique dans le calcul du débit.

2.4.4 rapport acoustique : Quotient de la pression différentielle relative par l'exposant isentropique (fluides compressibles).

2.4.5 coefficient de vitesse d'approche

Il est égal à :

$$E = (1 - \beta^4)^{-1/2} = \frac{D^2}{\sqrt{D^4 - d^4}}$$

2.4.6 coefficients de débit et de décharge

L'étalonnage direct d'éléments primaires normalisés exécuté au moyen de fluides dits incompressibles (liquides) montre que α , appelé « coefficient de débit », défini par la relation ci-dessous n'est, pour un élément primaire donné et pour une installation donnée, fonction que du seul nombre de Reynolds :

$$\alpha = \frac{q_m}{\frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1}}$$

La valeur numérique de α 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.

Le rapport $C = \frac{\alpha}{E}$ est appelé « coefficient de décharge ».

Les valeurs numériques de α et de C , données dans la présente Norme internationale ont été déterminées expérimentalement.

2.4.7 coefficient de détente

Le tarage direct d'un élément primaire donné au moyen d'un fluide compressible (gaz) montre que le rapport :

$$\frac{q_m}{\frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1}}$$

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 débit α de l'élément primaire considéré, déterminé par tarages directs au moyen de liquides, exécutés pour la même valeur du nombre de Reynolds, par un coefficient dit « de détente », défini par la relation :

$$\epsilon = \frac{q_m}{\alpha \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1}}$$

ϵ est égal à l'unité lorsque le fluide est incompressible et inférieur à l'unité lorsque le fluide est compressible.

Cette méthode est utilisable parce que l'expérience montre que pratiquement ϵ est 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 relative et de l'exposant isentropique.

Les valeurs numériques de ϵ , données dans la présente Norme internationale, ont été déterminées expérimentalement.

2.4.8 critère de rugosité

Le critère de rugosité R_a utilisé dans la présente Norme internationale est celui défini par l'ISO/R 468. Il est égal à l'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 est 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 de la surface, plus rugueuse, de tuyauteries.

Pour les tuyauteries, on utilise la hauteur de rugosité équivalente k . Cette hauteur peut être déterminée expérimentalement (voir 7.3.1) ou lue dans des tables (voir tableau 6).

3 PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE MESURAGE ET MODE DE CALCUL

3.1 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 du fluide d'écoulement et des circonstances d'emploi de l'élément primaire, si celui-ci est géométriquement semblable à l'un de ceux ayant fait antérieurement l'objet d'étalonnages directs et s'il est semblablement utilisé, c'est-à-dire s'il est en tous points conforme à la présente Norme internationale.

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

$$q_m = \alpha \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1} \quad \dots (1)$$

ou

$$q_m = CE \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1} \quad \dots (2)$$

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.

3.2 Méthode de détermination du rapport des diamètres de l'élément primaire normal choisi

Dans la pratique, lorsque l'on doit déterminer le diamètre d'un élément primaire à installer dans une tuyauterie donnée, en vue d'une mesure de débit, on ne connaît pas, en général, α ou CE intervenant dans les formules de base (1) ou (2). On choisira donc *a priori* :

- le type d'élément primaire à utiliser,

- 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 :

$$\alpha \beta^2 = \frac{4 q_m}{\epsilon \pi D^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1}}$$

et l'on détermine, par approximations successives, le rapport des diamètres de l'élément primaire choisi.

3.3 Calcul du débit

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

L'exécution du calcul lui-même n'offre de difficulté autre qu'arithmétique et nécessite simplement les commentaires suivants :

- α peut être fonction de Re , qui est lui-même fonction de q_m . La valeur finale de α et donc de q_m ne peut dans ce cas être obtenue que par itération à partir d'une valeur choisie initialement pour α (ou Re). Il peut en général être commode d'adopter comme première valeur de α celle qui correspond à un nombre de Reynolds égal à 10^6 .
- Δp représente la pression différentielle, telle qu'elle est définie en 2.2.3.
- L'attention est attirée sur le fait que d et D , mentionnés dans les formules, sont les valeurs des diamètres dans les conditions d'utilisation. Par conséquent les valeurs de d et D mesurées dans les conditions ambiantes doivent être corrigées 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.
- Pour les besoins du mesurage, il est nécessaire de connaître la masse volumique et la viscosité du fluide dans les conditions de mesurage.

3.4 Détermination de la masse volumique

Il est nécessaire de connaître la masse volumique du fluide au niveau de la prise de pression amont; 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 ce plan.

3.4.1 La pression (statique) du fluide doit être mesurée, dans le plan des prises de pression amont, au moyen d'une prise de pression individuelle à la paroi (décrite en 7.2.1) ou au moyen de prises de bague piézométrique (décrite en 7.2.4).

3.4.1.1 Cette prise de pression statique doit de préférence être distincte de celle qui est destinée au mesurage de la composante amont 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 amont 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.

3.4.1.2 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 amont, qui peut être différente de la pression mesurée à la paroi.

3.4.2 Bien que la température du fluide permettant de calculer sa masse volumique et sa viscosité soit celle existant dans le plan des prises de pression amont, la température du fluide doit être mesurée de préférence en aval de l'élément primaire. La poche à thermomètre doit être d'encombrement aussi réduit que possible. Son éloignement de l'élément primaire doit être au moins égal à $5 D$, si elle est située en aval, et conforme aux deux dernières lignes du tableau 3, si elle est située en amont.

Si le fluide mesuré est un gaz, la température en amont pourra être déduite de la température mesurée en aval en supposant isentropique la détente dans l'élément primaire.

3.4.3 Tout mode de détermination de la masse volumique, de la pression (statique) et de la température du fluide est acceptable s'il permet d'obtenir une valeur certaine de la pression, de la température, de la viscosité et de la masse volumique du fluide dans le plan des prises de pression amont, sans perturber l'écoulement à mesurer.

3.4.4 La température de l'élément primaire et celle du fluide en amont de l'élément primaire sont supposées être les mêmes (voir 6.1.9).

4 CHOIX DE L'ÉLÉMENT PRIMAIRE

Le tableau 2 donne des indications permettant de choisir le type d'élément primaire à utiliser en fonction des caractéristiques désirées.

TABLEAU 2 – Critères de choix du type d'élément primaire

Caractéristiques à considérer	Éléments de choix
Diamètre de la conduite Rapport des diamètres Nombre de Reynolds	Pour chaque élément primaire, il existe des valeurs limites pour le diamètre intérieur de la conduite, le rapport des diamètres β et le nombre de Reynolds de l'écoulement. Si la valeur choisie pour la pression différentielle et la valeur du débit sont telles que la valeur de β pour un diaphragme dépasse la limite admissible, il est possible d'utiliser une tuyère qui nécessite dans les mêmes conditions une valeur plus faible de β .
Perte de pression	Pour une même pression différentielle, les pertes de pression sont 4 à 6 fois plus faibles pour les tubes de Venturi classiques et les Venturi-tuyères que pour les diaphragmes et les tuyères.
Longueurs droites à prévoir en amont et en aval	Les tubes de Venturi classiques nécessitent des longueurs droites de tuyauterie plus faibles que les diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères.
Encombrement	La distance nécessaire entre brides pour monter l'élément sur la tuyauterie est importante pour les tubes de Venturi classiques et les Venturi-tuyères.
Type du fluide	Avec des fluides abrasifs ou corrosifs, les coefficients des diaphragmes peuvent varier de façon continue dans le temps du fait que l'arête s'émousse; des dépôts sur la surface des tuyères et des tubes de Venturi ont une influence immédiate sur le coefficient de débit, mais ensuite il est probable que la variation en fonction du temps sera moindre.
Précision	Les erreurs limites sur le coefficient de débit sont définies pour chaque élément primaire.
Coût et fabrication	Les diaphragmes sont moins coûteux et de fabrication plus simple que tous les autres types d'éléments primaires.

5 CONDITIONS GÉNÉRALES POUR LES MESURAGES

Il est nécessaire de s'assurer que toutes les conditions énumérées ci-dessous, et dont certaines sont précisées aux chapitres suivants, sont complètement satisfaites pendant la durée des mesurages.

5.1 Élément primaire

5.1.1 L'élément primaire doit être construit, installé et utilisé d'une façon conforme à la présente Norme internationale.

Pour les éléments primaires dont les caractéristiques de construction et d'utilisation sortent des limites définies dans la présente Norme internationale, il est nécessaire d'étalonner individuellement l'élément primaire dans ses conditions véritables d'utilisation.

5.1.2 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 de sa conformité à la présente Norme internationale.

L'attention est attirée sur le fait que les 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, risquent de conduire à des valeurs en dehors des erreurs limites données dans la présente Norme internationale.

5.1.3 Il est nécessaire d'utiliser, pour la construction, des matériaux dont le coefficient de dilatation est connu, excepté dans le cas où l'utilisateur estime que, compte tenu de la température du fluide à mesurer, il est légitime de négliger les variations de dimensions résultant de variations de température.

5.2 Nature du fluide

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

5.2.2 Le fluide doit être homogène physiquement et thermiquement et se présenter en phase unique.

Les solutions colloïdales très dispersées (le lait, par exemple), et celles-là seules, sont considérées comme constituées d'une phase unique.

5.2.3 Pour l'exécution du mesurage, il est nécessaire de connaître la masse volumique et la viscosité du fluide dans les conditions de mesurage (voir 3.3 d).

5.3 Conditions de l'écoulement

5.3.1 Le débit de l'écoulement doit être constant, ou bien, en pratique, ne varier que peu et lentement en fonction du temps. Le mesurage des débits pulsatoires n'est pas décrit dans la présente Norme internationale.¹⁾

5.3.2 Le passage du fluide dans l'élément primaire ne doit pas provoquer de changement de phase. Pour déterminer s'il y a un changement de phase, on conduira les calculs en émettant l'hypothèse que la détente est isentropique, si le fluide mesuré est un gaz, ou qu'elle est isotherme, s'il s'agit d'un liquide.

5.3.3 Si le fluide est un gaz, le rapport des pressions, tel que défini en 2.2.4, doit être égal ou supérieur à 0,75.

6 CONDITIONS D'INSTALLATION

6.1 Généralités

6.1.1 Le procédé de mesurage ne s'applique qu'aux fluides s'écoulant dans une conduite de section droite circulaire.

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

6.1.3 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 suffisamment proches de celles d'un écoulement complètement établi et sans giration (voir 6.4). De telles conditions sont supposées exister si l'installation est conforme aux exigences décrites au présent chapitre 6.

6.1.4 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 dérivation pendant le mesurage de débit), autres que ceux qui sont désignés par la présente Norme internationale.

La conduite est considérée comme rectiligne lorsqu'elle semble telle à la simple 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 indiquées dans les tableaux 3 et 4.

6.1.5 On prendra pour valeur du diamètre D de la conduite, à utiliser dans le calcul du rapport des diamètres, le diamètre intérieur moyen sur une longueur de $0,5 D$ en amont de la prise de pression amont. Ce diamètre intérieur moyen sera la moyenne arithmétique des mesures d'au

moins quatre diamètres également répartis dans chacune d'au moins trois sections transversales elles-mêmes également réparties sur la distance $0,5 D$, deux de ces sections étant nécessairement situées aux distances $0 D$ et $0,5 D$. Si le montage comporte une bague piézométrique (figure 4a), cette valeur de $0,5 D$ sera comptée à partir du bord amont de la bague.

6.1.6 Tout le long des parties droites minimales nécessaires, la conduite doit être de section droite intérieure circulaire. La section droite est déclarée circulaire lorsqu'elle semble telle à la simple inspection visuelle. L'aspect circulaire de la paroi extérieure peut servir d'indication, sauf au voisinage immédiat de l'élément primaire où l'on appliquera des conditions particulières en fonction du type d'élément primaire utilisé (voir 6.5.1 et 6.6.1).

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

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

6.1.9 La conduite de mesure et les brides de serrage doivent être calorifugées au moins tout au long des parties rectilignes nécessaires. 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 de la conduite amont et la sortie de la longueur droite de la conduite aval, une valeur limite que fixe l'utilisateur en fonction de la précision qu'il désire dans sa mesure.

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

6.2.1 Ces longueurs droites minimales sont données dans les tableaux 3 et 4.

6.2.2 Les longueurs droites présentées dans les tableaux 3 et 4 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 3 et 4 pour « une erreur limite supplémentaire nulle »²⁾.

6.2.3 Lorsque les longueurs droites satisfont aux exigences des tableaux 3 et 4 et lorsqu'elles sont supérieures ou égales aux valeurs données pour « une erreur limite supplémentaire nulle »²⁾, il n'y a pas lieu d'ajouter d'erreur supplémentaire à l'erreur sur le coefficient de débit pour tenir compte d'un effet des conditions d'installation.

1) Il fait l'objet du Rapport technique 3313 « 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 sinusoïdales ou périodiques intermittentes à ondes rectangulaires ».

2) Valeurs sans parenthèses dans les tableaux 3 et 4.

6.2.4 Lorsque les longueurs droites d'amont OU d'aval sont inférieures aux valeurs pour «une erreur limite supplémentaire nulle»¹⁾, tout en restant égales ou supérieures aux valeurs pour «une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$ »²⁾, telles qu'elles sont données dans les tableaux 3 et 4, une erreur supplémentaire de $\pm 0,5\%$ doit être ajoutée arithmétiquement à l'erreur sur le coefficient de débit.

6.2.5 Si les longueurs droites sont inférieures aux valeurs pour «une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$ »²⁾, données dans les tableaux 3 et 4, la présente Norme internationale ne donne aucun renseignement permettant à quiconque d'estimer une valeur d'erreur limite 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 erreur limite supplémentaire nulle»¹⁾.

6.2.6 Les robinets cités aux tableaux 3 et 4 doivent être grand ouverts. On recommande d'effectuer le réglage par des robinets situés en aval de l'élément primaire. Les robinets d'arrêt situés à l'amont seront de préférence à opercule et seront grand ouverts.

6.2.7 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.

TABLEAU 3 — Longueurs droites requises pour les diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi-tuyères

Longueurs droites minimales nécessaires entre divers accessoires situés en amont ou en aval de l'élément primaire et l'élément primaire lui-même.

Les valeurs sans parenthèses sont des valeurs pour «une erreur limite supplémentaire nulle» (voir 6.2.3).

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs pour «une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$ » (voir 6.2.4).

Toutes les longueurs droites sont exprimées en multiples du diamètre D . Elles doivent être mesurées à partir de la face amont de l'élément primaire.

β	En amont de l'élément primaire							En aval
	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 2 D à D sur une longueur de 1,5 D à 3 D	Évasement de 0,5 D à D sur une longueur de 1 D à 2 D	Robinet à soupape grand ouvert	Robinet à opercule grand ouvert	Tous accessoires cités dans ce tableau
≤ 0,20	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	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)	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)	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)	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)	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)	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)

Pour toutes valeurs de β	Accessoires	Longueur droite minimale nécessaire en amont
	Brusque réduction symétrique de rapport de diamètre $\geq 0,5$	30 (15)
	Poche à thermomètre ou puits de diamètre $\leq 0,03 D$ Poche à thermomètre ou puits de diamètre compris entre 0,03 D et 0,13 D	5 (3) 20 (10)

1) Valeurs sans parenthèses dans les tableaux 3 et 4.

2) Valeurs entre parenthèses dans les tableaux 3 et 4.

TABLEAU 4 — Longueurs droites requises pour les tubes de Venturi classiques

Longueurs droites minimales nécessaires entre les divers accessoires situés en amont du tube de Venturi classique et le tube de Venturi classique lui-même.

Les valeurs sans parenthèses sont des valeurs pour «une erreur limite supplémentaire nulle» (voir 6.2.3).

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs pour «une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$ » (voir 6.2.4).

Toutes les longueurs droites sont exprimées en multiples du diamètre D . Elles 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 par le tableau 4, ne doit pas dépasser celle d'une conduite lisse du commerce (approximativement $k/D \leq 10^{-3}$).

Longueurs droites à l'aval. Les accessoires ou obstacles (indiqués dans le tableau 4) situés en aval au moins à quatre fois le diamètre du col à partir du plan des prises de pression au col n'affectent pas la justesse des mesures.

Rapport des diamètres β	Coude simple à 90° à rayon court ¹⁾	Deux coudes ou plus à 90° dans le même plan ¹⁾	Deux coudes ou plus à 90° dans des plans différents ^{1) 2)}	Réduction de $3D$ à D sur une longueur de $3,5D$	Évasement de $0,75D$ à D sur une longueur de D	Robinet à opercule grand ouvert
0,30	0,5 ³⁾	1,5 (0,5)	(0,5)	0,5 ³⁾	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)
0,35	0,5 ³⁾	1,5 (0,5)	(0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	2,5 (0,5)
0,40	0,5 ³⁾	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)

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

2) Comme l'effet de ces accessoires peut se faire sentir au-delà de $40D$, il ne peut être donné, dans le tableau, de valeurs sans parenthèses.

3) Puisqu'aucun accessoire ne peut être placé à moins de $0,5D$ des prises de pression amont du tube de Venturi, la valeur pour une «erreur limite supplémentaire nulle» est la seule applicable à ce cas.

NOTE — Les raisons pour lesquelles les longueurs droites minimales nécessaires pour les tubes de Venturi classiques sont inférieures à celles définies au tableau 3 pour les diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères sont les 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.

6.2.8 Les valeurs données dans les tableaux 3 et 4 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 est suffisamment proche d'un écoulement complètement établi et sans giration. Habituellement, on ne dispose pas de telles conditions et les remarques suivantes peuvent être utilisées comme guide dans les cas normaux d'installation.

a) Si l'élément primaire est placé dans une conduite le reliant à une enceinte ouverte ou à un grand récipient situé en amont, soit directement, soit par l'intermédiaire d'accessoires, la longueur totale de conduite entre l'enceinte ouverte et l'élément primaire ne doit en aucun

cas être inférieure à $30D^4$). S'il existe un accessoire, on doit en outre satisfaire aux longueurs droites données dans les tableaux 3 et 4 entre cet accessoire et l'élément primaire.

b) Si plusieurs accessoires autres que des coudes à 90° ⁵⁾ 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 la valeur réelle de β dans les tableaux 3 et 4. 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 les tableaux 3 et 4 pour l'acces-

4) 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.

5) Dans le cas de plusieurs coudes à 90° , se reporter aux tableaux 3 et 4 qui peuvent s'appliquer quelle que soit la longueur entre deux coudes consécutifs.

soire (2) applicable à 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 l'alinéa a) ci-dessus.

Si l'une des longueurs droites minimales ainsi retenues est une valeur entre parenthèses, on doit ajouter l'erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$ à l'erreur sur le coefficient de débit.

6.3 Dispositifs redresseurs

L'utilisation de dispositifs redresseurs d'écoulement conformes aux modèles décrits en 6.3.2 et représentés par la figure 1 est recommandée pour permettre l'installation d'éléments primaires en aval d'accessoires non mentionnés dans le tableau 3 ou dans le tableau 4. 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 les longueurs droites minimales indiquées dans le tableau 3.

Quand l'installation d'un redresseur d'écoulement est faite conformément aux indications de 6.3.1, sa présence n'introduit aucune erreur supplémentaire sur le coefficient de débit.

6.3.1 Installation

Le redresseur d'écoulement doit être installé dans la longueur droite comprise entre l'élément primaire et l'accessoire perturbateur de l'écoulement le plus proche de l'élément primaire. Dans le cas où les conditions prévues au premier alinéa de 6.4 ne peuvent être démontrées, la longueur droite comprise entre cet accessoire et le redresseur lui-même doit être au moins égale à $20 D$ et la longueur droite comprise entre le redresseur et l'élément primaire doit être au moins égale à $22 D$. Un redresseur n'est pleinement efficace que s'il est monté de façon qu'il reste le moins d'espace possible autour de ses éléments, afin d'empêcher toute circulation dérivée de fluide qui nuirait à son bon fonctionnement.

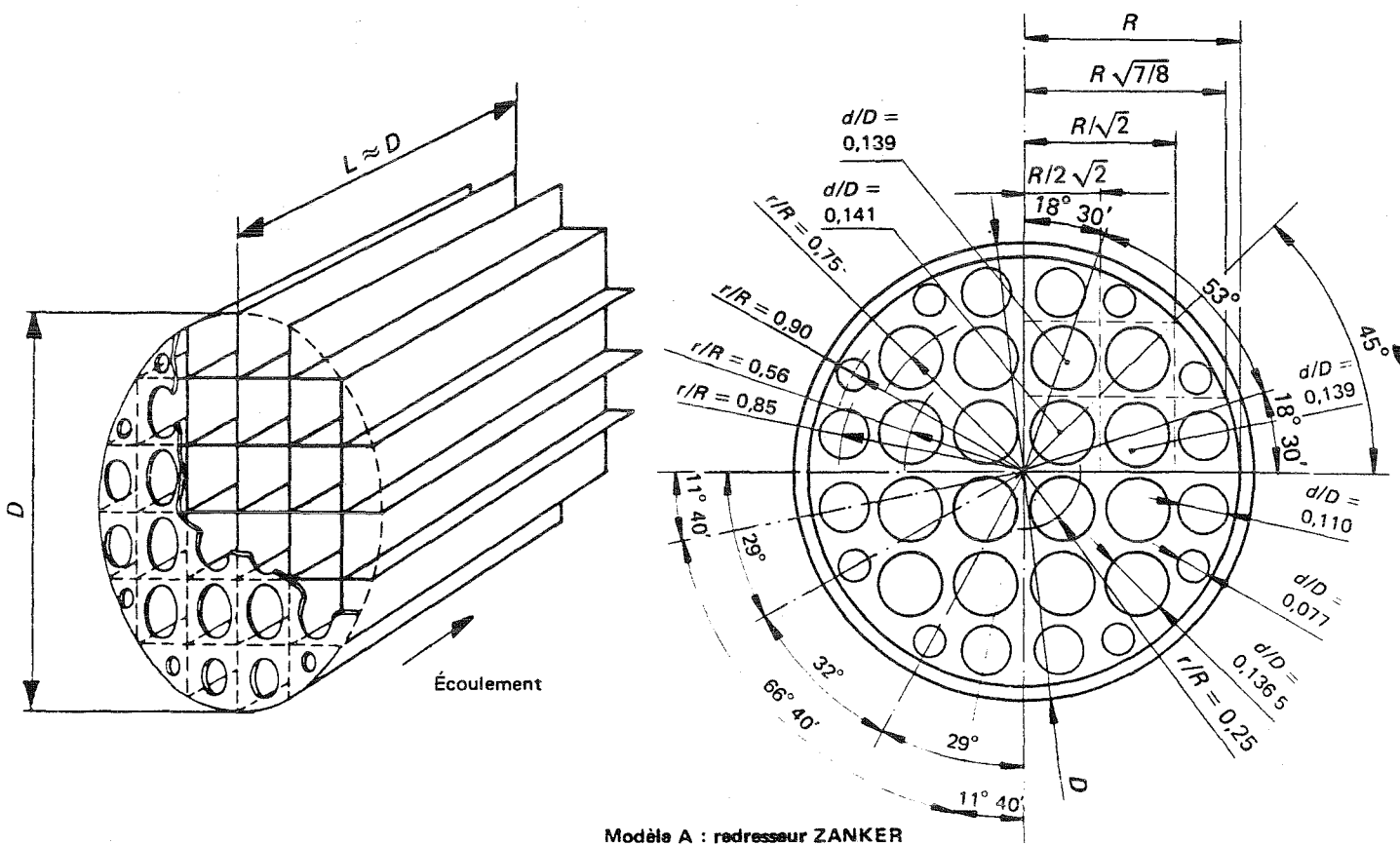
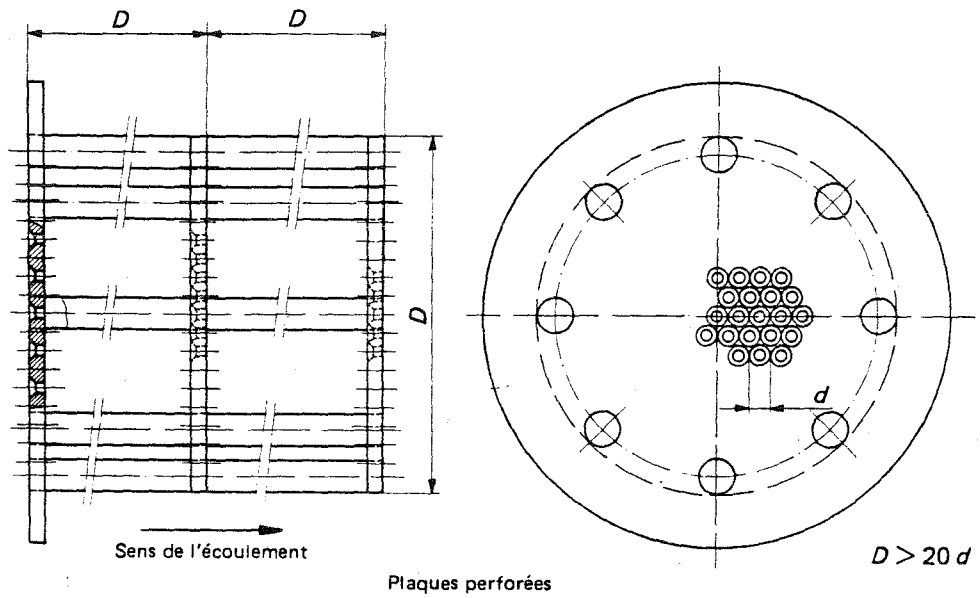
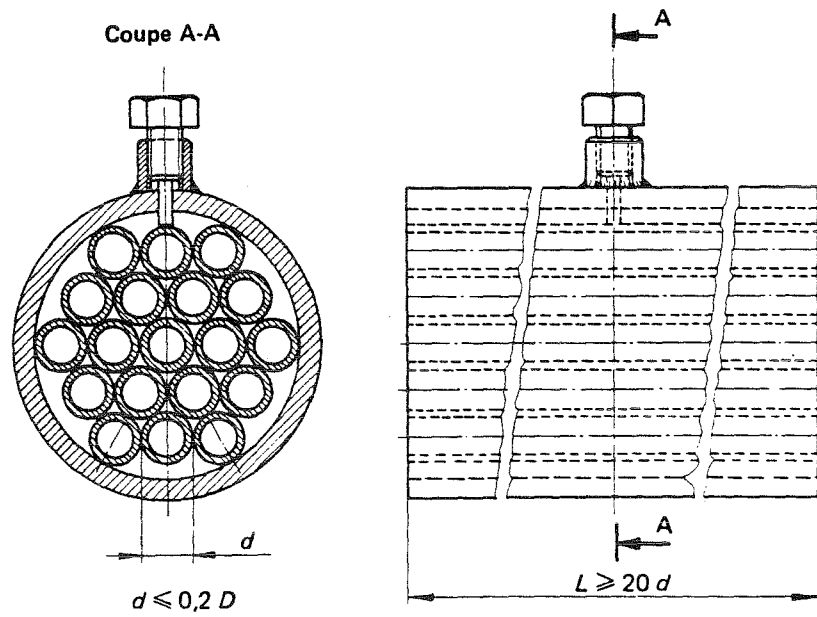


FIGURE 1 — Redresseurs



Modèle B : redresseur SPRENKLE



Modèle C : redresseur à faisceau de tubes

NOTE — Afin de diminuer la perte de pression, l'entrée des trous peut être chanfreinée à 45° .

FIGURE 1 — Redresseurs (fin)

6.5.1.5 Aucun diamètre de la longueur droite d'aval, sur une longueur d'au moins $2D$ comptée à partir de la face amont de l'élément primaire, ne doit différer du diamètre moyen de la longueur droite d'amont de plus de $\pm 3\%$; ceci peut être vérifié par le mesurage d'un seul diamètre de la longueur droite d'aval.

6.5.2 Orifices de purge et événements

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

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 situé du même côté de cet élément primaire, soit toujours supérieure à $0,5D$. De plus, l'axe de l'orifice de purge ou de l'événement doit être situé dans un demi-plan méridien de la conduite qui ne coupe aucune débouchure de prise de pression.

6.5.3 Position de l'élément primaire et des bagues

6.5.3.1 L'élément primaire doit être placé dans la conduite de telle sorte que le fluide s'écoule de la face amont vers la face aval (voir sur les figures le fléchage : sens de l'écoulement).

6.5.3.2 L'élément primaire doit être perpendiculaire à l'axe de la conduite, à $\pm 1^\circ$ près.

6.5.3.3 L'élément primaire doit être centré dans la conduite ou, lorsqu'elles existent, dans les bagues piézométriques. La distance e_x entre l'axe de l'orifice et les axes de la conduite en amont et en aval doit être inférieure ou égale à

$$\frac{0,0005D}{0,1 + 2,3\beta^4}$$

Si $\frac{0,0005D}{0,1 + 2,3\beta^4} < e_x \leq \frac{0,005D}{0,1 + 2,3\beta^4}$, une erreur supplémentaire de $\pm 0,3\%$ doit être ajoutée arithmétiquement à l'erreur limite sur le coefficient de débit α . Dans le cas

où $e_x > \frac{0,005D}{0,1 + 2,3\beta^4}$, la présente Norme internationale ne donne aucun renseignement permettant à quiconque d'estimer une valeur de l'erreur supplémentaire à prendre en compte.

6.5.3.4 Lorsqu'elles existent, les bagues piézométriques doivent être centrées de telle sorte qu'aucun point n'en déborde à l'intérieur de la conduite.

6.5.4 Fixations et joints

6.5.4.1 Le mode de fixation et de serrage doit être tel que l'élément primaire reste en place une fois qu'il a été serré définitivement dans sa position normale.

Il est nécessaire, lors du serrage des brides, de permettre la libre dilatation thermique de l'élément primaire et d'éviter sa déformation.

6.5.4.2 Les joints, s'il en existe, doivent être fabriqués et mis en place de telle sorte qu'aucun point n'en déborde à l'intérieur de la conduite, ni au travers des trous de prise de pression ou des fentes annulaires lorsqu'il s'agit de prises de pression dans les angles. Ils doivent être aussi minces que possible et, en tout état de cause, leur épaisseur doit être inférieure à $0,03D$.

6.5.4.3 Les joints éventuels entre l'élément primaire et les bagues des chambres annulaires ne doivent pas déborder à l'intérieur de ces chambres.

6.6 Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux tubes de Venturi classiques

6.6.1 Circularité de la conduite

Au voisinage immédiat du tube de Venturi classique, il y a lieu d'appliquer les conditions suivantes :

6.6.1.1 Sur une longueur d'au moins $2D$, comptée vers l'amont à partir de l'extrémité amont du cylindre d'entrée du tube de Venturi, la conduite doit être cylindrique.

6.6.1.2 Le diamètre moyen D de la conduite, à l'endroit où elle est reliée au tube de Venturi classique, doit être égal à $\pm 1\%$ près au diamètre d'entrée du tube de Venturi classique. De plus, la valeur d'un diamètre quelconque de conduite d'amenée ne doit pas différer de plus de $\pm 2\%$ la moyenne des diamètres mesurés sur une distance de deux fois le diamètre de la conduite en amont du tube de Venturi classique.

6.6.1.3 Le diamètre de la conduite immédiatement en aval du tube de Venturi n'a pas besoin d'être mesuré avec grande précision, mais il faut s'assurer qu'il n'est pas inférieur à 90% du diamètre à l'extrémité du divergent. Ce qui revient à dire que, dans la plupart des cas, les conduites ayant le même diamètre nominal que le tube de Venturi peuvent être utilisées.

6.6.2 Rugosité de la conduite amont

La conduite amont doit présenter une rugosité $k/D \leq 10^{-3}$ sur une longueur d'au moins $2D$, comptée vers l'amont à partir du tube de Venturi classique.

6.6.3 Alignement du tube de Venturi classique

L'excentration, ou distance entre l'axe de la conduite amont et celui du tube de Venturi, mesurée dans le plan

6.3.2 Modèles de dispositifs redresseurs

Les trois modèles de dispositifs redresseurs normalisés, A, B, C sont représentés par la figure 1. Il est à noter que ces dispositifs créent une perte de charge qui est approximativement égale, dans le cas du modèle A, à $5 (1/2 \rho U^2)$, dans le cas du modèle B, à $15 (1/2 \rho U^2)$, dans le cas du modèle C, à $5 (1/2 \rho U^2)$.

6.3.2.1 MODÈLE A : REDRESSEUR ZANKER

Le redresseur ZANKER consiste en une plaque percée de trous de dimensions particulières suivis de canaux (un par trou) formés par les intersections de plaques. Les dimensions principales sont données par la figure 1.

Les différentes plaques doivent assurer à l'ensemble une résistance mécanique suffisante, mais ne doivent pas être inutilement épaisses.

6.3.2.2 MODÈLE B : REDRESSEUR SPRENKLE

Le redresseur SPRENKLE est composé de trois plaques perforées disposées en série, la distance entre deux plaques adjacentes étant égale à un diamètre de conduite ($1 D$). Les perforations doivent, de préférence, être chanfreinées côté amont; l'aire de la section droite de l'ensemble des trous dans chaque plaque doit être supérieure à 40 % de l'aire de la section droite de la conduite. Le rapport de l'épaisseur de la plaque au diamètre des trous doit être au moins égal à 1,0; le diamètre des trous doit être inférieur à $D/20$.

Les trois plaques doivent être maintenues entre elles par des tiges situées à leur périphérie au voisinage de la paroi interne de la conduite; le diamètre de ces tiges doit être aussi petit que possible, mais suffisant pour que soit assurée la résistance mécanique de l'appareil.

6.3.2.3 MODÈLE C : REDRESSEUR À FAISCEAU DE TUBES

Le redresseur à faisceau de tubes consiste en un certain nombre de tubes parallèles fixés les uns aux autres et maintenus solidement à l'intérieur de la conduite. Il est important de s'assurer du parallélisme des axes des différents tubes entre eux et avec l'axe de la conduite, car, si ces conditions ne sont pas remplies, c'est le redresseur lui-même qui introduira des irrégularités.

Le faisceau doit comprendre au moins 19 tubes d'une longueur supérieure ou égale à 20 fois leur diamètre. Ces tubes doivent être jointifs et le faisceau appuyé sur la tuyauterie.

6.4 Conditions générales à remplir par l'écoulement au voisinage de l'élément primaire

Si les conditions d'installation prescrites, données dans les tableaux 3 et 4 ou en 6.3, ne peuvent pas être satisfaites, la présente Norme internationale reste toutefois applicable si l'on peut démontrer que les conditions d'écoulement immédiatement en amont de l'élément primaire sont conformes à 6.1.3.

On pourra considérer que l'écoulement est exempt de giration si l'angle de giration dans la conduite est inférieur à 2° .

On pourra considérer qu'un profil des vitesses satisfaisant existe si, en chaque point de la section de la conduite, le rapport de la vitesse axiale locale à la vitesse axiale maximale ne s'écarte pas de plus de $\pm 5\%$ de celui que l'on obtiendrait dans un écoulement exempt de giration dans la même position radiale au niveau d'une section située à l'extrémité d'une très grande longueur droite (plus de $100 D$) de conduite semblable.

6.5 Conditions d'installation supplémentaires spécifiques aux diaphragmes, tuyères et Venturi-tuyères

6.5.1 Circularité de la conduite

Au voisinage immédiat de l'élément primaire, il y a lieu d'appliquer les conditions suivantes :

6.5.1.1 La longueur du tronçon de conduite amont adjacente à l'élément primaire (ou, le cas échéant, à la bague piézométrique) doit être d'au moins $2 D$ et cylindrique. La conduite est dite cylindrique quand aucun diamètre dans quelque plan que ce soit ne diffère de plus de 0,3 % de la valeur de D obtenue comme valeur moyenne de toutes les mesures de 6.1.5.

6.5.1.2 Au-delà d'une distance de $2 D$ à partir de l'élément primaire, la conduite amont entre l'élément primaire et le premier accessoire ou la première singularité d'amont peut être constituée d'un ou de plusieurs tronçons de conduite.

Aucune erreur limite supplémentaire sur le coefficient de décharge n'est nécessaire pourvu que l'écart entre les diamètres moyens de deux tronçons quelconques ne soit pas supérieur à la condition de cylindricité de 0,3 % définie en 6.5.1.1.

6.5.1.3 Si l'écart h entre les diamètres moyens de deux tronçons quelconques est supérieur aux limites données en 6.5.1.2, mais reste conforme aux relations suivantes :

$$\frac{h}{D} \leq 0,002 \left(\frac{\frac{s}{D} + 0,4}{0,1 + 2,3 \beta^4} \right)$$

et

$$\frac{h}{D} \leq 0,05$$

où s est la distance à laquelle se produit l'écart à partir de la prise de pression amont ou de la bague piézométrique respectivement, on ajoutera alors arithmétiquement une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,2\%$ à l'erreur limite sur le coefficient de débit.

6.5.1.4 Si l'écart est supérieur à l'une des limites données dans les équations ci-dessus, l'installation n'est pas conforme à la présente Norme internationale.

de raccordement de la conduite amont et de la manchette A (voir 9.1.2), doit être inférieure à $0,005 D$. L'erreur limite angulaire d'alignement de l'axe du tube de Venturi par rapport à l'axe de la conduite amont doit être inférieure à 1° . Enfin, la somme de l'excentration et de la moitié de l'écart de diamètre (voir 6.1.5) doit être inférieure à $0,0075 D$.

6.6.4 Orifices de purge et évènements

La conduite peut être munie d'orifices de purge nécessaires à l'évacuation préalable des dépôts solides et des fluides, autres que le fluide mesuré, ainsi que d'évènements. Le débit de ces purges et de ces évènements doit être nul pendant les mesurages du débit du fluide.

7 DIAPHRAGMES

Les plaques des diaphragmes normaux des divers types sont semblables et ne sont décrites qu'une fois. Chaque type de diaphragme normal est caractérisé par la disposition des prises de pression.

Aucun diaphragme ne doit être utilisé en appliquant la présente Norme internationale s'il n'est pas conforme à la description ci-après.

7.1 Description

La figure 2 représente la coupe de la plaque par un plan méridien.

Les lettres renvoient aux repères du dessin.

7.1.1 Forme générale

7.1.1.1 La partie de la plaque située à l'intérieur de la conduite doit présenter une symétrie de révolution de même axe que la conduite. Les faces doivent toujours être planes et parallèles.

7.1.1.2 Sauf indication contraire, les descriptions suivantes ne concernent que la partie de la plaque destinée à être située à l'intérieur de la conduite.

7.1.1.3 On doit prendre soin, lors de la conception du diaphragme, de s'assurer que le gondolement plastique ou la déformation élastique de la plaque, dû à l'effort exercé par la pression différentielle ou par toute autre contrainte, n'entraîne pas un dépassement de la limite de la planéité donnée ci-dessous.

7.1.2 Face amont A

7.1.2.1 La face amont A doit être plane. Elle est réputée telle lorsque la pente d'une ligne droite joignant deux points quelconques de sa surface par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de révolution est inférieure à 1 %, abstraction faite des défauts locaux inévitables de cette surface, invisibles à l'œil nu.

7.1.2.2 La face amont du diaphragme doit présenter un critère de rugosité $R_a \leq 10^{-4} d$, cette rugosité étant

déterminée dans un cercle concentrique à l'orifice et dont le diamètre n'est pas inférieur à $1,5 d$.

7.1.2.3 Il est utile de mettre une marque distinctive, visible même après la mise en place du diaphragme, afin d'indiquer que la face amont du diaphragme est placée correctement par rapport au sens de l'écoulement.

7.1.3 Face aval B

7.1.3.1 La face aval B doit être plane et parallèle à la face amont.

7.1.3.2 Il n'est pas nécessaire d'atteindre la même qualité d'état de surface pour la face aval que pour la face amont.

7.1.3.3 La planéité et l'état de surface de la face aval sont jugés par simple examen visuel.

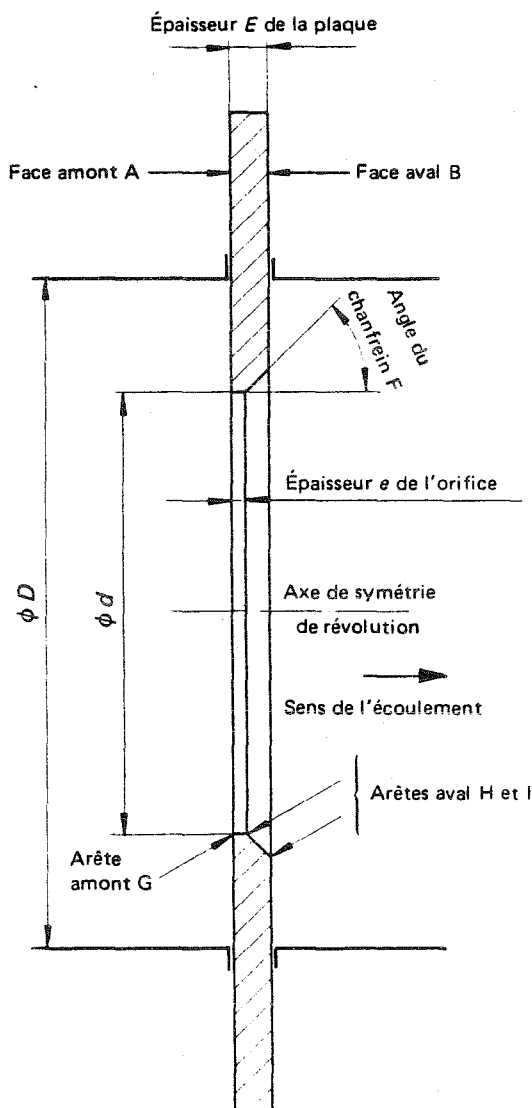


FIGURE 2 — Plaque de diaphragme normal

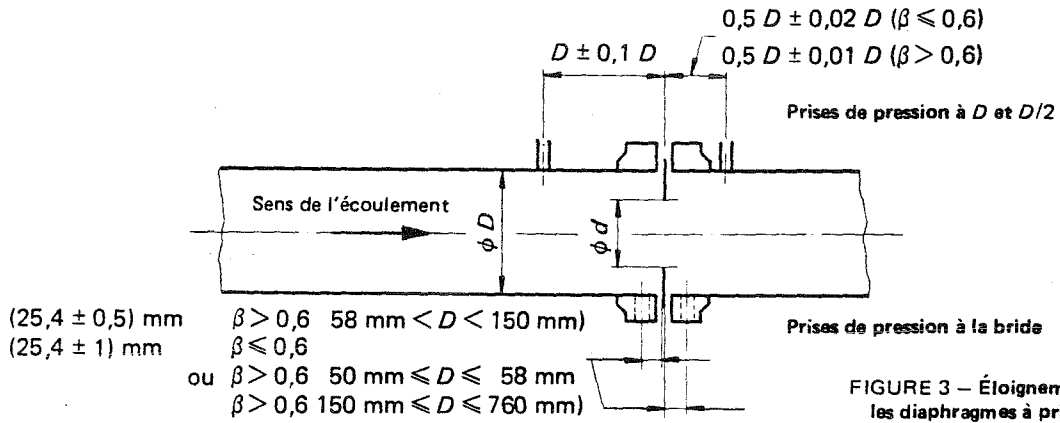


FIGURE 3 — Éloignement des prises de pression pour les diaphragmes à prises de pression à D et $D/2$ et à prises de pression à la bride

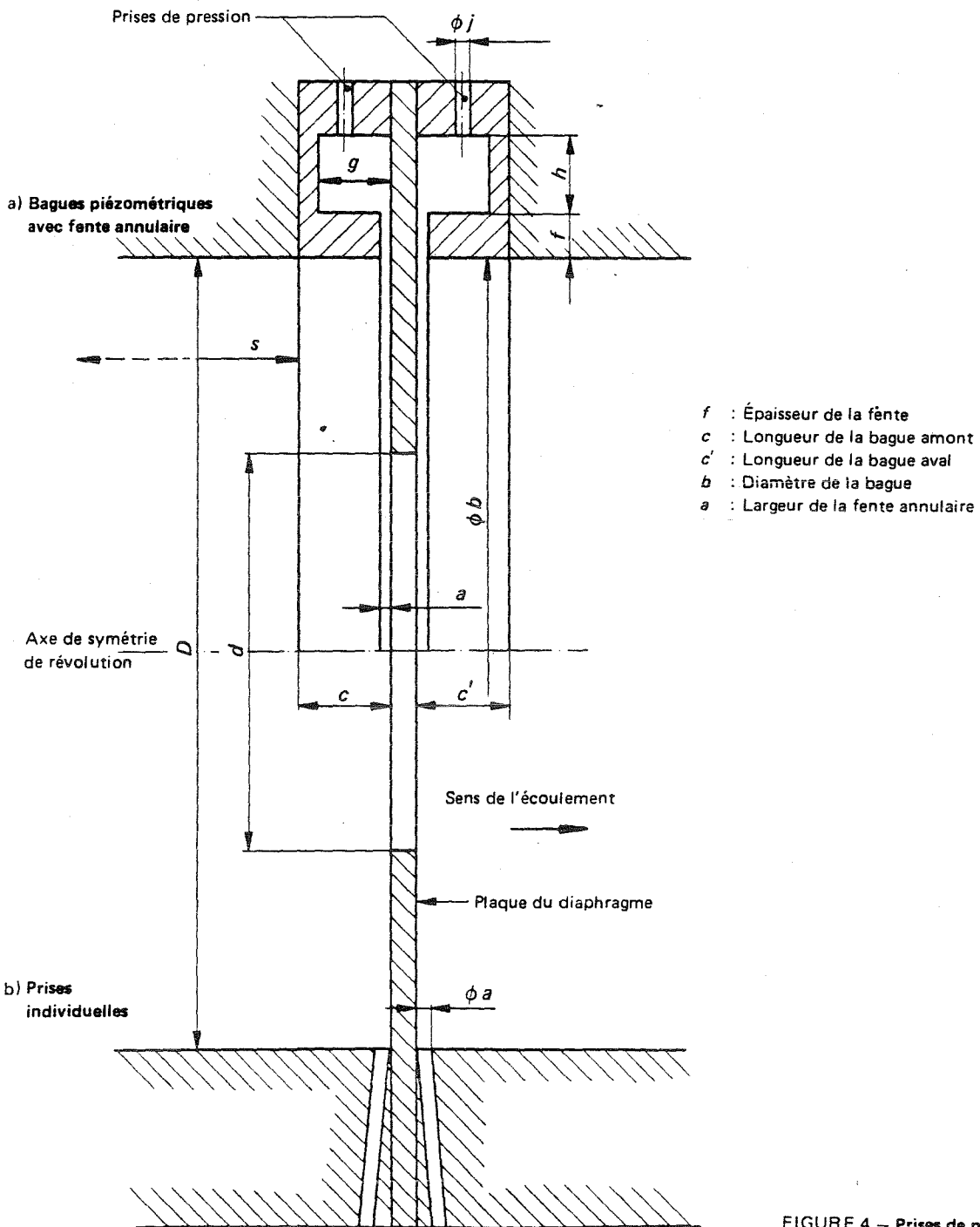


FIGURE 4 — Prises de pression dans les angles

7.1.4 Épaisseurs E et e

7.1.4.1 L'épaisseur e de l'orifice doit être comprise entre $0,005 D$ et $0,02 D$.

7.1.4.2 Les valeurs de e mesurées en un point quelconque de l'orifice ne doivent pas différer entre elles de plus de $0,001 D$.

7.1.4.3 L'épaisseur E de la plaque doit être comprise entre e et $0,05 D$.

7.1.4.4 Les valeurs de E mesurées en des points quelconques de la plaque ne doivent pas différer entre elles de plus de $0,001 D$.

7.1.5 Angle du chanfrein F

7.1.5.1 Si l'épaisseur E de la plaque est supérieure à l'épaisseur e de l'orifice, la plaque doit être chanfreinée vers l'aval. La surface de l'évasement doit être usinée avec soin.

7.1.5.2 L'angle du chanfrein F doit être compris entre 30 et 45° .

7.1.6 Arêtes G , H et I

7.1.6.1 L'arête amont G et les arêtes aval H et I ne doivent présenter ni morfil, ni bavure, ni, en général, aucune singularité visible à l'œil.

7.1.6.2 L'arête amont G doit être vive. Elle est réputée telle si son rayon de courbure est inférieur ou égal à $0,000 4 d$.

Si $d \geq 125$ mm, on pourra généralement considérer que cette condition est satisfaite par simple inspection visuelle, en vérifiant que cette arête ne semble pas réfléchir un rayon lumineux lorsqu'on l'examine à l'œil nu.

Si $d < 125$ mm, une inspection visuelle n'est pas suffisante, mais on pourra généralement considérer que cette condition est satisfaite lorsque la dernière passe de l'usinage de la face amont du diaphragme est effectuée radialement de l'alésage vers l'extérieur et est très fine (voir 7.1.9.2).

Cependant, s'il existe un doute quant à la satisfaction à cette condition, le rayon de l'arête doit être effectivement mesuré.

7.1.7 Diamètre de l'orifice d

7.1.7.1 Le diamètre d doit, dans tous les cas, être égal ou supérieur à $12,5$ mm. Le rapport d'ouverture $\beta = d/D$ est toujours égal ou supérieur à $0,20$ ou $0,23$ et inférieur ou égal à $0,75$ ou $0,80$, selon le type de diaphragme utilisé.

Dans ces limites, la valeur de β est laissée au choix de l'utilisateur et constitue un des paramètres de définition d'un diaphragme de type donné.

7.1.7.2 On prendra pour valeur de d la moyenne des mesures d'au moins quatre diamètres situés dans des plans méridiens faisant entre eux des angles approximativement égaux.

7.1.7.3 L'orifice doit être cylindrique et perpendiculaire à la face amont.

Aucun diamètre ne doit différer de plus de $0,05\%$ de la valeur du diamètre moyen. Cette condition est réputée satisfaite lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité de l'alésage de l'orifice, avec la précision exigée, sans qu'il soit nécessaire de mesurer avec précision le diamètre moyen de l'alésage de l'orifice lui-même.

7.1.8 Plaques symétriques

7.1.8.1 Si le diaphragme est destiné à être utilisé pour mesurer les débits s'écoulant dans les deux sens,

- la plaque ne doit pas être chanfreinée;
- les deux faces doivent être conformes à la description de la face amont, faite en 7.1.2;
- l'épaisseur E de la plaque doit être égale à l'épaisseur e de l'orifice, décrite en 7.1.4;
- les deux arêtes de l'orifice doivent être conformes à la description de l'arête amont faite en 7.1.6.

7.1.8.2 De plus (voir 7.2), pour les diaphragmes à prises de pression à D et $D/2$, les prises de pression amont et aval peuvent être disposées en deux jeux indépendants utilisés alternativement.

7.1.9 Matériau et fabrication

7.1.9.1 La plaque peut être fabriquée en n'importe quel matériau et de n'importe quelle manière, pourvu qu'elle soit et reste conforme à la description ci-dessus pendant les mesurages de débit.

En particulier, la plaque doit être propre lors des mesurages.

7.1.9.2 L'usinage permettant d'obtenir une plaque conforme à la description de la présente Norme internationale nécessite l'emploi de machines-outils de bonne qualité et en bon état.

7.2 Prises de pression

Il faut installer au moins une prise de pression amont et une prise de pression aval par élément primaire, aux emplacements normaux recommandés.

Il est permis d'utiliser avec une plaque unique plusieurs ensembles de prises de pression se rapportant à des types de diaphragmes normaux différents, mais afin d'éviter

toute interférence mutuelle, on ne doit pas placer dans un même plan méridien plusieurs prises situées d'un même côté du diaphragme.

7.2.1 *Forme et diamètres des prises de pression autres que les prises de pression dans les angles (pour les prises de pression dans les angles, voir 7.2.4)*

7.2.1.1 L'axe de perçage des prises de pression doit rencontrer l'axe de la conduite et lui être perpendiculaire.

7.2.1.2 La débouchure du trou doit être circulaire. Les bords doivent être arasés à la paroi intérieure de la conduite et à angle aussi vif que possible. Afin d'assurer l'élimination des bavures et morfils sur les bords intérieurs, il est inévitable de créer un léger arrondi et ceci est donc permis, mais cet arrondi doit être aussi petit que possible et lorsqu'il est possible de le mesurer, son rayon ne doit pas excéder le dixième du diamètre de la prise de pression. Il ne doit pas y avoir d'irrégularité à l'intérieur du trou de raccordement, sur les bords du trou percé dans la paroi de la conduite ni sur la paroi même de la conduite près de la prise de pression.

7.2.1.3 On juge de la conformité des prises de pression aux deux descriptions précédentes par simple inspection visuelle.

7.2.1.4 Le diamètre des prises de pression doit toujours être inférieur à $0,08 D$ et de préférence inférieur à 12 mm. Il n'y a pas pour ce diamètre de limite minimale, déterminée en pratique par le souci d'éviter un blocage accidentel et par celui de rechercher un comportement dynamique satisfaisant. Le diamètre de la prise de pression amont et celui de la prise de pression aval doivent être égaux.

7.2.1.5 Les prises de pression doivent présenter un tronçon cylindrique sur une longueur d'au moins 2,5 fois leur diamètre intérieur, comptée à partir de la surface intérieure de la conduite.

7.2.2 *Position angulaire des prises de pression autres que les prises de pression dans les angles*

7.2.2.1 Les axes des prises de pression peuvent être situés dans un plan quelconque passant par l'axe de la conduite, compte tenu de la remarque faite en 6.2.7.

7.2.2.2 L'axe de la prise amont et celui de la prise aval peuvent être situés dans des demi-plans méridiens différents (voir aussi 6.2.7).

7.2.2.3 Toutefois, on attire l'attention sur le fait que, dans tous les cas, la pression différentielle obtenue à partir de ces prises de pression doit être en accord avec la définition donnée en 2.2.3.

7.2.3 *Éloignement des prises de pression*

7.2.3.1 L'éloignement l d'une prise de pression est la distance entre l'axe de la prise de pression et le plan de l'une des faces désignée du diaphragme; on doit tenir compte,

lors de la mise en place des prises de pression, de l'épaisseur des joints et/ou des matériaux destinés à assurer l'étanchéité, si de tels joints ou matériaux sont utilisés.

7.2.3.2 Les éloignements des prises de pression caractérisent le type de diaphragme normal considéré.

7.2.3.3 L'éloignement des prises de pression dans les angles est indiqué en 7.2.4.

7.2.3.4 *DIAPHRAGMES À PRISES DE PRESSION À D ET $D/2$ (voir figure 3)*

L'éloignement l_1 de la prise de pression amont est nominalemment de D , mais peut, sans modification du coefficient de débit, être compris entre $0,9 D$ et $1,1 D$.

L'éloignement l_2 de la prise de pression aval est nominalemment de $0,5 D$, mais peut, sans modification du coefficient de débit, être compris

entre $0,48 D$ et $0,52 D$ lorsque $\beta \leq 0,6$

entre $0,49 D$ et $0,51 D$ lorsque $\beta > 0,6$

Les deux éloignements l_1 et l_2 sont comptés à partir de la face AMONT du diaphragme.

7.2.3.5 *DIAPHRAGME À PRISES DE PRESSION À LA BRIDE (voir figure 3)*

L'éloignement l_1 de la prise de pression amont est nominalemment de 25,4 mm, et est compté à partir de la face AMONT du diaphragme.

L'éloignement l_2 de la prise de pression aval est nominalemment de 25,4 mm et est compté à partir de la face AVA L du diaphragme.

Ces éloignements amont et aval peuvent, sans modification du coefficient de débit, être compris :

entre $25,4 \pm 0,5$ mm lorsque, simultanément, $\beta > 0,6$ et $58 \text{ mm} < D < 150 \text{ mm}$

entre $25,4 \pm 1$ mm dans les autres cas, c'est-à-dire $\beta \leq 0,6$,

ou $\beta > 0,6$, mais $50 \text{ mm} < D < 58 \text{ mm}$

$\beta > 0,6$, mais $150 \text{ mm} < D < 760 \text{ mm}$.

7.2.4 *Prises de pression dans les angles*

7.2.4.1 L'éloignement des axes des prises de pression des faces respectives de la plaque est égal au demi-diamètre ou à la demi-largeur des prises elles-mêmes, de sorte que les prises de pression débouchent au ras des faces de la plaque (voir aussi 7.2.4.5).

7.2.4.2 Les prises de pression peuvent être, ou bien des prises de pression individuelles, ou bien des fentes annulaires, telles que représentées à la figure 4, auxquelles renvoient les lettres ci-dessous. Ces deux types de prises peuvent être placées soit sur la conduite ou ses brides, soit dans une bague piézométrique ou une chambre annulaire, comme représenté sur les figures.

La valeur de k , rugosité uniforme équivalente, exprimée en unités de longueur, dépend de nombreux facteurs tels que la hauteur, la distribution, la forme, et autres aspects géométriques de la rugosité de la paroi.

Afin de déterminer k d'une manière satisfaisante, il y aurait lieu de réaliser un essai en vraie grandeur sur une longueur échantillon de chaque tuyauterie.

Toutefois, des valeurs approchées de k pour différents matériaux peuvent être trouvées dans diverses tables publiées dans la littérature, et le tableau 6 indique des valeurs de k pour divers matériaux, telles qu'on peut les calculer à partir de la formule de Colebrook.

La plupart des essais ayant conduit aux valeurs du coefficient de débit publiées dans la présente Norme internationale ont été effectués dans des conduites ayant une rugosité relative $k/D \leq 3,8 \times 10^{-4}$, pour ce qui concerne les diaphragmes à prises dans les angles, ou $k/D \leq 10 \times 10^{-4}$, pour ce qui concerne les diaphragmes à prises à la bride et à D et $D/2$.

On peut cependant utiliser des conduites de rugosité relative plus élevée, pour autant que, sur une longueur d'au moins $10 D$ en amont du diaphragme, leur rugosité relative reste dans les limites du tableau 5.

7.3.2 Coefficients

7.3.2.1 COEFFICIENT DE DÉCHARGE

Le coefficient de décharge C est donné par l'équation de Stolz :

$$C = 0,5959 + 0,0312 \beta^{2.1} - 0,1840 \beta^8 + 0,0029 \beta^{2.5} \left[\frac{10^6}{Re_D} \right]^{0.75} + 0,0900 L_1 \beta^4 (1 - \beta^4)^{-1} - 0,0337 L_2' \beta^3$$

NOTE — Pour $L_1 \geq \frac{0,0390}{0,0900}$ (= 0,433 3), prendre 0,039 0 comme coefficient de $\beta^4 (1 - \beta^4)^{-1}$

COMMENTAIRES

Dans cette équation :

C est le coefficient de décharge;

β est le rapport des diamètres d/D ;

Re_D est le nombre de Reynolds rapporté à D ;

$L_1 = l_1/D$ est le quotient de l'éloignement de la prise de pression amont, compté à partir de la face AMONT du diaphragme, divisé par le diamètre de la conduite;

$L_2' = l_2'/D$ est le quotient de l'éloignement de la prise de pression aval, compté à partir de la face AVAL du diaphragme, divisé par le diamètre de la conduite. (La notation L_2 exprime la référence à la face AVAL, cependant que L_2 exprimerait une référence de l'éloignement de la prise aval à la face AMONT.)

TABLEAU 6 — Exemples de valeurs pour la rugosité k des parois des conduites

Matière	Condition	k , mm
laiton, cuivre, aluminium, matières plastiques, verre	lisse, sans dépôt	< 0,03
acier	neuf, étiré à froid sans soudure	< 0,03
	neuf, étiré à chaud sans soudure	de 0,05 à 0,10
	neuf, roulé sans soudure	
	neuf, soudé longitudinalement	0,10
	neuf, soudé en hélice	de 0,10 à 0,20
	légèrement rouillé	de 0,20 à 0,30
	rouillé	de 0,50 à 2
	entartré	> 2
	avec de gros entartrages	de 0,03 à 0,05
	bitumé, neuf	de 0,10 à 0,20
bitumé, normal	0,13	
fonte	neuf	0,25
	rouillé	de 1,0 à 1,5
	entartré	> 1,5
	bitumé, neuf	de 0,03 à 0,05
ciment d'amiante	protégé et non protégé, neuf	< 0,03
	non protégé, normal	0,05

Les valeurs L_1 et L'_2 à introduire dans cette équation, lorsque les éloignements satisfont aux conditions de 7.2.4, ou 7.2.3.4, ou 7.2.3.5, sont les suivantes :

- pour les prises dans les angles :

$$L_1 = L'_2 = 0$$

- pour les prises à D et $D/2$:

$$L_1 = 1$$

$$L'_2 = 0,47$$

(comme L_1 est toujours $\geq 0,4333$, on prendra comme coefficient de $\beta^4 (1 - \beta^4)^{-1}$ la valeur de 0,0390)

- pour les prises à la bride :

$$L_1 = L'_2 = 25,4/D \text{ (} D \text{ en millimètres)}$$

(pour les conduites d'un diamètre $D \leq 58,62$ mm, $L_1 \geq 0,4333$, et l'on prendra comme coefficient de $\beta^4 (1 - \beta^4)^{-1}$ la valeur de 0,0390)

De plus :

Cette équation n'est valable que pour les dispositions des prises décrites en 7.2.4, ou 7.2.3.4, ou 7.2.3.5, c'est-à-dire, en particulier, qu'il n'est pas permis d'y introduire des couples de valeurs de L_1 et de L'_2 ne correspondant pas à l'une des trois dispositions normalisées.

Cette équation n'est valable, et n'introduit pas d'erreur supplémentaire, que si les limites d'emploi données en 7.3.1 et les conditions générales d'installations décrites au chapitre 6 sont satisfaites.

7.3.2.2 COEFFICIENT DE DÉTENTE

Pour les trois types de prises de pression, la formule empirique du calcul du coefficient de détente ϵ est la suivante :

$$\epsilon = 1 - (0,41 + 0,35 \beta^4) \frac{\Delta p}{\kappa p_1}$$

Cette formule est applicable seulement dans la gamme des limites d'emploi donnée en 7.3.1.

Les résultats d'essais effectués pour déterminer ϵ ne sont connus que pour l'air, la vapeur d'eau et le gaz naturel. Toutefois, on ne connaît pas d'objection à l'emploi de la même formule pour d'autres gaz et vapeurs dont l'exposant isentropique est bien déterminé.

En outre, cette formule n'est applicable que si $\frac{p_2}{p_1} \geq 0,75$.

7.3.3 Erreurs limites

7.3.3.1 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉCHARGE

Lorsque β , D , Re_D et k/D sont supposés connus sans erreur, l'erreur limite sur la valeur de C est égale à :

	Prises dans les angles	Prises à la bride	Prises à D et $D/2$
$\beta \leq 0,6$	0,6 %	0,6 %	0,6 %
$0,6 \leq \beta < 0,8$	β %	—	—
$0,6 \leq \beta \leq 0,75$	—	β %	β %

7.3.3.2 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉTENTE

Lorsque β , $\Delta p/p_1$ et κ sont supposés connus sans erreur, l'erreur limite sur la valeur de ϵ est égale à :

$$\pm 4 \frac{\Delta p}{p_1} \% \text{ pour } \beta \leq 0,75$$

$$\pm 8 \frac{\Delta p}{p_1} \% \text{ pour } 0,75 < \beta \leq 0,8 \text{ (pour les prises dans les angles seulement).}$$

7.3.3.3 Les tableaux 10 à 29, qui donnent les valeurs de C et de α en fonction de β , Re_D et D sont donnés à titre indicatif: Ils ne sont pas prévus pour une interpolation précise, il n'est jamais permis d'extrapoler.

7.4 Perte de pression $\Delta \bar{\omega}$

La perte de pression, $\Delta \bar{\omega}$, pour les diaphragmes décrits dans la présente Norme internationale, est liée à la pression différentielle Δp par la formule approchée suivante :

$$\Delta \bar{\omega} \approx \frac{1 - \alpha \beta^2}{1 + \alpha \beta^2} \Delta p$$

Cette perte de pression est la différence de pression (statique) entre une pression mesurée à la paroi en amont de l'élément primaire, en un point où la pression d'impact d'approche devient négligeable, et celle mesurée en aval de cet élément primaire, en un point où la récupération de pression (statique) par expansion du jet peut être considérée comme juste terminée.

8 TUYÈRES

Il existe deux types de tuyères normales :

- tuyère ISA 1932, et
- tuyère à long rayon.

Ces appareils sont de types différents et sont décrits séparément.

8.1 Tuyères ISA 1932

La figure 5 représente la coupe de la tuyère ISA 1932 par un plan passant par l'axe du col.

Les lettres du texte renvoient aux repères du dessin.

8.1.1 Forme générale

La partie de la tuyère située à l'intérieur de la conduite

présente une symétrie de révolution. La tuyère se compose d'une partie convergente, à profil arrondi, et d'un col cylindrique.

- un col cylindrique E,
- un chambrage F, seulement si l'on craint d'endommager l'arête f.

8.1.2 Profil de la tuyère

8.1.2.1 On peut décrire ce profil en distinguant :

- une partie plane d'entrée A, perpendiculaire à l'axe,
- un convergent défini par deux arcs de circonférences B et C,

8.1.2.2 La partie plane d'entrée A est limitée par une circonférence centrée sur l'axe de révolution, de diamètre $1,5d$, et par le périmètre intérieur de la conduite de diamètre D .

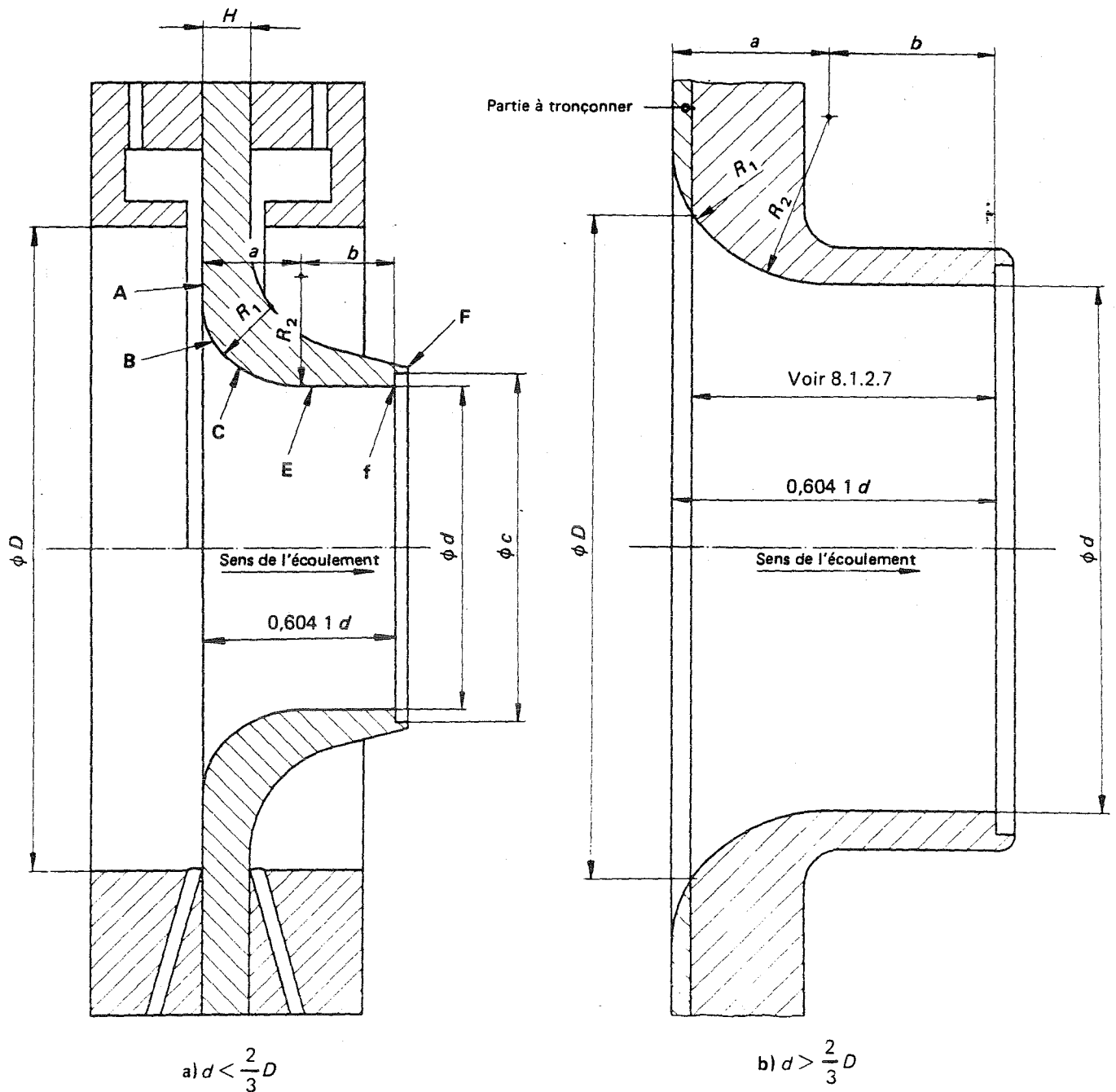


FIGURE 5 — Tuyère ISA 1932

Lorsque $d = 2 D/3$, la largeur radiale de cette partie plane est juste nulle.

Lorsque d est supérieur à $2 D/3$, la face amont ne comporte pas de partie plane d'entrée intérieure à la conduite. Dans ce cas, on fabrique la tuyère comme si D était supérieur à $1,5 d$ et on tronçonne ensuite la partie plane d'entrée de telle sorte que le plus petit diamètre de cette partie plane soit juste égal à D (voir figure 5 b) et paragraphe 8.1.2.7).

8.1.2.3 L'arc de circonférence B est tangent à la partie plane d'entrée A, lorsque $d < 2 D/3$. Son rayon R_1 est égal à $0,2 d$ à 10 % près, lorsque $\beta < 0,5$, et à $0,2 d$ à 3 % près, lorsque $\beta \geq 0,5$. Son centre est situé à $0,2 d$ de la partie plane d'entrée A et à $0,75 d$ de l'axe de révolution.

8.1.2.4 L'arc de circonférence C est tangent à l'arc de circonférence B et au col E. Son rayon R_2 est égal à $d/3$ à 10 % près, lorsque $\beta < 0,5$, et à $d/3$ à 3 % près, lorsque $\beta \geq 0,5$. Son centre est situé à $d/2 + d/3 = 5 d/6$ de l'axe de révolution et à

$$a = \frac{12 + \sqrt{39}}{60} d = 0,304 \, 1 \, d$$

de la partie plane d'entrée A.

8.1.2.5 Le col E a un diamètre d et une longueur $b = 0,3 d$.

On prendra pour valeur de d , la moyenne des mesures d'au moins quatre diamètres situés dans des plans méridiens faisant entre eux des angles approximativement égaux.

Le col doit être cylindrique. Aucun diamètre d'une section droite quelconque ne doit différer de plus de 0,05 % de la valeur du diamètre moyen. Cette condition est réputée satisfaite, lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité du col, avec la précision exigée, sans qu'il soit nécessaire de mesurer le diamètre moyen du col lui-même.

8.1.2.6 Le chambrage F a un diamètre c au moins égal à $1,06 d$ et une longueur inférieure ou égale à $0,03 d$. Le rapport de la hauteur du chambrage $\frac{c-d}{2}$ à sa longueur axiale ne doit pas être supérieur à 1,2.

L'arête de sortie f doit être vive.

8.1.2.7 La longueur totale de la tuyère, non compris le chambrage, est de $0,604 \, 1 \, d$, lorsque d est inférieur ou égal à $2 D/3$, et est plus courte, du fait du tronçonnage de la partie plane d'entrée, si d est supérieur à $2 D/3$.

Les valeurs du tableau 7 donnent la longueur totale de la tuyère, non compris le chambrage, en fonction de la valeur de β .

TABLEAU 7

Valeurs de β	Longueur totale de la tuyère, non compris le chambrage
$0,32 < \beta < \frac{2}{3}$	$0,604 \, 1 \, d$
$\frac{2}{3} < \beta < 0,8$	$\left[0,404 \, 1 + \left(\frac{0,75}{\beta} - \frac{0,25}{\beta^2} - 0,522 \, 5 \right)^{\frac{1}{2}} \right] d$

8.1.2.8 On vérifie au gabarit le profil du convergent.

Deux diamètres du convergent d'entrée situés dans un même plan perpendiculaire à l'axe de révolution ne doivent pas différer entre eux de plus de 0,1 % de leur valeur moyenne.

8.1.2.9 La surface de la face amont et du col doit être polie de telle sorte qu'elle présente un critère de rugosité $R_a \leq 10^{-4} d$.

8.1.3 Face aval

8.1.3.1 L'épaisseur H ne doit pas dépasser $0,1 D$.

8.1.3.2 En dehors de la condition ci-dessus, le profil et l'état de surface de la face aval sont quelconques (compte tenu de 8.1.1).

8.1.4 Matériau et fabrication

Des prescriptions équivalentes à celles données en 7.1.9.1 et 7.1.9.2 s'appliquent à la fabrication de la tuyère ISA 1932.

8.1.5 Prises de pression

8.1.5.1 Les prises de pression amont doivent être des prises dans les angles.

8.1.5.2 Les prises de pression amont doivent satisfaire aux conditions données en 7.2.4.

8.1.5.3 Les prises de pression aval peuvent être ou non des prises dans les angles. Dans tous les cas, la distance entre l'axe de la prise et la face amont de la tuyère sera :

$$\leq 0,15 D \text{ pour } \beta \leq \frac{2}{3}$$

et

$$\leq 0,2 D \text{ pour } \beta > \frac{2}{3}$$

8.1.5.4 Le diamètre des prises aval doit satisfaire aux conditions données en 7.2.1.4. Les prises dans les angles décrites en 7.2.4 peuvent être utilisées également.

8.1.6 Coefficients des tuyères ISA 1932

8.1.6.1 LIMITES D'EMPLOI

Ce type de tuyère ne doit être utilisé conformément à la présente Norme internationale que si

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 500 \text{ mm}$$

$$0,3 \leq \beta \leq 0,8$$

Re_D est compris dans les limites suivantes :

pour $0,30 \leq \beta < 0,44$ $70\,000 \leq Re_D \leq 10^7$

pour $0,44 \leq \beta \leq 0,80$ $20\,000 \leq Re_D \leq 10^7$

8.1.6.2 COEFFICIENT DE DÉCHARGE

Le coefficient de décharge, C , est donné par la formule

$$C = 0,990\,0 - 0,226\,2\beta^{4,1} + \left[0,000\,215 - 0,001\,125\beta + 0,002\,490\beta^{4,7} \right] \left[\frac{10^6}{Re_D} \right]^{1,15}$$

Les tableaux 30 et 31 qui indiquent les valeurs correspondantes de C et de α en fonction de β et de Re_D sont donnés à titre indicatif. Ils ne sont pas prévus pour une interpolation précise; il n'est jamais permis d'extrapoler.

La plupart des essais sur lesquels les valeurs de C sont fondées ont été effectués dans des conduites avec une rugosité relative $k/D \leq 3,8 \times 10^{-4}$. Des conduites avec une rugosité relative supérieure peuvent être employées si leur rugosité sur une distance au moins égale à $10D$ en amont de la tuyère reste dans les limites données au tableau 8 (voir 7.3.1 pour l'évaluation de k/D).

8.1.6.3 COEFFICIENT DE DÉTENTE

Le coefficient de détente ϵ des tuyères est calculé par la formule

$$\epsilon = \left[\left(\frac{\kappa \tau^{\frac{2}{\kappa}}}{\kappa - 1} \right) \left(\frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \tau^{\frac{2}{\kappa}}} \right) \left(\frac{1 - \tau^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}}{1 - \tau} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Cette formule est applicable seulement pour les valeurs de β , D et Re_D indiquées en 8.1.6.1. Les résultats d'essais effectués pour déterminer ϵ ne sont connus que pour l'air, la vapeur d'eau et le gaz naturel. Toutefois, on ne connaît pas d'objection qui puisse empêcher l'emploi de la même formule pour d'autres gaz et vapeurs dont l'exposant isentropique est bien déterminé.

En outre, elle n'est applicable que si $\frac{p_2}{p_1} \geq 0,75$.

Le tableau 34 qui indique les valeurs du coefficient de détente pour une gamme de valeurs des exposants isentro-

piques, des rapports de pression et des rapports d'ouverture, est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise; il n'est jamais permis d'extrapoler.

8.1.7 Erreurs limites

8.1.7.1 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉCHARGE C

L'erreur limite relative sur la valeur de C , compte non tenu des erreurs limites sur β , D et Re_D et en admettant que k/D est dans les limites spécifiées, est égale à :

0,8 % quand $\beta \leq 0,6$

$(2\beta - 0,4)\%$ quand $\beta > 0,6$

8.1.7.2 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉTENTE ϵ

L'erreur limite relative sur ϵ est égale à $2 \frac{\Delta p}{p_1} \%$.

8.1.8 Perte de pression $\Delta \bar{w}$

Le paragraphe 7.4 s'applique également à la perte de pression des tuyères ISA 1932.

8.2 Tuyères à long rayon

Il existe deux formes de tuyères à long rayon :

- à grand rapport d'ouverture ($0,25 \leq \beta \leq 0,8$);
- à petit rapport d'ouverture ($0,20 \leq \beta \leq 0,5$).

Pour les valeurs de β comprises entre 0,25 et 0,5, on peut utiliser l'une ou l'autre forme.

La figure 6, page 24, représente les coupes des tuyères à long rayon par un plan passant par l'axe du col.

Les lettres du texte renvoient aux repères du dessin.

Les deux formes de tuyères comportent un convergent en quart d'ellipse et un col cylindrique.

La partie de la tuyère située à l'intérieur de la tuyauterie présente une symétrie de révolution, exception faite éventuellement des débouchures des prises de pression.

8.2.1 Profil de la tuyère à grand rapport d'ouverture

8.2.1.1 On peut décrire la face intérieure en distinguant :

- une partie convergente A;
- un col cylindrique B;
- une coupe franche, C.

TABLEAU 8 - Limites supérieures de la rugosité pour les tuyères ISA 1932

β	$\leq 0,35$	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,60	0,70	0,77	0,80
$10^4 k/D$	25	18,6	13,5	10,6	8,7	7,5	6,7	6,1	5,6	4,5	4,0	3,9	3,9

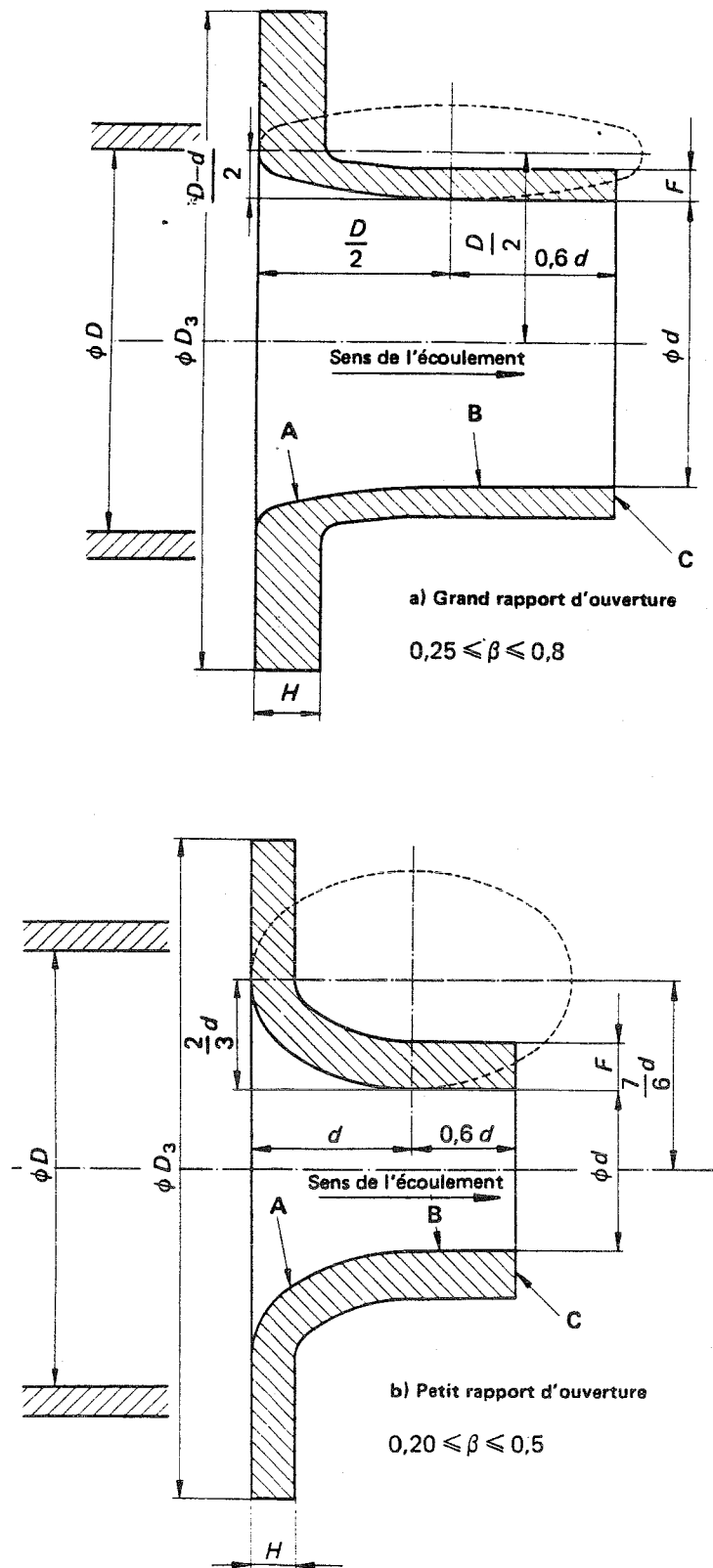


FIGURE 6 – Tuyères à long rayon

8.2.1.2 Le convergent A est en forme de quart d'ellipse.

Le centre de l'ellipse est à une distance $0,5 D$ de l'axe de révolution.

Le grand axe de l'ellipse est parallèle à l'axe de révolution. La valeur du demi-grand axe est $0,5 D$. La valeur du demi-petit axe est $0,5 (D - d)$.

Le profil du convergent doit être vérifié au gabarit. Deux diamètres du convergent situés dans un même plan perpendiculaire à l'axe ne doivent pas différer de plus de $0,1 \%$ de leur valeur moyenne.

8.2.1.3 Le col B a un diamètre d et une longueur $0,6 d$.

On prendra pour valeur de d , diamètre du col, la moyenne des mesures d'au moins quatre diamètres situés dans des plans méridiens faisant entre eux des angles approximativement égaux.

Le col doit être cylindrique. Aucun diamètre d'une section droite quelconque ne doit différer de plus de $0,05 \%$ de la valeur du diamètre moyen. Des mesurages doivent être effectués, en un nombre suffisant de sections, pour déterminer que le col n'est absolument pas divergent dans la direction de l'écoulement; il peut être légèrement convergent dans les limites d'erreurs données. La section la plus proche de la face aval est particulièrement importante à cet égard. Cette condition est réputée satisfaite lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité du col, avec la précision exigée, sans mesurer le diamètre du col lui-même.

8.2.1.4 La distance entre la paroi de la tuyauterie et la face extérieure du col doit être supérieure ou égale à 3 mm .

8.2.1.5 L'épaisseur H doit être supérieure ou égale à 3 mm et inférieure ou égale à $0,15 D$. L'épaisseur F du col doit être comprise entre 3 et 13 mm .

8.2.1.6 La surface de la face intérieure doit présenter un critère de rugosité $R_a \leq 10^{-4} d$.

8.2.1.7 La face aval (extérieure) a une forme quelconque, mais doit satisfaire aux spécifications de 8.2.1.4 et 8.2.1.5, et du dernier alinéa de 8.2.

8.2.2 Formes de la tuyère à petit rapport d'ouverture

8.2.2.1 Les caractéristiques telles qu'elles sont données en 8.2.1 pour la tuyère à grand rapport d'ouverture s'appliquent à la tuyère à petit rapport d'ouverture, à l'exception de la forme même de l'ellipse, qui est donnée en 8.2.2.2.

8.2.2.2 Le convergent A est en forme de quart d'ellipse. Le centre de l'ellipse est à une distance $d/2 + 2 d/3 = 7 d/6$ de l'axe de révolution.

Le grand axe de l'ellipse est parallèle à l'axe de révolution. La valeur du demi-grand axe est d . La valeur du demi-petit axe est $\frac{2}{3} d$.

8.2.3 Matériau et fabrication

Des prescriptions équivalentes à celles données en 7.1.9.1 et 7.1.9.2 s'appliquent à la fabrication des tuyères à long rayon.

8.2.4 Prises de pression

8.2.4.1 Les prises de pression doivent satisfaire aux descriptions de 7.2.1 et 7.2.2.

8.2.4.2 La prise amont doit être à $1D \pm 0,2 D$ de la face d'entrée de la tuyère.

L'axe de la prise aval doit être à $0,50 D \pm 0,01 D$ de la face d'entrée de la tuyère, avec cette exception qu'en aucun cas il ne doit être situé plus loin en aval que l'extrémité aval de la tuyère.

8.2.4.3 Les prises de pression amont et aval débouchent à la paroi intérieure de la conduite.

8.2.5 Coefficients des tuyères à long rayon

8.2.5.1 LIMITES D'EMPLOI

Les tuyères à long rayon ne doivent être utilisées conformément à la présente Norme internationale que si

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 630 \text{ mm}$$

$$0,2 \leq \beta \leq 0,8$$

$$10\,000 \leq Re_D \leq 10^7$$

$$\kappa/D \leq 10 \times 10^{-4} \text{ (se reporter à 8.1.6.2 et 7.3.1)}$$

8.2.5.2 COEFFICIENT DE DÉCHARGE

Les coefficients de décharge sont les mêmes pour les deux formes de tuyères à long rayon quand les prises de pression sont conformes à 8.2.4.

Le coefficient de décharge C est donné par la formule suivante, lorsqu'on se réfère au nombre de Reynolds dans la tuyauterie amont, Re_D :

$$C = 0,9965 - 0,00653 \beta^{0,5} \left[\frac{10^6}{Re_D} \right]^{0,5}$$

Si l'on se réfère au nombre de Reynolds au col Re_d , cette formule devient

$$C = 0,9965 - 0,00653 \left[\frac{10^6}{Re_d} \right]^{0,5}$$

et dans ce cas, C est indépendant du rapport d'ouverture β .

Les tableaux 32 et 33 qui indiquent les valeurs correspondantes de C et α en fonction de β , de Re_D et de Re_d sont donnés à titre indicatif. Ils ne sont pas prévus pour une interpolation précise; il n'est jamais permis d'extrapoler.

8.2.5.3 COEFFICIENT DE DÉTENTE, ϵ

Les indications de 8.1.6.3 s'appliquent également au coefficient de détente des tuyères à long rayon, mais dans les limites d'emploi définies en 8.2.5.1.

8.2.6 Erreurs limites

8.2.6.1 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉCHARGE, C

Lorsque β et Re_d sont supposés connus sans erreur, l'erreur limite relative sur la valeur de C est de $\pm 2,0\%$ pour toutes les valeurs de β comprises entre 0,2 et 0,8.

8.2.6.2 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉTENTE, ϵ

L'erreur limite relative sur ϵ est égale à $2 \frac{\Delta p}{p_1} \%$

8.2.7 Perte de pression, $\Delta \bar{w}$

Le paragraphe 7.4 s'applique également à la perte de pression des tuyères à long rayon.

9 TUBES DE VENTURI

Il existe deux types de tubes de Venturi normalisés :

- tube de Venturi classique;
- Venturi-tuyère.

Ces appareils sont décrits en 9.1. et 9.2.

9.1 Tubes de Venturi classiques

9.1.1 Domaine d'application

Le domaine d'application des tubes de Venturi classiques traités dans la présente Norme internationale dépend de leur mode de construction.

Trois types de tubes de Venturi classiques normalisés peuvent être définis d'après la manière de réaliser la surface intérieure du cône d'entrée et l'arrondi à l'intersection de ce cône et du col. Ces trois modes de réalisation sont décrits de 9.1.1.1 à 9.1.1.3 et leur confèrent des caractéristiques légèrement différentes.

9.1.1.1 TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT BRUT DE FONDERIE

Tube de Venturi classique coulé dans un moule en sable ou construit par toute autre méthode laissant un fini de surface du cône d'entrée semblable à celui obtenu par moulage en sable. Le col est usiné et les intersections entre les cylindres et les cônes sont arrondies.

Ces tubes de Venturi classiques peuvent être utilisés dans des conduites de 100 à 800 mm et pour des rapports de diamètres β compris entre 0,3 et 0,75 inclus.

9.1.1.2 TUBE DE VENTURI À CONVERGENT USINÉ

Tube de Venturi classique coulé ou construit comme précédemment, mais dont le cône d'entrée est usiné comme le col et le cylindre d'entrée. Les intersections entre les cylindres et les cônes peuvent ou non être arrondies.

Ces tubes de Venturi classiques peuvent être utilisés dans des conduites de 50 à 250 mm et pour des rapports de diamètres β compris entre 0,4 et 0,75 inclus.

9.1.1.3 TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT EN TÔLE SOUDÉE BRUTE

Tube de Venturi classique qui est normalement fabriqué par soudage et qui n'est pas du tout usiné pour les grandes dimensions, mais dont le col est usiné pour les plus petites dimensions.

Ces tubes de Venturi classiques peuvent être utilisés dans des conduites de 200 à 1 200 mm et pour des rapports de diamètres β compris entre 0,4 et 0,7 inclus.

9.1.2 Forme générale

La figure 7, page 27, représente la coupe d'un tube de Venturi classique passant par l'axe du col. Les lettres du texte renvoient aux repères du dessin.

Le tube de Venturi classique se compose d'un cylindre d'entrée A suivi d'un convergent tronconique B, d'un col cylindrique C et d'un divergent tronconique E. La surface de l'appareil est de révolution autour de l'axe de la conduite. Le convergent et le col cylindrique sont considérés comme coaxiaux par simple examen visuel.

9.1.2.1 Le cylindre d'entrée A doit avoir un diamètre D qui ne doit pas différer du diamètre intérieur de la conduite de plus de 0,01 D .

La longueur minimale de ce cylindre, comptée à partir du plan contenant l'intersection du tronc de cône B avec le cylindre A, peut varier avec le mode de construction (voir 9.1.2.7, 9.1.2.8 et 9.1.2.9). Il est cependant recommandé de la choisir égale à D .

Le diamètre D du cylindre d'entrée doit être mesuré dans le plan des prises de pression amont. Il doit y avoir au moins autant de mesurages que de prises de pression (quatre au minimum).

Les diamètres doivent être mesurés au voisinage de chaque couple de prises de pression et également entre ces couples. La moyenne arithmétique de toutes ces mesures doit être prise comme valeur de D dans les calculs.

Des diamètres doivent également être mesurés dans d'autres plans que celui des prises de pression.

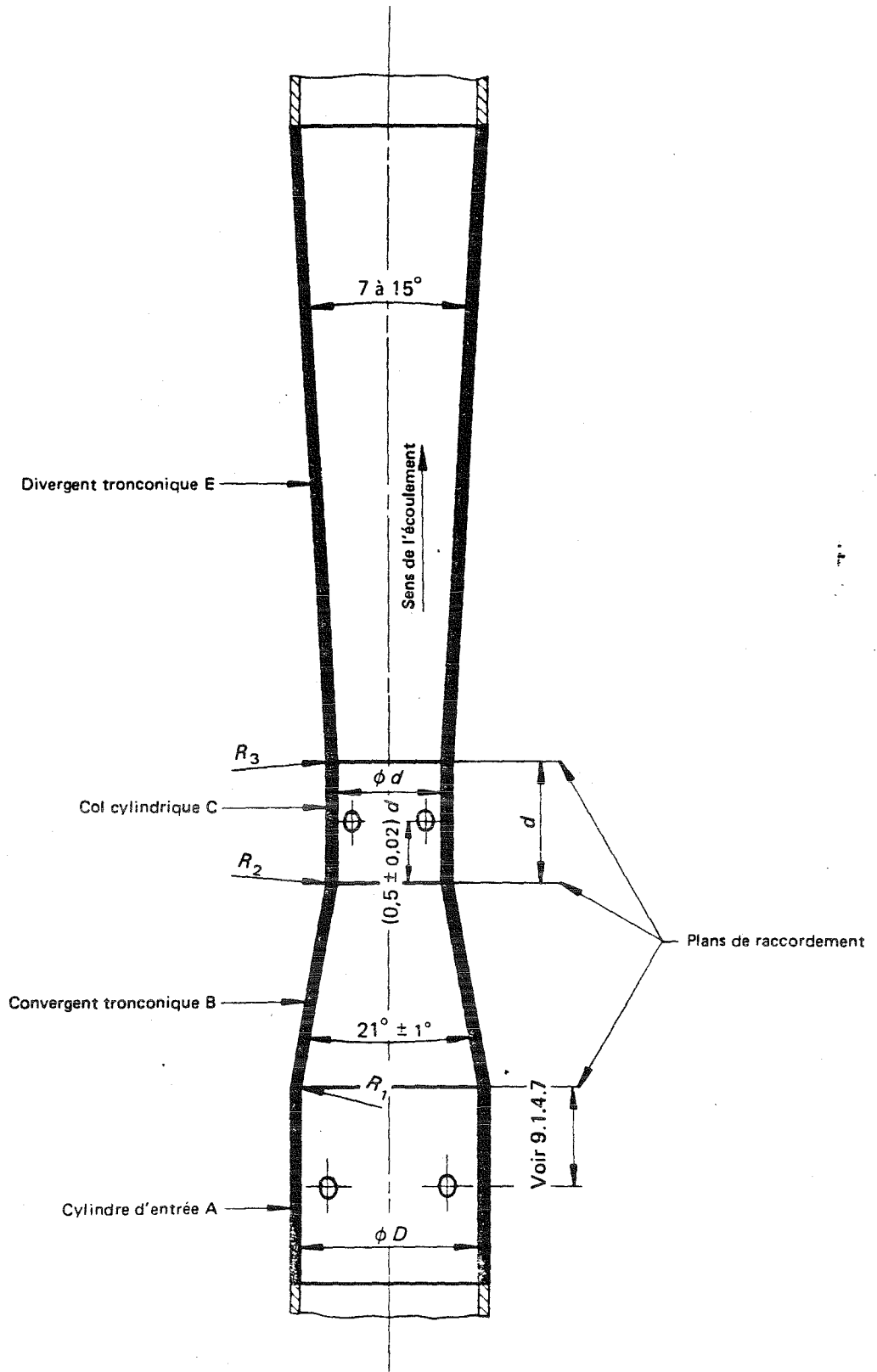


FIGURE 7 - Profil du tube de Venturi classique

Aucun diamètre du cylindre d'entrée ne doit différer de plus de 0,4 % de la valeur du diamètre moyen. Cette condition est réputée satisfaite lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne arithmétique des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité de la partie cylindrique et de l'alésage de la conduite avec la précision exigée sans mesurer le diamètre moyen de la partie cylindrique et de l'alésage de la conduite eux-mêmes.

9.1.2.2 Le convergent B doit être tronconique, d'angle au sommet $21 \pm 1^\circ$, pour tous les types de tubes de Venturi classiques. Il est délimité, en amont, par le plan contenant l'intersection du tronc de cône B avec le cylindre d'entrée A (ou de leurs prolongements) et, en aval, par le plan contenant l'intersection du tronc de cône B avec le col C (ou de leurs prolongements).

La longueur totale du convergent B, mesurée parallèlement à l'axe de révolution du tube de Venturi, est donc approximativement égale à $2,7 (D - d)$.

Le convergent B est raccordé au cylindre d'entrée A par un congé de rayon R_1 , dont la valeur dépend du type du tube de Venturi classique.

Le profil du convergent doit être vérifié au gabarit. L'écart entre le gabarit et la partie tronconique du convergent ne doit dépasser en aucun point 0,4 % de D .

On admet que la surface intérieure de la partie tronconique du convergent est de révolution si deux diamètres situés dans un même plan perpendiculaire à l'axe de révolution ne diffèrent pas de plus de 0,4 % de leur valeur moyenne.

On doit vérifier de la même façon que le congé de raccordement de rayon R_1 est de révolution.

9.1.2.3 Le col C, de diamètre d , doit être cylindrique. Il est délimité, en amont, par le plan contenant l'intersection du tronc de cône B avec le col C (ou de leurs prolongements) et, en aval, par le plan contenant l'intersection du col C avec le tronc de cône E (ou de leurs prolongements). La longueur du col C, c'est-à-dire la distance séparant ces deux plans, doit être égale à d , quel que soit le type du tube de Venturi classique.

Le col C est réuni au convergent B par un congé de rayon R_2 et au divergent E par un congé de rayon R_3 . Les valeurs de R_2 et R_3 dépendent du type du tube de Venturi classique.

Le diamètre d doit être mesuré très soigneusement dans le plan des prises de pression au col. Il doit y avoir au moins autant de mesurages que de prises de pression (quatre au minimum). Les diamètres doivent être mesurés au voisinage de chaque couple de prises de pression et également entre ces couples. La moyenne arithmétique de toutes ces mesures doit être prise comme valeur de d dans les calculs.

Des diamètres doivent également être mesurés dans d'autres plans que celui des prises de pression.

Aucun diamètre du col ne doit différer de plus de 0,1 % de la valeur du diamètre moyen. Cette condition est réputée satisfaite lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne arithmétique des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité du col, avec la précision requise, sans mesurer le diamètre moyen du col lui-même.

Le col du tube de Venturi classique doit être usiné et/ou posséder, sur toute sa longueur, un état de surface équivalent à la rugosité indiquée en 9.1.2.6.

On doit vérifier que les congés de raccordement au col de rayon R_2 et R_3 sont de révolution comme indiqué en 9.1.2.2. Cette condition est réputée satisfaite lorsque deux diamètres, situés dans un même plan perpendiculaire à l'axe de révolution, ne diffèrent pas de plus de 0,1 % de leur valeur moyenne.

La valeur des rayons de courbure R_2 et R_3 doit être vérifiée au gabarit.

L'écart entre le gabarit et le tube de Venturi classique doit évoluer de façon régulière pour chaque congé de sorte que le seul écart maximal mesuré soit approximativement situé au milieu du profil du gabarit. La valeur de cet écart maximal ne doit pas dépasser $0,02 d$.

9.1.2.4 Le divergent E doit être tronconique et peut avoir un angle au sommet compris entre 7 et 15° ; il est cependant recommandé de choisir un angle compris entre 7 et 8° . Son plus petit diamètre ne doit pas être inférieur au diamètre du col.

9.1.2.5 Un tube de Venturi classique est dit « tronqué » lorsque le diamètre de sortie du divergent est inférieur au diamètre D , et « non tronqué » s'il lui est égal.

On peut tronquer le divergent de 35 % environ de sa longueur sans modifier sensiblement la perte de pression de l'appareil.

9.1.2.6 Le critère de rugosité R_a du col et des congés adjacents doit être aussi faible que possible et de toute façon inférieur à $10^{-5} d$ (voir deuxième alinéa de 5.1.2).

Le divergent est brut de fonderie. Sa surface interne doit être propre et lisse.

La rugosité des autres parties du tube de Venturi classique dépend du type envisagé.

9.1.2.7 PARTICULARITÉS DU PROFIL DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT BRUT DE FONDERIE

La longueur minimale du cylindre d'entrée A doit être au moins égale à la plus petite des deux quantités : D et $0,25 D + 250$ mm (voir 9.1.2.1).

Sa surface intérieure peut rester brute de fonderie à condition d'être lisse, exempte de craquelure et de fissure, de dépression, d'irrégularité et d'impureté (critère de rugosité R_a inférieur à $10^{-4} D$), c'est-à-dire de même état de surface que le convergent B.

Le rayon du congé R_1 doit être égal à $1,375 D$ à 20 % près.

La surface intérieure du convergent B est moulée au sable et brute de fonderie. Elle doit être lisse, exempte de craquelure, de fissure, de dépression, d'irrégularité et d'impureté.

Le critère de rugosité R_a du convergent doit être inférieur à $10^{-4} D$.

Le rayon du congé R_2 doit être égal à $3,625 d \pm 0,125 d$.

La longueur de la partie cylindrique du col doit être au moins égale à $d/3$. De plus, la longueur de la partie cylindrique comprise entre la fin du congé R_2 et le plan des prises de pression, ainsi que la longueur de la partie cylindrique comprise entre le plan des prises de pression au col et le début du congé R_3 , doivent être au moins égales à $d/6$ (voir aussi 9.1.2.3 pour la longueur du col).

Le rayon du congé R_3 doit être compris entre $5 d$ et $15 d$. Sa valeur doit augmenter lorsque l'angle du divergent E diminue. Une valeur proche de $10 d$ est recommandée.

9.1.2.8 PARTICULARITÉS DU PROFIL DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT USINÉ

La longueur minimale du cylindre d'entrée A doit être égale à D .

Le rayon du congé R_1 doit être inférieur à $0,25 D$ et, de préférence, nul.

Le rayon du congé R_2 doit être inférieur à $0,25 d$ et, de préférence, nul.

La longueur de la partie cylindrique du col comprise entre la fin du congé R_2 et le plan des prises de pression au col doit être au moins égale à $0,25 d$.

La longueur de la partie cylindrique du col comprise entre le plan des prises de pression au col et le début du congé R_3 doit être au moins égale à $0,3 d$.

Le rayon du congé R_3 doit être inférieur à $0,25 d$ et, de préférence, nul.

Le cylindre d'entrée et le convergent doivent avoir un état de surface égal à celui du col (voir 9.1.2.6).

9.1.2.9 PARTICULARITÉS DU PROFIL DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT EN TÔLE SOUDÉE BRUTE

La longueur minimale du cylindre d'entrée A doit être égale à $1 D$.

Il ne doit pas y avoir de congé de raccordement entre le cylindre d'entrée A et le convergent B autre que celui résultant de la soudure.

Il ne doit pas y avoir de congé de raccordement entre le convergent B et le col C autre que celui résultant de la soudure.

Il ne doit pas y avoir de congé de raccordement entre le col et le divergent.

La surface intérieure du cylindre d'entrée A et du convergent B doit être propre, exempte de calamine et de résidus de soudure. Elle peut être galvanisée. Son critère de rugosité R_a est de l'ordre de $5 \times 10^{-4} D$.

Les cordons de soudure intérieurs doivent être arasés aux surfaces environnantes et ne doivent pas se trouver à proximité des prises de pression.

9.1.3 Matériau et fabrication

9.1.3.1 Le tube de Venturi classique peut être fabriqué en n'importe quel matériau, pourvu qu'il soit et reste conforme à la description précédente pendant l'emploi.

9.1.3.2 Il est également recommandé de réunir en une seule pièce le convergent B et le col C. Il est recommandé, dans le cas d'un tube de Venturi classique à convergent usiné, de construire le col et le convergent en une seule pièce; cependant, s'ils sont faits en deux parties séparées, ils doivent être assemblés avant l'usinage final de la surface interne.

9.1.3.3 Un soin particulier doit être apporté au centrage du divergent E sur le col. Il ne doit donc pas y avoir de redan entre les deux parties.

On peut s'en assurer au toucher avant la mise en place du tube de Venturi classique, mais après que le divergent aura été assemblé au col.

9.1.3.4 Lorsqu'une chemise est rapportée dans le col, elle doit être usinée après assemblage.

9.1.4 Prises de pression

9.1.4.1 Les prises de pression amont et au col doivent être faites au moyen de prises à la paroi séparées et raccordées à des chambres annulaires.

9.1.4.2 Ces prises doivent avoir un diamètre compris entre 4 et 10 mm et qui, en outre, ne doit jamais excéder $0,1 D$ pour les prises amont et $0,13 d$ pour les prises au col.

Il est recommandé d'utiliser des prises de pression, aussi petites que compatibles avec le fluide (par exemple, avec sa viscosité et sa propreté).

9.1.4.3 Le nombre des prises de pression, à l'amont et au col, doit être au moins égal à quatre. Les axes des prises de pression doivent rencontrer l'axe du tube de Venturi classique, former entre eux des angles sensiblement égaux et être contenus dans un plan perpendiculaire à l'axe du tube de Venturi classique.

9.1.4.4 La débouchure du trou des prises de pression doit être circulaire. Les bords doivent être arasés à la surface de la tuyauterie. Ils ne doivent présenter aucune bavure, ni, en général aucune singularité. Si des congés de raccordement sont nécessaires, leur rayon ne doit pas dépasser le dixième de la prise de pression.

9.1.4.5 Les prises de pression doivent présenter un tronçon cylindrique sur une longueur d'au moins 2,5 fois leur diamètre intérieur, comptée à partir de la surface intérieure de la conduite.

9.1.4.6 On juge de la conformité des prises de pression aux deux conditions précédentes par simple inspection visuelle.

9.1.4.7 L'éloignement d'une prise de pression est la distance comptée sur une droite parallèle à l'axe du tube de Venturi classique, entre l'axe de la prise de pression et les plans de référence définis ci-dessous.

Pour les tubes de Venturi classiques à convergent brut de fonderie, l'éloignement des prises de pression amont, situées sur le cylindre d'entrée, compté à partir du plan d'intersection du cylindre d'entrée A et du prolongement du convergent B, doit être de :

$$0,5 D \pm 0,25 D \text{ pour } D \text{ compris entre } 100 \text{ mm et } 150 \text{ mm}$$

et

$$0,5 D - \frac{0}{0,25} D \text{ pour } D \text{ compris entre } 150 \text{ mm et } 800 \text{ mm.}$$

Pour les tubes de Venturi classiques à convergent usiné et à convergent en tôle soudée brute, l'éloignement des prises de pression amont, compté à partir du plan d'intersection du cylindre d'entrée A et du convergent B (ou de leurs prolongements) doit être de :

$$0,5 D \pm 0,05 D$$

Pour tous les types de tubes de Venturi classiques, le plan des axes des débouchures des prises de pression situées sur le col doit être distant de :

$$0,5 d \pm 0,02 d$$

du plan qui contient l'intersection du convergent B et du col C (ou de leurs prolongements).

9.1.4.8 L'aire de la section libre de la chambre annulaire des prises de pression doit être supérieure ou égale à la moitié de la surface totale des ouvertures de prises de pression reliant la chambre à la conduite.

Il est recommandé cependant de doubler la section de la chambre donnée ci-dessus lorsque le tube de Venturi classique est utilisé avec une longueur droite amont minimale à partir d'un accessoire entraînant des écoulements asymétriques.

9.1.5 Coefficient de décharge, C

9.1.5.1 LIMITES D'EMPLOI

Quel que soit le type de tube de Venturi classique, l'emploi simultané des valeurs extrêmes pour D , β et Re_D doit être évité car les erreurs limites données en 9.1.7 risquent de devoir être augmentées.

Les influences de Re_D , k/D et β sur C sont encore insuffisamment connues pour que l'on puisse donner des valeurs sûres de C en dehors des limites définies pour chaque type de tube de Venturi classique. (Voir à titre d'information l'annexe B.)

9.1.5.2 COEFFICIENT DE DÉCHARGE DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT BRUT DE FONDERIE

Les tubes de Venturi classiques à convergent brut de fonderie ne peuvent être utilisés conformément à la présente Norme internationale que si

$$100 \text{ mm} \leq D \leq 800 \text{ mm}$$

$$0,3 \leq \beta \leq 0,75$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$$

Dans ces conditions, le coefficient de décharge C a pour valeur :

$$C = 0,984$$

9.1.5.3 COEFFICIENT DE DÉCHARGE DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT USINÉ

Les tubes de Venturi classiques à convergent usiné ne peuvent être utilisés conformément à la présente Norme internationale que si

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 250 \text{ mm}$$

$$0,4 \leq \beta \leq 0,75$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 1 \times 10^6$$

Dans ces conditions, le coefficient de décharge C a pour valeur :

$$C = 0,995$$

9.1.5.4 COEFFICIENT DE DÉCHARGE DU TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT EN TÔLE SOUDÉE BRUTE

Les tubes de Venturi classiques à convergent en tôle soudée brute ne peuvent être utilisés conformément à la présente Norme internationale que si

$$200 \text{ mm} \leq D \leq 1\,200 \text{ mm}$$

$$0,4 \leq \beta \leq 0,7$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$$

Dans ces conditions, le coefficient de décharge C a pour valeur :

$$C = 0,985$$

9.1.6 Coefficient de détente ϵ

Les indications du paragraphe 8.1.6.3 s'appliquent également au coefficient de détente des divers types de tubes de Venturi classiques, mais dans les limites d'emploi définies, selon le cas, en 9.1.5.2, 9.1.5.3 ou 9.1.5.4.

9.1.7 Erreur limite sur le coefficient de décharge, C

9.1.7.1 TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT BRUT DE FONDERIE

L'erreur limite relative sur le coefficient de décharge donné en 9.1.5.2 est égale à 0,7%.¹⁾

9.1.7.2 TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT USINÉ

L'erreur limite relative sur le coefficient de décharge donné en 9.1.5.3 est égale à 1%.¹⁾

9.1.7.3 TUBE DE VENTURI CLASSIQUE À CONVERGENT EN TÔLE SOUDÉE BRUTE

L'erreur limite relative sur le coefficient de décharge donné en 9.1.5.4 est égale à 1,5%.¹⁾

9.1.8 Erreur limite sur le coefficient de détente, ϵ

L'erreur limite sur ϵ est égale à $(4 + 100 \beta^8) \frac{\Delta p}{p_1} \%$.

9.1.9 Perte de pression

9.1.9.1 DÉFINITION DE LA PERTE DE PRESSION (voir figure 8)

La perte de pression due à un tube de Venturi peut être définie par des mesurages de pression effectués avant et après montage du tube de Venturi classique dans une conduite où règne un écoulement donné.

Si l'on appelle $\Delta p'$ la différence de pression mesurée, avant montage du tube de Venturi, entre deux prises de pression

situées l'une, au moins, à $1 D$ en amont des brides où s'intercalera le tube de Venturi, l'autre à $6 D$ en aval des mêmes brides et si l'on appelle $\Delta p''$ la différence de pression mesurée entre les mêmes prises après montage du tube de Venturi entre les mêmes brides, la perte de pression a pour valeur $\Delta p'' - \Delta p'$.

9.1.9.2 VALEUR DE LA PERTE DE PRESSION

La valeur $\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p}$ de la perte de pression rapportée à la pression différentielle Δp dépend notamment :

- du rapport des diamètres ($\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p}$ diminue lorsque β augmente) ;
- du nombre de Reynolds ($\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p}$ diminue lorsque Re_D augmente) ;
- des caractéristiques constructives du tube de Venturi : angle du divergent, mode de construction du convergent, état de surface des différentes parties, etc. (ξ augmente avec φ et k/D) ;
- des conditions d'installation (alignement droit, rugosité de la conduite amont, etc.).

À titre indicatif, on peut admettre que la valeur relative de la perte de pression reste très généralement comprise entre 5 et 20 %.

L'annexe C donne, à titre indicatif, certains renseignements sur l'influence de ces divers facteurs et sur les valeurs que peut prendre la perte de pression relative ξ .

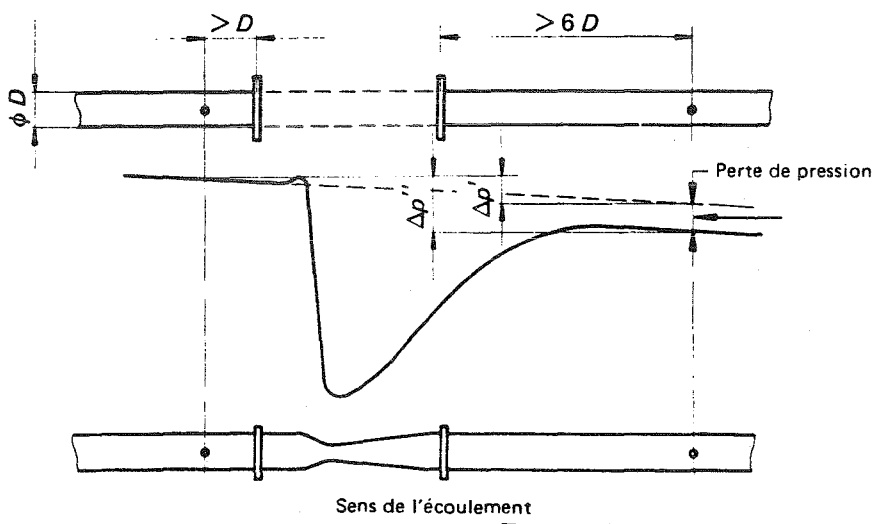


FIGURE 8 — Perte de pression dans un tube de Venturi classique

1) Les différences sur les erreurs limites reflètent d'une part, le nombre de résultats disponibles pour chaque type de tube de Venturi classique et, d'autre part, la définition plus ou moins précise du profil en long.

9.2 Venturi-tuyères

9.2.1 Forme générale

Le profil du Venturi-tuyère (figure 9) est à symétrie axiale. Il se compose d'une partie convergente, à profil arrondi, d'un col cylindrique et d'un divergent.

9.2.1.1 La face amont est identique à celle de la tuyère ISA 1932 définie à la figure 5 page 21.

Les descriptions données en 8.1.2.2, 8.1.2.3 et 8.1.2.4 s'appliquent aux Venturi-tuyères.

9.2.1.2 Le col (figure 9) se compose d'une partie E de longueur $0,3d$ qui est la même que pour les tuyères ISA 1932 (figure 5) et d'une partie E' de longueur comprise entre $0,4d$ et $0,45d$.

On prendra pour valeur de d la moyenne des mesures d'au moins quatre diamètres situés dans des plans méridiens faisant entre eux des angles approximativement égaux.

Le col doit être cylindrique. Aucun diamètre d'une section droite quelconque ne doit différer de plus de 0,05 % de la valeur du diamètre moyen. Cette condition est réputée satisfaite lorsque la différence de longueur de n'importe lequel des diamètres mesurés la satisfait par rapport à la moyenne des diamètres mesurés.

L'attention est attirée sur le fait qu'il est possible de vérifier la circularité du col, avec la précision exigée, sans mesurer le diamètre moyen du col lui-même.

9.2.1.3 Le divergent (figure 9), doit être relié à la partie E' du col sans partie arrondie, mais les bavures doivent être supprimées.

L'angle au sommet du divergent doit être $\varphi \leq 30^\circ$.

La longueur L du divergent n'a pratiquement pas d'influence sur le coefficient de débit α . En revanche, l'angle au sommet du divergent et par conséquent, sa longueur, ont une influence sur la perte de pression.

9.2.1.4 Le Venturi-tuyère peut être tronqué de la même manière que le tube de Venturi classique (voir 9.1.2.5).

9.2.1.5 Les surfaces internes des Venturi-tuyères doivent présenter un critère de rugosité $R_a \leq 10^{-4}d$ (voir le deuxième alinéa de 5.1.2).

9.2.2 Matériau de fabrication

9.2.2.1 Le Venturi-tuyère peut être fabriqué en n'importe quel matériau, pourvu qu'il soit et reste conforme à la description ci-dessus (9.2.1) pendant l'emploi. En particulier, le Venturi-tuyère doit être propre lors des mesurages.

9.2.2.2 Le Venturi-tuyère est habituellement fabriqué en métal et doit être protégé de l'érosion et de la corrosion provoquées par le fluide utilisé.

9.2.3 Prises de pression

9.2.3.1 POSITION ANGULAIRE DES PRISES DE PRESSION

Les axes des prises de pression peuvent être situés dans n'importe quel plan passant par l'axe de la conduite. L'attention est attirée sur le paragraphe 7.2.1.

9.2.3.2 PRISES DE PRESSION AMONT

Les prises de pression amont sont du type prises de pression dans les angles, identiques à celles de la tuyère ISA 1932. Elles sont définies en 7.2.4 (voir aussi figures 9 et 10).

9.2.3.3 PRISES DE PRESSION AU COL

Les prises de pression au col doivent être des prises de pression individuelles, ouvrant dans une chambre annulaire. On ne doit pas utiliser de fentes annulaires, continues ou discontinues.

Le nombre de prises de pression individuelles doit être au moins égal à quatre; leurs axes doivent rencontrer l'axe du Venturi-tuyère, former entre eux des angles égaux et être contenus dans le plan perpendiculaire à l'axe du Venturi-tuyère constituant la limite fictive entre les parties E et E' du col cylindrique.

Les prises doivent toujours être assez larges pour éviter tout étranglement par corps étranger ou bulles de gaz.

Le diamètre δ des prises individuelles au col des Venturi-tuyères doit être inférieur ou égal à $0,04d$ et, de plus, compris entre 2 et 10 mm.

9.2.4 Coefficients

9.2.4.1 LIMITES D'EMPLOI

Les Venturi-tuyères ne doivent être utilisés conformément à la présente Norme internationale que si

$$65 \text{ mm} \leq D \leq 500 \text{ mm}$$

$$d \geq 50 \text{ mm}$$

$$0,316 \leq \beta \leq 0,775$$

$$1,5 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$$

9.2.4.2 COEFFICIENTS DE DÉBIT ET DE DÉCHARGE

Le coefficient de décharge est donné par la formule

$$C = 0,9858 - 0,196\beta^{4,5}$$

Le tableau 35 qui indique les valeurs correspondantes de C et de α en fonction de β est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise, il n'est jamais permis d'extrapoler.

NOTE — Dans les limites indiquées en 9.2.4.1, C ne dépend donc ni du nombre de Reynolds ni du diamètre de la tuyauterie.

La plupart des essais, sur lesquels les valeurs ci-dessus de α sont fondées, ont été effectués dans des conduites dont la

rugosité relative $k/D \leq 3,8 \times 10^{-4}$. Des conduites avec une rugosité relative supérieure peuvent être employées si leur rugosité sur une distance au moins égale à $10 D$ en amont de l'élément primaire reste dans les limites données au tableau 9 (voir 7.3.1 pour l'évaluation de k/D).

9.2.4.3 COEFFICIENT DE DÉTENTE, ϵ

Les indications données en 8.1.6.3 s'appliquent également au coefficient de détente des Venturi-tuyères, mais dans les limites indiquées en 9.2.4.1.

9.2.5 Erreurs limites

9.2.5.1 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉBIT, α

Dans les limites d'emploi énoncées en 9.2.4.1, et lorsque β

est supposé connu sans erreur, l'erreur limite sur le coefficient de débit α est donnée par la formule

$$\pm (1,2 + 1,5 \beta^4) \%$$

9.2.5.2 ERREUR LIMITE SUR LE COEFFICIENT DE DÉTENTE, ϵ

L'erreur limite relative sur ϵ est égale à $(4 + 100 \beta^8) \frac{\Delta p}{p_1} \%$.

9.2.6 Perte de pression

Les indications données en 9.1.9 s'appliquent également aux Venturi-tuyères lorsque l'angle du divergent est inférieur ou égal à 15° .

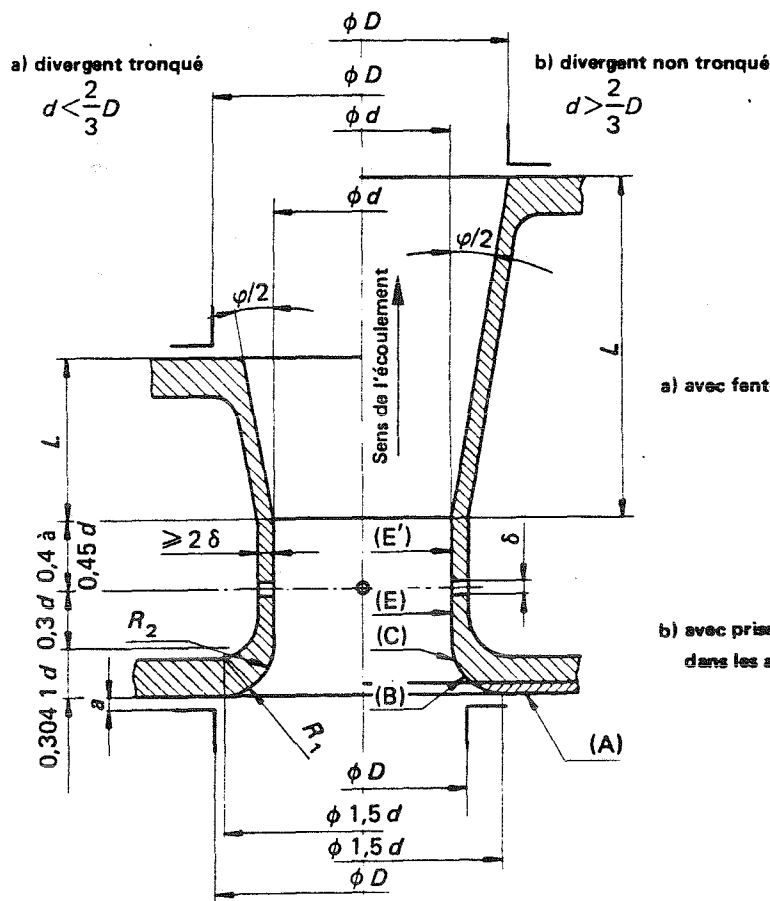


FIGURE 9 – Venturi-tuyère

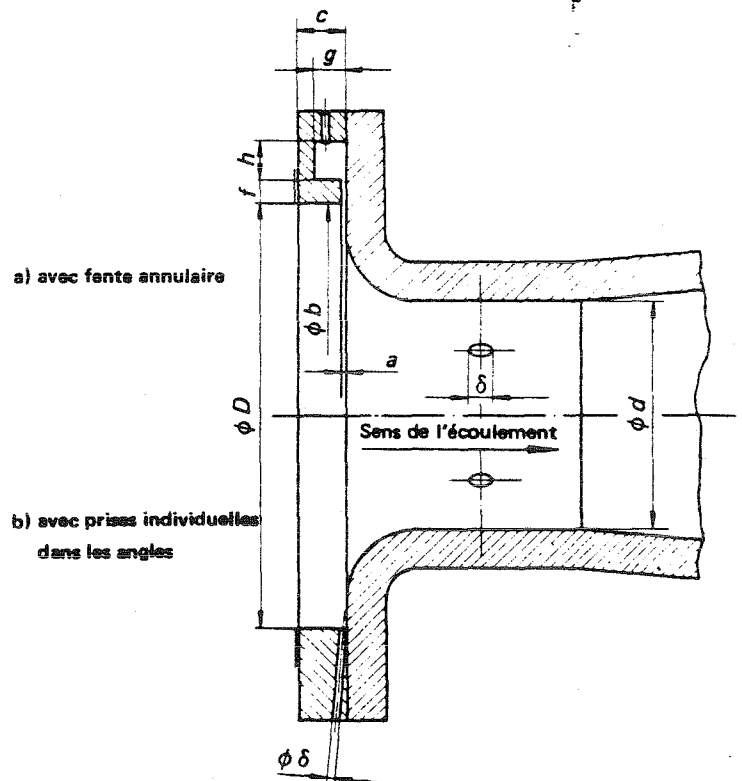


FIGURE 10 – Bague piézométrique

TABLEAU 9 – Limites supérieures de la rugosité relative pour les Venturi-tuyères

β	$\leq 0,35$	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,60	0,70	0,775
$10^4 k/D$	25	18,6	13,5	10,6	8,7	7,5	6,7	6,1	5,6	4,5	4,0	3,9

10 ERREURS LIMITES SUR LA MESURE DU DÉBIT

Référence sera faite à l'ISO 5168, *Calcul de l'erreur limite sur la mesure du débit*, qui donne toute information générale utile à ce sujet et un exemple de calcul.

10.1 Définition de l'erreur limite

10.1.1 Pour les besoins de la présente Norme internationale, l'erreur limite est définie comme la gamme des valeurs dans laquelle la valeur vraie de la mesure est estimée se trouver au niveau de confiance de 95 %.

Il peut se faire que le niveau de confiance associé à cette gamme de valeurs soit supérieur à 95 %, mais il n'en sera ainsi que si la valeur d'une des grandeurs utilisées pour le calcul du débit est elle-même à un niveau de confiance de plus de 95 %; dans un tel cas, on se rapportera à l'ISO 5168.

10.1.2 L'erreur limite sur la mesure de débit doit être calculée et désignée sous ce nom chaque fois qu'une mesure est réputée faite en conformité avec la présente Norme internationale.

10.1.3 L'erreur limite peut s'exprimer en valeur absolue ou relative, et le résultat de la mesure de débit peut alors être donné sous l'une des formes suivantes :

$$\text{débit} = q \pm \delta q$$

$$\text{ou débit} = q (1 \pm e)$$

$$\text{ou débit} = q \text{ à } (100 e)\% \text{ près.}$$

où l'erreur limite δq doit avoir les mêmes dimensions que q , mais $e = \frac{\delta q}{q}$ est une grandeur sans dimension.

10.1.4 L'erreur limite sur la mesure de débit telle qu'elle est définie ici, équivaut au double de l'écart-type de la terminologie statistique. Comme ce dernier elle s'obtient par combinaison des erreurs limites partielles sur chacune des grandeurs entrant dans le calcul de débit, en supposant que ces erreurs sont petites, nombreuses et indépendantes les unes des autres. Bien que pour un instrument de mesure et pour des coefficients donnés utilisés pour un essai, certaines des erreurs limites partielles puissent en réalité être le résultat d'erreurs systématiques (dont on ne peut évaluer que la grandeur maximale absolue), il est permis de les combiner comme des erreurs aléatoires ayant une distribution conforme à la loi normale, dite loi de Laplace-Gauss.

10.1.5 Pour des raisons pratiques, on fait une distinction entre les erreurs liées aux mesurages effectués par l'utilisateur et celles liées aux grandeurs spécifiées dans la présente Norme internationale. Ces dernières erreurs limites sont liées au coefficient de débit et au coefficient de détente et indiquent l'importance de la variation que l'utilisateur doit tolérer puisqu'il n'a aucun contrôle sur leur grandeur. Ces erreurs limites proviennent de petites variations admises sur la géométrie de l'appareil et sur le fait que les investigations sur lesquelles les valeurs ont été basées n'ont pas pu être faites dans des conditions « idéales ».

10.2 Calcul pratique de l'erreur limite

10.2.1 La formule de base de calcul du débit-masse, q_m , est

$$q_m = \alpha \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \times \rho_1}$$

En fait, les différentes grandeurs qui figurent au second membre de cette formule ne sont pas indépendantes, de sorte qu'il n'est pas correct de calculer l'erreur limite sur q_m directement à partir des erreurs limites sur ces grandeurs.

Par exemple, α est fonction de d, D, κ, u_1, v_1

ϵ est fonction de $d, D, \Delta p, \rho_1, \kappa$

10.2.1.1 Cependant, il est suffisant dans la plupart des cas pratiques, d'admettre que les erreurs limites sur $\epsilon, \Delta p$ et ρ_1 sont indépendantes les unes des autres et sont également indépendantes des erreurs limites sur α et sur d .

10.2.1.2 On peut alors établir une formule pratique de calcul δq_m , en tenant compte de la dépendance de α vis-à-vis de d et aussi de D , qui s'introduisent dans les calculs comme conséquence de la dépendance de α vis-à-vis de β . Il faut remarquer que α peut aussi dépendre du diamètre de la tuyauterie D et du nombre de Reynolds Re_D . Toutefois, les écarts sur α dus à ces influences sont de second ordre et sont inclus dans l'erreur limite sur α .

D'une manière analogue, les écarts sur ϵ qui résultent de l'erreur limite sur la valeur de β , le rapport des pressions et l'exposant isentropique sont aussi de second ordre et sont inclus dans l'erreur limite sur ϵ .

10.2.1.3 Les erreurs limites à introduire dans la formule pratique de calcul de δq_m sont donc celles des grandeurs $\alpha, \epsilon, d, D, \Delta p$ et ρ_1 .

10.2.2 La formule pratique de calcul de l'erreur limite sur le débit-masse δq_m est :

$$\frac{\delta q_m}{q_m} = \left[\left(\frac{\delta \alpha}{\alpha} \right)^2 + \left(\frac{\delta \epsilon}{\epsilon} \right)^2 + 4 \left(\frac{\beta^4}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\delta D}{D} \right)^2 + 4 \left(1 + \frac{\beta^4}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\delta d}{d} \right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\delta \Delta p}{\Delta p} \right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\delta \rho_1}{\rho_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Parmi les erreurs limites mentionnées dans la formule ci-dessus, quelques-unes d'entre elles, comme les erreurs limites sur les coefficients de débit et de détente, sont données dans la présente Norme internationale (voir 10.2.2.1 et 10.2.2.2), alors que les autres doivent être déterminées par l'utilisateur (voir 10.2.2.3 et 10.2.2.4).

10.2.2.1 Dans la formule ci-dessus, les valeurs de $\frac{\delta\alpha}{\alpha}$ ou de $\frac{\delta C}{C}$ et de $\frac{\delta\epsilon}{\epsilon}$ doivent être celles qui sont données par les paragraphes appropriés de la présente Norme internationale.

10.2.2.2 Lorsque les longueurs droites sont telles qu'elles nécessitent la prise en considération d'une erreur limite supplémentaire de $\pm 0,5\%$, cette erreur limite supplémentaire doit être ajoutée conformément aux spécifications de 6.2.4 et non de façon quadratique comme les autres erreurs limites de la formule donnée ci-dessus. D'autres erreurs limites (voir 6.5.1.3 et 6.5.3.3) peuvent s'ajouter de la même manière.

10.2.2.3 Dans la formule ci-dessus, l'utilisateur peut soit adopter les valeurs maximales de $\delta D/D$ et $\delta d/d$ pouvant être dérivées des spécifications données au chapitre 6, et en 7.1.7, 8.1.2.5, 8.2.1.3, 9.1.2.3 et 9.2.1.2, soit calculer les valeurs réelles plus petites (les valeurs maximales de $\delta D/D$ peuvent être prises égales à $\pm 0,4\%$ et la valeur maximale de $\delta d/d$ égale à $\pm 0,07\%$).

10.2.2.4 Les valeurs de $\delta\Delta\rho/\Delta\rho$ et $\delta\rho_1/\rho_1$ doivent être déterminées par l'utilisateur, la présente Norme internationale ne spécifiant pas en détail de méthode de mesurage des grandeurs $\Delta\rho$ et ρ_1 .

ANNEXE A

TABLEAUX DES COEFFICIENTS DE DÉBIT ET DE DÉCHARGE

TABLEAU 10 — Diaphragmes à prises de pression dans les angles
Coefficient de décharge C

$\beta \backslash Re_D$	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,23	0,601 2	0,599 7	0,598 7	0,598 3	0,598 0	0,597 9	0,597 7	0,597 5	0,597 4	0,597 3
0,24	0,601 8	0,600 0	0,599 0	0,598 6	0,598 2	0,598 1	0,597 9	0,597 7	0,597 5	0,597 5
0,26	0,603 1	0,600 9	0,599 6	0,599 1	0,598 7	0,598 5	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 8
0,28	0,604 4	0,601 9	0,600 3	0,599 7	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 2	0,598 1
0,30	0,606 0	0,602 9	0,601 1	0,600 4	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,598 7	0,598 3	0,598 4
0,32	0,607 7	0,604 0	0,601 9	0,601 1	0,600 3	0,600 0	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 8
0,34	0,609 5	0,605 3	0,602 8	0,601 8	0,601 0	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,611 5	0,606 6	0,603 7	0,602 6	0,601 6	0,601 2	0,600 8	0,600 1	0,599 7	0,599 5
0,38	0,613 6	0,608 1	0,604 8	0,603 5	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 5	0,600 2	0,600 0
0,40	0,615 9	0,609 6	0,605 9	0,604 4	0,603 1	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 6	0,600 4
0,42	0,618 4	0,611 3	0,607 0	0,605 4	0,603 9	0,603 2	0,602 6	0,601 6	0,601 1	0,600 8
0,44	0,621 0	0,613 0	0,608 2	0,606 4	0,604 7	0,603 9	0,603 3	0,602 1	0,601 6	0,601 3
0,46	0,623 8	0,614 8	0,609 5	0,607 4	0,605 6	0,604 7	0,604 0	0,602 7	0,602 1	0,601 7
0,48	...	0,616 7	0,610 8	0,608 5	0,606 4	0,605 5	0,604 7	0,603 2	0,602 5	0,602 1
0,50	...	0,618 7	0,612 1	0,609 6	0,607 3	0,606 2	0,605 3	0,603 7	0,603 0	0,602 6
0,52	...	0,620 7	0,613 5	0,610 7	0,608 2	0,607 0	0,606 0	0,604 2	0,603 4	0,602 9
0,54	...	0,622 8	0,614 8	0,611 7	0,609 0	0,607 7	0,606 6	0,604 7	0,603 7	0,603 2
0,56	...	0,624 9	0,616 2	0,612 8	0,609 8	0,608 4	0,607 2	0,605 0	0,604 0	0,603 5
0,58	...	0,627 0	0,617 5	0,613 8	0,610 5	0,608 9	0,607 7	0,605 3	0,604 2	0,603 6
0,60	...	0,629 1	0,618 7	0,614 7	0,611 1	0,609 4	0,608 0	0,605 5	0,604 3	0,603 6
0,62	...	0,631 1	0,619 8	0,615 5	0,611 6	0,609 8	0,608 3	0,605 5	0,604 2	0,603 5
0,64	...	0,633 0	0,620 8	0,616 1	0,611 9	0,609 9	0,608 3	0,605 3	0,603 9	0,603 1
0,65	...	0,633 9	0,621 2	0,616 4	0,612 0	0,609 9	0,608 2	0,605 1	0,603 7	0,602 8
0,66	...	0,634 8	0,621 6	0,616 5	0,612 0	0,609 9	0,608 1	0,604 8	0,603 3	0,602 5
0,67	...	0,635 6	0,621 9	0,616 7	0,612 0	0,609 7	0,607 9	0,604 5	0,602 9	0,602 1
0,68	...	0,636 3	0,622 2	0,616 7	0,611 8	0,609 5	0,607 6	0,604 1	0,602 5	0,601 6
0,69	...	0,637 0	0,622 3	0,616 7	0,611 6	0,609 2	0,607 2	0,603 6	0,601 9	0,601 0
0,70	...	0,637 6	0,622 4	0,616 5	0,611 3	0,608 8	0,606 7	0,603 0	0,601 2	0,600 3
0,71	...	0,638 2	0,622 4	0,616 3	0,610 9	0,608 3	0,606 1	0,602 3	0,600 4	0,599 4
0,72	...	0,638 6	0,622 2	0,616 0	0,610 3	0,607 6	0,605 4	0,601 4	0,599 5	0,598 5
0,73	...	0,638 9	0,622 0	0,615 5	0,609 7	0,606 9	0,604 6	0,600 4	0,598 5	0,597 4
0,74	...	0,639 1	0,621 6	0,614 9	0,608 9	0,606 0	0,603 6	0,599 3	0,597 3	0,596 2
0,75	...	0,639 2	0,621 1	0,614 1	0,607 9	0,604 9	0,602 5	0,598 0	0,595 9	0,594 8
0,76	...	0,639 1	0,620 4	0,613 2	0,606 8	0,603 7	0,601 2	0,596 6	0,594 4	0,593 2
0,77	...	0,638 9	0,619 6	0,612 1	0,605 5	0,602 3	0,599 7	0,594 9	0,592 7	0,591 5
0,78	...	...	0,618 5	0,610 8	0,603 9	0,600 7	0,598 0	0,593 1	0,590 8	0,589 5
0,79	...	...	0,617 3	0,609 3	0,602 2	0,598 8	0,596 0	0,591 0	0,588 6	0,587 3
0,80	...	...	0,615 8	0,607 6	0,600 3	0,596 8	0,593 9	0,588 7	0,586 2	0,584 9

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 11 — Diaphragmes à prises de pression dans les angles
Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,23	0,602 1	0,600 5	0,599 5	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 6	0,598 3	0,598 2	0,598 2
0,24	0,602 8	0,601 0	0,600 0	0,599 6	0,599 2	0,599 1	0,598 9	0,598 7	0,598 5	0,598 5
0,26	0,604 4	0,602 3	0,601 0	0,600 5	0,600 1	0,599 8	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,599 1
0,28	0,606 3	0,603 7	0,602 2	0,601 6	0,601 0	0,600 8	0,600 6	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	0,608 4	0,605 4	0,603 5	0,602 8	0,602 2	0,601 9	0,601 6	0,601 2	0,601 0	0,600 8
0,32	0,610 9	0,607 2	0,605 1	0,604 2	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 1	0,601 9
0,34	0,613 6	0,609 4	0,606 8	0,605 9	0,605 0	0,604 6	0,604 3	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,616 7	0,611 8	0,608 9	0,607 8	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,620 1	0,614 5	0,611 2	0,609 9	0,608 7	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,624 0	0,617 6	0,613 8	0,612 3	0,611 0	0,610 4	0,609 8	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	0,628 3	0,621 0	0,616 7	0,615 0	0,613 5	0,612 8	0,612 2	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,633 0	0,624 8	0,619 9	0,618 1	0,616 4	0,615 6	0,614 9	0,613 7	0,613 2	0,612 8
0,46	0,638 2	0,629 0	0,623 6	0,621 5	0,619 6	0,618 7	0,618 0	0,616 6	0,616 0	0,615 7
0,48	...	0,633 8	0,627 7	0,625 3	0,623 2	0,622 2	0,621 4	0,619 9	0,619 2	0,618 8
0,50	...	0,639 0	0,632 2	0,629 6	0,627 2	0,626 1	0,625 2	0,623 5	0,622 7	0,622 3
0,52	...	0,644 7	0,637 2	0,634 3	0,631 7	0,630 5	0,629 4	0,627 6	0,626 7	0,626 2
0,54	...	0,651 1	0,642 7	0,639 5	0,636 7	0,635 3	0,634 2	0,632 1	0,631 2	0,630 6
0,56	...	0,658 1	0,648 9	0,645 3	0,642 2	0,640 7	0,639 4	0,637 2	0,636 1	0,635 5
0,58	...	0,665 8	0,655 7	0,651 8	0,648 3	0,646 6	0,645 3	0,642 8	0,641 6	0,641 0
0,60	...	0,674 3	0,663 2	0,658 9	0,655 0	0,653 2	0,651 7	0,649 0	0,647 7	0,647 0
0,62	...	0,683 6	0,671 4	0,666 7	0,662 5	0,660 5	0,658 9	0,655 9	0,654 5	0,653 7
0,64	...	0,693 9	0,680 5	0,675 4	0,670 8	0,668 6	0,666 8	0,663 5	0,662 0	0,661 1
0,65	...	0,699 4	0,685 4	0,680 0	0,675 2	0,672 9	0,671 1	0,667 6	0,666 0	0,665 1
0,66	...	0,705 2	0,690 6	0,684 9	0,679 9	0,677 5	0,675 5	0,671 9	0,670 3	0,669 3
0,67	...	0,711 3	0,696 0	0,690 1	0,684 8	0,682 3	0,680 3	0,676 5	0,674 8	0,673 8
0,68	...	0,717 7	0,701 7	0,695 5	0,690 0	0,687 4	0,685 2	0,681 3	0,679 5	0,678 5
0,69	...	0,724 4	0,707 7	0,701 2	0,695 5	0,692 7	0,690 5	0,686 4	0,684 5	0,683 4
0,70	...	0,731 5	0,714 0	0,707 3	0,701 2	0,698 4	0,696 0	0,691 7	0,689 7	0,688 6
0,71	...	0,738 9	0,720 6	0,713 6	0,707 3	0,704 3	0,701 8	0,697 3	0,695 2	0,694 1
0,72	...	0,746 8	0,727 7	0,720 3	0,713 7	0,710 6	0,708 0	0,703 3	0,701 1	0,699 9
0,73	...	0,755 1	0,735 1	0,727 4	0,720 5	0,717 2	0,714 5	0,709 6	0,707 3	0,706 0
0,74	...	0,763 8	0,742 9	0,734 9	0,727 6	0,724 2	0,721 4	0,716 2	0,713 8	0,712 5
0,75	...	0,773 1	0,751 2	0,742 8	0,735 2	0,731 6	0,728 7	0,723 3	0,720 8	0,719 4
0,76	...	0,782 9	0,760 0	0,751 2	0,743 3	0,739 5	0,736 4	0,730 8	0,728 2	0,726 7
0,77	...	0,793 4	0,769 4	0,760 1	0,751 9	0,747 9	0,744 7	0,738 8	0,736 0	0,734 5
0,78	...	...	0,779 3	0,769 7	0,761 0	0,756 8	0,753 5	0,747 3	0,744 4	0,742 8
0,79	...	...	0,790 0	0,779 8	0,770 7	0,766 4	0,762 9	0,756 4	0,753 3	0,751 6
0,80	...	...	0,801 4	0,790 7	0,781 2	0,776 6	0,772 9	0,766 1	0,762 9	0,761 2

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 12 – Diaphragmes à prises de pression à D et $D/2$
Coefficient de décharge C

β \ Re_D	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,599 7	0,598 5	0,597 9	0,597 6	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 0	0,596 9	0,596 9
0,22	0,600 6	0,599 2	0,598 4	0,598 0	0,597 7	0,597 6	0,597 5	0,597 3	0,597 2	0,597 1
0,24	0,601 7	0,600 0	0,598 9	0,598 5	0,598 1	0,598 0	0,597 8	0,597 6	0,597 4	0,597 4
0,26	0,603 0	0,600 8	0,599 5	0,599 0	0,598 6	0,598 4	0,598 2	0,597 9	0,597 7	0,597 7
0,28	0,604 3	0,601 7	0,600 2	0,599 6	0,599 1	0,598 8	0,598 6	0,593 2	0,598 1	0,598 0
0,30	***	0,602 8	0,601 0	0,600 3	0,599 6	0,599 3	0,599 1	0,598 6	0,598 4	0,598 3
0,32	***	0,603 9	0,601 8	0,601 0	0,600 2	0,599 9	0,599 6	0,599 0	0,598 8	0,598 7
0,34	***	0,605 2	0,602 7	0,601 7	0,600 9	0,600 4	0,600 1	0,599 5	0,599 2	0,599 0
0,36	***	0,606 6	0,603 7	0,602 6	0,601 6	0,601 1	0,600 7	0,600 0	0,599 7	0,599 5
0,38	***	0,608 0	0,604 7	0,603 5	0,602 3	0,601 8	0,601 3	0,600 5	0,600 1	0,599 9
0,40	***	0,609 6	0,605 9	0,604 4	0,603 1	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 6	0,600 4
0,42	***	***	0,607 1	0,605 4	0,604 0	0,603 3	0,602 7	0,601 7	0,601 2	0,600 9
0,44	***	***	0,608 4	0,606 5	0,604 9	0,604 1	0,603 5	0,602 3	0,601 7	0,601 4
0,46	***	***	0,609 8	0,607 7	0,605 9	0,605 0	0,604 3	0,603 0	0,602 3	0,602 0
0,48	***	***	0,611 2	0,608 9	0,606 9	0,605 9	0,605 1	0,603 6	0,603 0	0,602 6
0,50	***	***	0,612 7	0,610 2	0,607 9	0,606 8	0,606 0	0,604 3	0,603 6	0,603 2
0,52	***	***	0,614 3	0,611 5	0,609 0	0,607 8	0,606 8	0,605 1	0,604 2	0,603 8
0,54	***	***	0,615 9	0,612 9	0,610 1	0,608 8	0,607 7	0,605 8	0,604 9	0,604 4
0,56	***	***	0,617 6	0,614 3	0,611 3	0,609 8	0,608 7	0,606 5	0,605 5	0,604 9
0,58	***	***	***	0,615 7	0,612 4	0,610 8	0,609 5	0,607 2	0,606 1	0,605 5
0,60	***	***	***	0,617 1	0,613 5	0,611 8	0,610 4	0,607 9	0,606 7	0,606 0
0,62	***	***	***	0,618 5	0,614 6	0,612 8	0,611 2	0,603 5	0,607 2	0,606 5
0,64	***	***	***	0,619 8	0,615 6	0,613 6	0,612 0	0,609 0	0,607 6	0,606 8
0,66	***	***	***	0,621 1	0,616 6	0,614 4	0,612 7	0,609 4	0,607 9	0,607 1
0,68	***	***	***	0,622 3	0,617 5	0,615 1	0,613 2	0,609 7	0,608 1	0,607 2
0,70	***	***	***	***	0,618 2	0,615 7	0,613 6	0,609 9	0,608 1	0,607 1
0,71	***	***	***	***	0,618 5	0,615 9	0,613 8	0,609 9	0,608 1	0,607 1
0,72	***	***	***	***	0,618 7	0,616 1	0,613 9	0,609 8	0,608 0	0,606 9
0,73	***	***	***	***	0,619 0	0,616 2	0,613 9	0,609 7	0,607 8	0,606 7
0,74	***	***	***	***	0,619 1	0,616 3	0,613 9	0,609 6	0,607 6	0,606 5
0,75	***	***	***	***	0,619 3	0,616 3	0,613 8	0,609 4	0,607 3	0,606 2

NOTE – Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 13 - Diaphragmes à prises de pression à D et $D/2$
Coefficient de débit α

β \ Re_D	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,600 1	0,599 0	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 4	0,597 4
0,22	0,601 3	0,599 9	0,599 1	0,598 7	0,598 4	0,598 3	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 8
0,24	0,602 7	0,601 0	0,599 9	0,599 5	0,599 1	0,599 0	0,598 8	0,598 6	0,598 4	0,598 4
0,26	0,604 3	0,602 2	0,600 9	0,600 4	0,600 0	0,599 7	0,599 6	0,599 3	0,599 1	0,599 0
0,28	0,606 2	0,603 6	0,602 1	0,601 5	0,600 9	0,600 7	0,600 5	0,600 1	0,599 9	0,599 8
0,30	***	0,605 2	0,603 4	0,602 7	0,602 1	0,601 8	0,601 5	0,601 1	0,600 8	0,600 7
0,32	***	0,607 1	0,605 0	0,604 1	0,603 4	0,603 0	0,602 7	0,602 2	0,602 0	0,601 8
0,34	***	0,609 3	0,606 8	0,605 8	0,604 9	0,604 5	0,604 2	0,603 5	0,603 3	0,603 1
0,36	***	0,611 7	0,608 8	0,607 7	0,606 7	0,606 2	0,605 8	0,605 1	0,604 8	0,604 6
0,38	***	0,614 5	0,611 1	0,609 8	0,608 7	0,608 1	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	***	0,617 6	0,613 8	0,612 3	0,611 0	0,610 4	0,609 9	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	***	***	0,616 8	0,615 1	0,613 6	0,612 9	0,612 3	0,611 3	0,610 8	0,610 5
0,44	***	***	0,620 1	0,618 2	0,616 6	0,615 8	0,615 1	0,613 9	0,613 4	0,613 0
0,46	***	***	0,623 9	0,621 8	0,619 9	0,619 0	0,618 3	0,616 9	0,616 3	0,615 9
0,48	***	***	0,628 1	0,625 8	0,623 7	0,622 6	0,621 8	0,620 3	0,619 6	0,619 2
0,50	***	***	0,632 8	0,630 2	0,627 9	0,626 7	0,625 8	0,624 2	0,623 4	0,623 0
0,52	***	***	0,638 1	0,635 2	0,632 6	0,631 3	0,630 3	0,628 5	0,627 6	0,627 1
0,54	***	***	0,643 9	0,640 7	0,637 9	0,636 5	0,635 4	0,633 3	0,632 4	0,631 8
0,56	***	***	0,650 4	0,646 9	0,643 7	0,642 2	0,641 0	0,638 7	0,637 7	0,637 1
0,58	***	***	***	0,653 8	0,650 3	0,648 6	0,647 3	0,644 8	0,643 6	0,643 0
0,60	***	***	***	0,661 4	0,657 6	0,655 8	0,654 3	0,651 5	0,650 3	0,649 6
0,62	***	***	***	0,670 0	0,665 8	0,663 8	0,662 1	0,659 1	0,657 7	0,656 9
0,64	***	***	***	0,679 4	0,674 8	0,672 7	0,670 9	0,667 6	0,666 0	0,665 2
0,66	***	***	***	0,690 0	0,685 0	0,682 6	0,680 6	0,677 0	0,675 4	0,674 4
0,68	***	***	***	0,701 9	0,696 4	0,693 7	0,691 6	0,687 7	0,685 8	0,684 8
0,70	***	***	***	***	0,709 1	0,706 3	0,703 9	0,699 6	0,697 6	0,696 5
0,71	***	***	***	***	0,716 1	0,713 1	0,710 7	0,706 2	0,704 1	0,702 9
0,72	***	***	***	***	0,723 6	0,720 4	0,717 8	0,713 1	0,710 9	0,709 7
0,73	***	***	***	***	0,731 5	0,728 2	0,725 5	0,720 6	0,718 3	0,717 0
0,74	***	***	***	***	0,739 9	0,736 5	0,733 7	0,728 5	0,726 1	0,724 8
0,75	***	***	***	***	0,749 0	0,745 4	0,742 4	0,737 0	0,734 5	0,733 1

NOTE - Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 14 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 50 \text{ mm}$
 Coefficient de décharge C

β \ Re_D	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,25	0,602 3	0,600 3	0,599 2	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0	0,597 7	0,597 6	0,597 5
0,26	0,602 9	0,600 8	0,599 5	0,599 0	0,598 6	0,598 4	0,598 2	0,597 9	0,597 7	0,597 6
0,28	0,604 3	0,601 7	0,600 2	0,599 6	0,599 0	0,598 8	0,598 6	0,598 2	0,598 0	0,597 9
0,30	...	0,602 8	0,600 9	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 0	0,598 6	0,598 4	0,598 3
0,32	...	0,603 9	0,601 7	0,600 9	0,600 2	0,599 8	0,599 5	0,599 0	0,598 8	0,598 6
0,34	...	0,605 1	0,602 6	0,601 7	0,600 8	0,600 4	0,600 1	0,599 4	0,599 2	0,599 0
0,36	...	0,606 5	0,603 8	0,602 5	0,601 5	0,601 0	0,600 6	0,599 9	0,599 6	0,599 4
0,38	...	0,608 0	0,604 7	0,603 4	0,602 2	0,601 7	0,601 3	0,600 4	0,600 1	0,599 8
0,40	0,605 8	0,604 3	0,603 0	0,602 4	0,601 9	0,601 0	0,600 6	0,600 3
0,42	0,607 0	0,605 4	0,603 9	0,603 2	0,602 6	0,601 6	0,601 1	0,600 8
0,44	0,608 3	0,606 4	0,604 8	0,604 0	0,603 4	0,602 2	0,601 6	0,601 3
0,46	0,609 6	0,607 6	0,605 7	0,604 9	0,604 1	0,602 8	0,602 2	0,601 9
0,48	0,611 1	0,608 8	0,606 7	0,605 8	0,605 0	0,603 5	0,602 8	0,602 4
0,50	0,612 6	0,610 0	0,607 8	0,606 7	0,605 8	0,604 2	0,603 4	0,603 0
0,52	0,614 1	0,611 3	0,608 8	0,607 6	0,606 7	0,604 9	0,604 1	0,603 6
0,54	0,615 7	0,612 7	0,609 9	0,608 6	0,607 5	0,605 6	0,604 7	0,604 2
0,56	0,617 4	0,614 0	0,611 0	0,609 6	0,608 4	0,606 3	0,605 3	0,604 7
0,58	0,615 4	0,612 1	0,610 6	0,609 3	0,607 0	0,605 9	0,605 3
0,60	0,616 8	0,613 2	0,611 5	0,610 1	0,607 6	0,606 4	0,605 7
0,62	0,618 2	0,614 3	0,612 4	0,610 9	0,608 2	0,606 9	0,606 2
0,64	0,619 5	0,615 3	0,613 3	0,611 7	0,608 7	0,607 3	0,606 5
0,65	0,620 1	0,615 8	0,613 7	0,612 0	0,608 9	0,607 4	0,606 6
0,66	0,620 8	0,616 2	0,614 1	0,612 3	0,609 1	0,607 6	0,606 7
0,67	0,621 4	0,616 7	0,614 4	0,612 6	0,609 2	0,607 6	0,606 8
0,68	0,621 9	0,617 1	0,614 7	0,612 8	0,609 3	0,607 7	0,606 8
0,69	0,622 5	0,617 4	0,615 0	0,613 0	0,609 4	0,607 7	0,606 8
0,70	0,617 7	0,615 2	0,613 2	0,609 4	0,607 7	0,606 7
0,71	0,618 0	0,615 4	0,613 3	0,609 4	0,607 6	0,606 6
0,72	0,618 3	0,615 6	0,613 4	0,609 4	0,607 5	0,606 4
0,73	0,618 5	0,615 7	0,613 4	0,609 2	0,607 3	0,606 2
0,74	0,618 6	0,615 7	0,613 4	0,609 1	0,607 1	0,605 9
0,75	0,618 7	0,615 7	0,613 3	0,608 8	0,606 8	0,605 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 15 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 50 \text{ mm}$
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,25	0,603 5	0,601 5	0,600 4	0,599 9	0,599 5	0,599 3	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 7
0,26	0,604 3	0,602 2	0,600 9	0,600 4	0,599 9	0,599 7	0,599 6	0,599 2	0,599 1	0,599 0
0,28	0,606 2	0,603 6	0,602 0	0,601 4	0,600 9	0,600 6	0,600 4	0,600 1	0,599 9	0,599 8
0,30	...	0,605 2	0,603 4	0,602 7	0,602 0	0,601 7	0,601 5	0,601 0	0,600 8	0,600 7
0,32	...	0,607 1	0,604 9	0,604 1	0,603 3	0,603 0	0,602 7	0,602 2	0,601 9	0,601 8
0,34	...	0,609 2	0,606 7	0,605 7	0,604 9	0,604 4	0,604 1	0,603 5	0,603 2	0,603 0
0,36	...	0,611 7	0,608 7	0,607 6	0,606 6	0,606 1	0,605 7	0,605 0	0,604 7	0,604 5
0,38	...	0,614 4	0,611 1	0,609 8	0,608 6	0,608 1	0,607 6	0,606 8	0,606 4	0,606 2
0,40	0,613 7	0,612 2	0,610 9	0,610 3	0,609 8	0,608 8	0,608 4	0,608 2
0,42	0,616 7	0,615 0	0,613 5	0,612 8	0,612 2	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,620 0	0,618 1	0,616 5	0,615 7	0,615 0	0,613 8	0,613 2	0,612 9
0,46	0,623 8	0,621 7	0,619 8	0,618 9	0,618 1	0,616 8	0,616 2	0,615 8
0,48	0,628 0	0,625 6	0,623 5	0,622 5	0,621 7	0,620 2	0,619 5	0,619 1
0,50	0,632 6	0,630 0	0,627 7	0,626 6	0,625 7	0,624 0	0,623 2	0,622 8
0,52	0,637 9	0,635 0	0,632 4	0,631 2	0,630 1	0,628 3	0,627 4	0,626 9
0,54	0,643 7	0,640 5	0,637 6	0,636 3	0,635 2	0,633 1	0,632 1	0,631 6
0,56	0,650 2	0,646 7	0,643 5	0,642 0	0,640 8	0,638 5	0,637 4	0,636 8
0,58	0,653 5	0,650 0	0,648 4	0,647 0	0,644 5	0,643 4	0,642 7
0,60	0,661 1	0,657 3	0,655 5	0,654 0	0,651 3	0,650 0	0,649 3
0,62	0,669 6	0,665 4	0,663 4	0,661 8	0,658 8	0,657 4	0,656 6
0,64	0,679 1	0,674 5	0,672 3	0,670 5	0,667 2	0,665 7	0,664 8
0,65	0,684 2	0,679 4	0,677 1	0,675 2	0,671 8	0,670 2	0,669 3
0,66	0,689 6	0,684 6	0,682 2	0,680 2	0,676 6	0,675 0	0,674 0
0,67	0,695 4	0,690 1	0,687 6	0,685 5	0,681 8	0,680 0	0,679 0
0,68	0,701 4	0,695 9	0,693 3	0,691 1	0,687 2	0,685 4	0,684 3
0,69	0,707 9	0,702 1	0,699 3	0,697 1	0,693 0	0,691 1	0,690 0
0,70	0,708 6	0,705 8	0,703 4	0,699 1	0,697 1	0,696 0
0,71	0,715 6	0,712 6	0,710 1	0,705 6	0,703 5	0,702 4
0,72	0,723 0	0,719 9	0,717 3	0,712 6	0,710 4	0,709 2
0,73	0,730 9	0,727 6	0,724 9	0,720 0	0,717 7	0,716 4
0,74	0,739 3	0,735 9	0,733 1	0,727 9	0,725 5	0,724 2
0,75	0,748 3	0,744 7	0,741 8	0,736 4	0,733 9	0,732 5

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 16 – Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 75 \text{ mm}$
 Coefficient de décharge C

β \ Re_D	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,599 7	0,598 6	0,597 9	0,597 6	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 0	0,597 0	0,596 9
0,22	0,600 6	0,599 2	0,598 4	0,598 1	0,597 8	0,597 6	0,597 5	0,597 3	0,597 2	0,597 2
0,24	...	0,600 0	0,598 9	0,598 5	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,26	...	0,600 8	0,599 6	0,599 1	0,598 6	0,598 4	0,598 2	0,597 9	0,597 8	0,597 7
0,28	...	0,601 8	0,600 2	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0
0,30	...	0,602 8	0,601 0	0,600 3	0,599 7	0,599 4	0,599 1	0,598 7	0,598 5	0,598 3
0,32	...	0,604 0	0,601 8	0,601 0	0,600 3	0,599 9	0,599 6	0,599 1	0,598 8	0,598 7
0,34	0,602 7	0,601 8	0,600 9	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,603 7	0,602 6	0,601 6	0,601 1	0,600 8	0,600 0	0,599 7	0,599 5
0,38	0,604 8	0,603 5	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,605 9	0,604 5	0,603 2	0,602 6	0,602 1	0,601 1	0,600 7	0,600 5
0,42	0,607 1	0,605 5	0,604 0	0,603 3	0,602 8	0,601 7	0,601 2	0,601 0
0,44	0,608 4	0,606 6	0,604 9	0,604 2	0,603 5	0,602 3	0,601 8	0,601 5
0,46	0,609 8	0,607 7	0,605 9	0,605 0	0,604 3	0,603 0	0,602 4	0,602 0
0,48	0,608 9	0,606 9	0,605 9	0,605 1	0,603 6	0,603 0	0,602 6
0,50	0,610 2	0,607 9	0,606 8	0,605 9	0,604 3	0,603 6	0,603 2
0,52	0,611 5	0,609 0	0,607 8	0,606 8	0,605 0	0,604 2	0,603 7
0,54	0,612 8	0,610 0	0,608 7	0,607 7	0,605 7	0,604 8	0,604 3
0,56	0,614 1	0,611 1	0,609 7	0,608 5	0,606 4	0,605 4	0,604 8
0,58	0,612 2	0,610 6	0,609 3	0,607 0	0,605 9	0,605 3
0,60	0,613 2	0,611 5	0,610 1	0,607 6	0,606 4	0,605 7
0,62	0,614 2	0,612 3	0,610 8	0,608 0	0,606 8	0,606 0
0,64	0,615 1	0,613 1	0,611 4	0,608 4	0,607 0	0,606 3
0,65	0,615 5	0,613 4	0,611 7	0,608 6	0,607 1	0,606 3
0,66	0,615 9	0,613 7	0,611 9	0,608 7	0,607 2	0,606 4
0,67	0,616 2	0,614 0	0,612 1	0,608 8	0,607 2	0,606 3
0,68	0,616 5	0,614 2	0,612 3	0,608 8	0,607 2	0,606 3
0,69	0,616 8	0,614 4	0,612 4	0,608 8	0,607 1	0,606 1
0,70	0,617 0	0,614 5	0,612 4	0,608 7	0,606 9	0,606 0
0,71	0,617 2	0,614 6	0,612 4	0,608 6	0,606 7	0,605 7
0,72	0,617 3	0,614 6	0,612 4	0,608 4	0,606 5	0,605 4
0,73	0,614 5	0,612 2	0,608 1	0,606 1	0,605 1
0,74	0,614 4	0,612 0	0,607 7	0,605 7	0,604 6
0,75	0,614 2	0,611 8	0,607 3	0,605 2	0,604 1

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 17 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 75 \text{ mm}$
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	5×10^3	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,600 2	0,599 0	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 4	0,597 4
0,22	0,601 4	0,599 9	0,599 1	0,598 8	0,598 5	0,598 3	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 9
0,24	...	0,601 0	0,599 9	0,599 5	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 4
0,26	...	0,602 2	0,600 9	0,600 4	0,600 0	0,599 8	0,599 6	0,599 3	0,599 1	0,599 1
0,28	...	0,603 6	0,602 1	0,601 5	0,601 0	0,600 7	0,600 5	0,600 1	0,600 0	0,599 9
0,30	...	0,605 3	0,603 5	0,602 7	0,602 1	0,601 8	0,601 6	0,601 1	0,600 9	0,600 8
0,32	...	0,607 2	0,605 0	0,604 2	0,603 4	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 0	0,601 9
0,34	0,606 8	0,605 8	0,605 0	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 1
0,36	0,608 9	0,607 7	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 1	0,604 8	0,604 6
0,38	0,611 2	0,609 9	0,608 8	0,608 2	0,607 8	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,613 8	0,612 4	0,611 1	0,610 4	0,609 9	0,609 0	0,608 5	0,608 3
0,42	0,616 8	0,615 1	0,613 7	0,612 9	0,612 4	0,611 3	0,610 8	0,610 5
0,44	0,620 2	0,618 3	0,616 6	0,615 8	0,615 2	0,614 0	0,613 4	0,613 1
0,46	0,623 9	0,621 8	0,619 9	0,619 0	0,618 3	0,617 0	0,616 3	0,616 0
0,48	0,625 8	0,623 7	0,622 7	0,621 8	0,620 3	0,619 6	0,619 3
0,50	0,630 2	0,627 8	0,626 7	0,625 8	0,624 1	0,623 4	0,622 9
0,52	0,635 1	0,632 5	0,631 3	0,630 3	0,628 4	0,627 6	0,627 1
0,54	0,640 6	0,637 8	0,636 4	0,635 3	0,633 2	0,632 3	0,631 7
0,56	0,646 7	0,643 6	0,642 1	0,640 8	0,638 6	0,637 5	0,636 9
0,58	0,650 1	0,648 4	0,647 0	0,644 5	0,643 4	0,642 7
0,60	0,657 3	0,655 4	0,653 9	0,651 2	0,649 9	0,649 2
0,62	0,665 3	0,663 3	0,661 7	0,658 7	0,657 3	0,656 5
0,64	0,674 2	0,672 0	0,670 2	0,667 0	0,665 4	0,664 6
0,65	0,679 1	0,676 8	0,674 9	0,671 5	0,669 9	0,669 0
0,66	0,684 2	0,681 8	0,679 8	0,676 2	0,674 6	0,673 6
0,67	0,689 6	0,687 1	0,685 0	0,681 3	0,679 5	0,678 5
0,68	0,695 3	0,692 7	0,690 5	0,686 6	0,684 8	0,683 8
0,69	0,701 4	0,698 6	0,696 4	0,692 3	0,690 4	0,689 3
0,70	0,707 8	0,704 9	0,702 6	0,698 3	0,696 3	0,695 1
0,71	0,714 6	0,711 6	0,709 1	0,704 6	0,702 5	0,701 4
0,72	0,721 8	0,718 7	0,716 1	0,711 4	0,709 2	0,708 0
0,73	0,726 2	0,723 5	0,718 6	0,716 3	0,715 0
0,74	0,734 3	0,731 5	0,726 3	0,723 9	0,722 6
0,75	0,742 9	0,739 9	0,734 5	0,732 0	0,730 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 18 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 100$ mm
 Coefficient de décharge C

β \ Re_D	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,598 6	0,597 9	0,597 6	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,596 9
0,22	0,599 2	0,598 4	0,598 1	0,597 8	0,597 6	0,597 5	0,597 3	0,597 2	0,597 2
0,24	0,600 0	0,599 0	0,598 5	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,26	0,600 9	0,599 6	0,599 1	0,598 6	0,598 4	0,598 3	0,597 9	0,597 8	0,597 7
0,28	0,601 8	0,600 3	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0
0,30	...	0,601 0	0,600 3	0,599 7	0,599 4	0,599 1	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	...	0,601 9	0,601 0	0,600 3	0,599 9	0,599 6	0,599 1	0,598 9	0,598 7
0,34	...	0,602 8	0,601 8	0,600 9	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	...	0,603 7	0,602 6	0,601 6	0,601 1	0,600 8	0,600 0	0,599 7	0,599 5
0,38	...	0,604 8	0,603 5	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,604 5	0,603 2	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 7	0,600 4
0,42	0,605 5	0,604 0	0,603 3	0,602 7	0,601 7	0,601 2	0,600 9
0,44	0,606 5	0,604 9	0,604 1	0,603 5	0,602 3	0,601 7	0,601 4
0,46	0,607 7	0,605 8	0,604 9	0,604 2	0,602 9	0,602 3	0,602 0
0,48	0,608 8	0,606 8	0,605 8	0,605 0	0,603 5	0,602 9	0,602 5
0,50	0,607 8	0,606 7	0,605 8	0,604 2	0,603 4	0,603 0
0,52	0,608 8	0,607 6	0,606 6	0,604 8	0,604 0	0,603 5
0,54	0,609 8	0,608 5	0,607 4	0,605 4	0,604 5	0,604 0
0,56	0,610 8	0,609 3	0,608 2	0,606 0	0,605 0	0,604 5
0,58	0,611 8	0,610 2	0,608 9	0,606 6	0,605 5	0,604 9
0,60	0,612 7	0,611 0	0,609 6	0,607 0	0,605 8	0,605 2
0,62	0,613 5	0,611 7	0,610 2	0,607 4	0,606 1	0,605 4
0,64	0,612 3	0,610 7	0,607 7	0,606 3	0,605 5
0,65	0,612 5	0,610 8	0,607 7	0,606 3	0,605 5
0,66	0,612 7	0,611 0	0,607 7	0,606 2	0,605 4
0,67	0,612 9	0,611 1	0,607 7	0,606 1	0,605 3
0,68	0,613 0	0,611 1	0,607 6	0,606 0	0,605 1
0,69	0,613 1	0,611 1	0,607 5	0,605 8	0,604 9
0,70	0,613 1	0,611 0	0,607 3	0,605 5	0,604 5
0,71	0,613 0	0,610 9	0,607 0	0,605 2	0,604 2
0,72	0,612 8	0,610 6	0,606 6	0,604 7	0,603 7
0,73	0,612 6	0,610 3	0,606 2	0,604 2	0,603 1
0,74	0,612 3	0,609 9	0,605 6	0,603 6	0,602 5
0,75	0,609 4	0,605 0	0,602 9	0,601 8

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 19 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 100 \text{ mm}$
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,599 1	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 5	0,597 4
0,22	0,599 9	0,599 1	0,598 8	0,598 5	0,598 3	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 9
0,24	0,601 0	0,599 9	0,599 5	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 4
0,26	0,602 2	0,600 9	0,600 5	0,600 0	0,599 8	0,599 6	0,599 3	0,599 2	0,599 1
0,28	0,603 7	0,602 1	0,601 5	0,601 0	0,600 7	0,600 5	0,600 1	0,600 0	0,599 9
0,30	...	0,603 5	0,602 8	0,602 1	0,601 8	0,601 6	0,601 1	0,600 9	0,600 8
0,32	...	0,605 0	0,604 2	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 0	0,601 9
0,34	...	0,606 8	0,605 9	0,605 0	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	...	0,608 9	0,607 7	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 1	0,604 8	0,604 6
0,38	...	0,611 2	0,609 9	0,608 7	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,612 3	0,611 0	0,610 4	0,609 9	0,609 0	0,608 5	0,608 3
0,42	0,615 1	0,613 6	0,612 9	0,612 3	0,611 3	0,610 8	0,610 5
0,44	0,618 2	0,616 6	0,615 8	0,615 1	0,613 9	0,613 3	0,613 0
0,46	0,621 7	0,619 8	0,619 0	0,618 2	0,616 9	0,616 2	0,615 9
0,48	0,625 7	0,623 6	0,622 5	0,621 7	0,620 2	0,619 5	0,619 1
0,50	0,627 7	0,626 6	0,625 7	0,624 0	0,623 2	0,622 8
0,52	0,632 3	0,631 1	0,630 1	0,628 2	0,627 4	0,626 9
0,54	0,637 5	0,636 1	0,635 0	0,632 9	0,632 0	0,631 5
0,56	0,643 2	0,641 7	0,640 5	0,638 2	0,637 2	0,636 6
0,58	0,649 6	0,648 0	0,646 6	0,644 1	0,642 9	0,642 3
0,60	0,656 7	0,654 9	0,653 4	0,650 7	0,649 4	0,648 7
0,62	0,664 6	0,662 6	0,661 0	0,658 0	0,656 6	0,655 8
0,64	0,671 2	0,669 4	0,666 1	0,664 6	0,663 7
0,65	0,675 8	0,673 9	0,670 5	0,668 9	0,668 0
0,66	0,680 7	0,678 8	0,675 2	0,673 5	0,672 5
0,67	0,685 9	0,683 8	0,680 1	0,678 3	0,677 4
0,68	0,691 4	0,689 2	0,685 3	0,683 5	0,682 4
0,69	0,697 2	0,694 9	0,690 8	0,688 9	0,687 8
0,70	0,703 3	0,700 9	0,696 6	0,694 6	0,693 5
0,71	0,709 8	0,707 3	0,702 8	0,700 7	0,699 5
0,72	0,716 7	0,714 1	0,709 4	0,707 2	0,706 0
0,73	0,724 0	0,721 3	0,716 4	0,714 1	0,712 8
0,74	0,731 8	0,728 9	0,723 8	0,721 4	0,720 1
0,75	0,737 1	0,731 7	0,729 2	0,727 8

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 20 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 150$ mm
 Coefficient de décharge C

$\beta \backslash Re_D$	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,598 6	0,597 9	0,597 7	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,596 9
0,22	0,599 3	0,598 4	0,598 1	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 3	0,597 2	0,597 2
0,24	...	0,599 0	0,598 6	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,26	...	0,599 6	0,599 1	0,598 7	0,598 4	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 7
0,28	...	0,600 3	0,599 7	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0
0,30	...	0,601 0	0,600 3	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	...	0,601 9	0,601 0	0,600 3	0,599 9	0,599 6	0,599 1	0,598 9	0,598 7
0,34	0,601 8	0,600 9	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,602 6	0,601 6	0,601 2	0,600 8	0,600 0	0,599 7	0,599 5
0,38	0,603 5	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,603 1	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 7	0,600 4
0,42	0,604 0	0,603 3	0,602 7	0,601 7	0,601 2	0,600 9
0,44	0,604 8	0,604 0	0,603 4	0,602 2	0,601 7	0,601 4
0,46	0,605 7	0,604 9	0,604 1	0,602 8	0,602 2	0,601 9
0,48	0,606 7	0,605 7	0,604 9	0,603 4	0,602 7	0,602 4
0,50	0,607 6	0,606 5	0,605 6	0,604 0	0,603 3	0,602 9
0,52	0,607 4	0,606 4	0,604 6	0,603 8	0,603 3
0,54	0,608 2	0,607 1	0,605 2	0,604 3	0,603 8
0,56	0,609 0	0,607 8	0,605 7	0,604 7	0,604 1
0,58	0,609 8	0,608 5	0,606 1	0,605 1	0,604 4
0,60	0,610 5	0,609 1	0,606 5	0,605 3	0,604 7
0,62	0,609 5	0,606 8	0,605 5	0,604 8
0,64	0,609 9	0,606 9	0,605 5	0,604 7
0,65	0,610 0	0,606 8	0,605 4	0,604 6
0,66	0,610 0	0,606 8	0,605 3	0,604 4
0,67	0,610 0	0,606 6	0,605 1	0,604 2
0,68	0,609 9	0,606 4	0,604 8	0,603 9
0,69	0,609 8	0,606 2	0,604 5	0,603 6
0,70	0,609 6	0,605 8	0,604 1	0,603 1
0,71	0,609 3	0,605 4	0,603 6	0,602 6
0,72	0,608 9	0,604 9	0,603 0	0,602 0
0,73	0,604 3	0,602 3	0,601 2
0,74	0,603 5	0,601 5	0,600 4
0,75	0,602 7	0,600 6	0,599 4

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 21 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 150 \text{ mm}$
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,599 1	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 5	0,597 4
0,22	0,600 0	0,599 1	0,598 8	0,598 5	0,598 4	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 9
0,24	...	0,600 0	0,599 6	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 4
0,26	...	0,601 0	0,600 5	0,600 0	0,599 8	0,599 6	0,599 3	0,599 2	0,599 1
0,28	...	0,602 1	0,601 5	0,601 0	0,600 7	0,600 5	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	...	0,603 5	0,602 8	0,602 1	0,601 8	0,601 6	0,601 1	0,600 9	0,600 8
0,32	...	0,605 0	0,604 2	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 0	0,601 9
0,34	0,605 9	0,605 0	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,607 7	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,609 9	0,608 7	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,611 0	0,610 4	0,609 9	0,608 9	0,608 5	0,608 3
0,42	0,613 6	0,612 9	0,612 3	0,611 2	0,610 7	0,610 5
0,44	0,616 5	0,615 7	0,615 0	0,613 8	0,613 3	0,613 0
0,46	0,619 8	0,618 9	0,618 1	0,616 8	0,616 2	0,615 8
0,48	0,623 4	0,622 4	0,621 6	0,620 1	0,619 4	0,619 0
0,50	0,627 5	0,626 4	0,625 5	0,623 8	0,623 1	0,622 6
0,52	0,630 9	0,629 9	0,628 0	0,627 1	0,626 7
0,54	0,635 8	0,634 7	0,632 7	0,631 7	0,631 2
0,56	0,641 4	0,640 1	0,637 9	0,636 8	0,636 2
0,58	0,647 5	0,646 2	0,643 7	0,642 5	0,641 9
0,60	0,654 3	0,652 8	0,650 1	0,648 8	0,648 1
0,62	0,660 3	0,657 3	0,655 9	0,655 1
0,64	0,668 5	0,665 2	0,663 7	0,662 8
0,65	0,673 0	0,669 5	0,667 9	0,667 0
0,66	0,677 7	0,674 1	0,672 4	0,671 5
0,67	0,682 7	0,678 9	0,677 1	0,676 2
0,68	0,687 9	0,684 0	0,682 1	0,681 1
0,69	0,693 4	0,689 3	0,687 4	0,686 3
0,70	0,699 3	0,695 0	0,693 0	0,691 9
0,71	0,705 5	0,701 0	0,698 9	0,697 7
0,72	0,712 1	0,707 3	0,705 2	0,703 9
0,73	0,714 1	0,711 8	0,710 5
0,74	0,721 3	0,718 9	0,717 5
0,75	0,728 9	0,726 4	0,725 0

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 22 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 200$ mm
 Coefficient de décharge C

$\beta \backslash Re_D$	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,597 9	0,597 7	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,597 0
0,22	0,598 4	0,598 1	0,597 8	0,597 7	0,597 5	0,597 3	0,597 2	0,597 2
0,24	0,599 0	0,598 6	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,26	0,599 6	0,599 1	0,598 7	0,598 5	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 7
0,28	0,600 3	0,599 7	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0
0,30	...	0,600 3	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	...	0,601 0	0,600 3	0,599 9	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 7
0,34	...	0,601 8	0,600 9	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,601 6	0,601 2	0,600 8	0,600 1	0,599 7	0,599 5
0,38	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,603 1	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 7	0,600 4
0,42	0,604 0	0,603 3	0,602 7	0,601 6	0,601 1	0,600 9
0,44	0,604 8	0,604 0	0,603 4	0,602 2	0,601 7	0,601 4
0,46	0,604 8	0,604 1	0,602 8	0,602 2	0,601 8
0,48	0,605 6	0,604 8	0,603 4	0,602 7	0,602 3
0,50	0,606 5	0,605 6	0,604 0	0,603 2	0,602 8
0,52	0,607 3	0,606 3	0,604 5	0,603 7	0,603 2
0,54	0,607 0	0,605 0	0,604 1	0,603 6
0,56	0,607 7	0,605 5	0,604 5	0,604 0
0,58	0,608 3	0,605 9	0,604 8	0,604 2
0,60	0,608 8	0,606 3	0,605 1	0,604 4
0,62	0,609 2	0,606 4	0,605 2	0,604 4
0,64	0,606 5	0,605 1	0,604 3
0,65	0,606 4	0,605 0	0,604 1
0,66	0,606 3	0,604 8	0,603 9
0,67	0,606 1	0,604 5	0,603 7
0,68	0,605 9	0,604 2	0,603 3
0,69	0,605 5	0,603 9	0,602 9
0,70	0,605 1	0,603 4	0,602 4
0,71	0,604 6	0,602 8	0,601 8
0,72	0,604 0	0,602 1	0,601 1
0,73	0,603 3	0,601 4	0,600 3
0,74	0,602 5	0,600 5	0,599 3
0,75	0,601 5	0,599 4	0,598 3

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 23 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 200$ mm
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,22	0,599 1	0,598 8	0,598 5	0,598 4	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 9
0,24	0,600 0	0,599 6	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 4
0,26	0,601 0	0,600 5	0,600 0	0,599 8	0,599 7	0,599 3	0,599 2	0,599 1
0,28	0,602 1	0,601 5	0,601 0	0,600 8	0,600 5	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	...	0,602 8	0,602 2	0,601 8	0,601 6	0,601 1	0,600 9	0,600 8
0,32	...	0,604 2	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 0	0,601 9
0,34	...	0,605 9	0,605 0	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,608 7	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,611 0	0,610 4	0,609 9	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	0,613 6	0,612 9	0,612 3	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,616 5	0,615 7	0,615 0	0,613 8	0,613 3	0,612 9
0,46	0,618 8	0,618 1	0,616 8	0,616 1	0,615 8
0,48	0,622 4	0,621 6	0,620 1	0,619 4	0,619 0
0,50	0,626 3	0,625 4	0,623 8	0,623 0	0,622 5
0,52	0,630 8	0,629 8	0,627 9	0,627 0	0,626 6
0,54	0,634 6	0,632 5	0,631 6	0,631 0
0,56	0,640 0	0,637 7	0,636 6	0,636 1
0,58	0,645 9	0,643 4	0,642 3	0,641 6
0,60	0,652 6	0,649 8	0,648 6	0,647 8
0,62	0,659 9	0,656 9	0,655 5	0,654 7
0,64	0,664 8	0,663 3	0,662 4
0,65	0,669 1	0,667 5	0,666 6
0,66	0,673 6	0,671 9	0,670 9
0,67	0,678 3	0,676 5	0,675 6
0,68	0,683 3	0,681 5	0,680 4
0,69	0,688 6	0,686 7	0,685 6
0,70	0,694 2	0,692 2	0,691 0
0,71	0,700 1	0,698 0	0,696 8
0,72	0,706 3	0,704 1	0,702 9
0,73	0,713 0	0,710 7	0,709 4
0,74	0,720 0	0,717 6	0,716 3
0,75	0,727 5	0,725 0	0,723 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 24 – Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 250$ mm
 Coefficient de décharge C

β \ Re_D	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,597 9	0,597 7	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,597 0
0,22	0,598 4	0,598 1	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 3	0,597 2	0,597 2
0,24	0,599 0	0,598 6	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 5
0,26	...	0,599 1	0,598 7	0,598 5	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 7
0,28	...	0,599 7	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 1	0,598 0
0,30	...	0,600 3	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	0,600 3	0,599 9	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 7
0,34	0,600 9	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,601 6	0,601 2	0,600 8	0,600 1	0,599 7	0,599 5
0,38	0,602 4	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,602 5	0,602 0	0,601 1	0,600 6	0,600 4
0,42	0,603 2	0,602 7	0,601 6	0,601 1	0,600 9
0,44	0,604 0	0,603 4	0,602 2	0,601 6	0,601 3
0,46	0,604 8	0,604 1	0,602 8	0,602 2	0,601 8
0,48	0,604 8	0,603 3	0,602 7	0,602 3
0,50	0,605 5	0,603 9	0,603 2	0,602 7
0,52	0,606 2	0,604 5	0,603 6	0,603 2
0,54	0,606 9	0,605 0	0,604 1	0,603 5
0,56	0,607 6	0,605 4	0,604 4	0,603 9
0,58	0,605 8	0,604 7	0,604 1
0,60	0,606 1	0,604 9	0,604 2
0,62	0,606 3	0,605 0	0,604 2
0,64	0,606 2	0,604 8	0,604 1
0,65	0,606 1	0,604 7	0,603 9
0,66	0,606 0	0,604 5	0,603 7
0,67	0,605 8	0,604 2	0,603 4
0,68	0,605 5	0,603 9	0,603 0
0,69	0,605 1	0,603 5	0,602 5
0,70	0,604 7	0,602 9	0,602 0
0,71	0,604 1	0,602 3	0,601 3
0,72	0,603 5	0,601 6	0,600 6
0,73	0,602 7	0,600 8	0,599 7
0,74	0,601 8	0,599 8	0,598 7
0,75	0,600 8	0,598 7	0,597 6

NOTE – Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 25 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 250$ mm
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,598 4	0,598 1	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,22	0,599 1	0,598 8	0,598 5	0,598 4	0,598 3	0,598 0	0,597 9	0,597 9
0,24	0,600 0	0,599 6	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 4
0,26	...	0,600 5	0,600 0	0,599 8	0,599 7	0,599 3	0,599 2	0,599 1
0,28	...	0,601 5	0,601 0	0,600 8	0,600 6	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	...	0,602 8	0,602 2	0,601 9	0,601 6	0,601 2	0,600 9	0,600 8
0,32	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 0	0,601 9
0,34	0,605 0	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,606 7	0,606 3	0,605 9	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,608 7	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,610 4	0,609 9	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	0,612 9	0,612 3	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,615 7	0,615 0	0,613 8	0,613 2	0,612 9
0,46	0,618 8	0,618 1	0,616 7	0,616 1	0,615 8
0,48	0,621 5	0,620 0	0,619 3	0,618 9
0,50	0,625 4	0,623 7	0,622 9	0,622 5
0,52	0,629 7	0,627 8	0,627 0	0,626 5
0,54	0,634 5	0,632 5	0,631 5	0,631 0
0,56	0,639 9	0,637 6	0,636 5	0,636 0
0,58	0,643 3	0,642 1	0,641 5
0,60	0,649 7	0,648 4	0,647 7
0,62	0,656 7	0,655 3	0,654 5
0,64	0,664 5	0,663 0	0,662 2
0,65	0,668 8	0,667 2	0,666 3
0,66	0,673 2	0,671 6	0,670 6
0,67	0,677 9	0,676 2	0,675 2
0,68	0,682 9	0,681 1	0,680 0
0,69	0,688 1	0,686 2	0,685 2
0,70	0,693 7	0,691 7	0,690 6
0,71	0,699 5	0,697 4	0,696 3
0,72	0,705 7	0,703 5	0,702 3
0,73	0,712 3	0,710 0	0,708 7
0,74	0,719 3	0,716 9	0,715 5
0,75	0,726 7	0,724 2	0,722 8

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 26 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 375 \text{ mm}$
 Coefficient de décharge C

$\beta \backslash Re_D$	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,597 9	0,597 7	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,597 0
0,22	...	0,598 1	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 3	0,597 3	0,597 2
0,24	...	0,598 6	0,598 2	0,598 0	0,597 9	0,597 6	0,597 5	0,597 5
0,26	0,598 7	0,598 5	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 7
0,28	0,599 2	0,598 9	0,598 7	0,598 3	0,598 2	0,598 1
0,30	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	0,600 3	0,600 0	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 8
0,34	0,600 5	0,600 2	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,601 2	0,600 8	0,600 1	0,599 7	0,599 5
0,38	0,601 8	0,601 4	0,600 6	0,600 2	0,600 0
0,40	0,602 0	0,601 1	0,600 6	0,600 4
0,42	0,602 7	0,601 6	0,601 1	0,600 9
0,44	0,603 3	0,602 2	0,601 6	0,601 3
0,46	0,604 0	0,602 7	0,602 1	0,601 8
0,48	0,603 3	0,602 6	0,602 2
0,50	0,603 8	0,603 1	0,602 7
0,52	0,604 4	0,603 5	0,603 1
0,54	0,604 9	0,604 0	0,603 4
0,56	0,605 3	0,604 3	0,603 7
0,58	0,605 6	0,604 6	0,603 9
0,60	0,605 9	0,604 7	0,604 0
0,62	0,606 0	0,604 7	0,604 0
0,64	0,605 9	0,604 5	0,603 7
0,65	0,605 8	0,604 3	0,603 5
0,66	0,605 6	0,604 1	0,603 3
0,67	0,605 4	0,603 8	0,602 9
0,68	0,605 0	0,603 4	0,602 5
0,69	0,604 6	0,602 9	0,602 0
0,70	0,604 1	0,602 4	0,601 4
0,71	0,603 5	0,601 7	0,600 7
0,72	0,602 8	0,600 9	0,599 9
0,73	0,602 0	0,600 0	0,598 9
0,74	0,601 0	0,599 0	0,597 9
0,75	0,599 9	0,597 8	0,596 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 27 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 375$ mm
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,598 4	0,598 2	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,22	...	0,598 8	0,598 5	0,598 4	0,598 3	0,598 1	0,598 0	0,597 9
0,24	...	0,599 6	0,599 2	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 5
0,26	0,600 0	0,599 8	0,599 7	0,599 3	0,599 2	0,599 1
0,28	0,601 0	0,600 8	0,600 6	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	0,602 2	0,601 9	0,601 6	0,601 2	0,600 9	0,600 8
0,32	0,603 5	0,603 1	0,602 8	0,602 3	0,602 1	0,601 9
0,34	0,604 6	0,604 2	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,606 3	0,605 9	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,608 2	0,607 7	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,609 9	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	0,612 3	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,615 0	0,613 8	0,613 2	0,612 9
0,46	0,618 0	0,616 7	0,616 1	0,615 7
0,48	0,620 0	0,619 3	0,618 9
0,50	0,623 6	0,622 9	0,622 4
0,52	0,627 8	0,626 9	0,626 4
0,54	0,632 3	0,631 4	0,630 9
0,56	0,637 5	0,636 4	0,635 8
0,58	0,643 1	0,642 0	0,641 3
0,60	0,649 4	0,648 2	0,647 5
0,62	0,656 4	0,655 0	0,654 3
0,64	0,664 2	0,662 7	0,661 8
0,65	0,668 4	0,666 8	0,665 9
0,66	0,672 8	0,671 1	0,670 2
0,67	0,677 5	0,675 7	0,674 7
0,68	0,682 4	0,680 5	0,679 5
0,69	0,687 6	0,685 6	0,684 6
0,70	0,693 0	0,691 0	0,689 9
0,71	0,698 8	0,696 7	0,695 5
0,72	0,704 9	0,702 7	0,701 5
0,73	0,711 4	0,709 1	0,707 8
0,74	0,718 3	0,715 9	0,714 5
0,75	0,725 5	0,723 0	0,721 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 28 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
 $D = 760$ mm
 Coefficient de décharge C

β \ Re_D	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,597 4	0,597 3	0,597 2	0,597 1	0,597 0	0,597 0
0,22	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 4	0,597 3	0,597 2
0,24	...	0,598 1	0,597 9	0,597 7	0,597 5	0,597 5
0,26	...	0,598 5	0,598 3	0,598 0	0,597 8	0,597 8
0,28	0,598 7	0,598 3	0,598 2	0,598 1
0,30	0,599 2	0,598 7	0,598 5	0,598 4
0,32	0,599 7	0,599 1	0,598 9	0,598 8
0,34	0,599 6	0,599 3	0,599 1
0,36	0,600 1	0,599 7	0,599 5
0,38	0,600 5	0,600 2	0,600 0
0,40	0,601 1	0,600 6	0,600 4
0,42	0,601 6	0,601 1	0,600 8
0,44	0,602 1	0,601 6	0,601 3
0,46	0,602 7	0,602 1	0,601 7
0,48	0,603 2	0,602 6	0,602 2
0,50	0,603 8	0,603 0	0,602 6
0,52	0,604 3	0,603 5	0,603 0
0,54	0,604 8	0,603 8	0,603 3
0,56	0,604 2	0,603 6
0,58	0,604 4	0,603 8
0,60	0,604 5	0,603 8
0,62	0,604 4	0,603 7
0,64	0,604 2	0,603 4
0,65	0,604 0	0,603 2
0,66	0,603 7	0,602 9
0,67	0,603 4	0,602 5
0,68	0,602 9	0,602 0
0,69	0,602 4	0,601 5
0,70	0,601 8	0,600 8
0,71	0,601 1	0,600 1
0,72	0,600 2	0,599 2
0,73	0,599 2	0,598 2
0,74	0,598 1	0,597 0
0,75	0,596 9	0,595 7

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 29 — Diaphragmes à prises de pression à la bride
D = 760 mm
 Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	10^7
0,20	0,597 9	0,597 8	0,597 7	0,597 6	0,597 5	0,597 4
0,22	0,598 5	0,598 4	0,598 3	0,598 1	0,598 0	0,597 9
0,24	...	0,599 0	0,598 9	0,598 6	0,598 5	0,598 5
0,26	...	0,599 8	0,599 7	0,599 4	0,599 2	0,599 1
0,28	0,600 6	0,600 2	0,600 0	0,599 9
0,30	0,601 6	0,601 2	0,601 0	0,600 8
0,32	0,602 8	0,602 3	0,602 1	0,601 9
0,34	0,603 6	0,603 3	0,603 2
0,36	0,605 2	0,604 8	0,604 6
0,38	0,606 9	0,606 5	0,606 3
0,40	0,608 9	0,608 5	0,608 2
0,42	0,611 2	0,610 7	0,610 4
0,44	0,613 8	0,613 2	0,612 9
0,46	0,616 7	0,616 0	0,615 7
0,48	0,619 9	0,619 2	0,618 8
0,50	0,623 6	0,622 8	0,622 4
0,52	0,627 7	0,626 8	0,626 3
0,54	0,632 2	0,631 3	0,630 7
0,56	0,636 3	0,635 7
0,58	0,641 8	0,641 1
0,60	0,647 9	0,647 2
0,62	0,654 8	0,654 0
0,64	0,662 3	0,661 5
0,65	0,666 4	0,665 5
0,66	0,670 7	0,669 8
0,67	0,675 2	0,674 2
0,68	0,680 0	0,679 0
0,69	0,685 0	0,684 0
0,70	0,690 4	0,689 2
0,71	0,696 0	0,694 8
0,72	0,701 9	0,700 7
0,73	0,708 2	0,706 9
0,74	0,714 8	0,713 5
0,75	0,721 9	0,720 5

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 30 — Tuyères ISA 1932
Coefficient de décharge C

β \ Re_D	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	2×10^6
0,30	...	...	...	0,986 0	0,986 8	0,987 9	0,988 3	0,988 3
0,32	...	...	...	0,985 0	0,986 0	0,987 4	0,987 8	0,987 8
0,34	...	...	...	0,984 1	0,985 1	0,986 7	0,987 1	0,987 2
0,36	...	...	...	0,983 0	0,984 2	0,985 9	0,986 4	0,986 5
0,38	...	...	...	0,981 8	0,983 1	0,985 0	0,985 5	0,985 6
0,40	...	...	...	0,980 4	0,981 9	0,983 9	0,984 5	0,984 6
0,42	...	...	...	0,979 0	0,980 5	0,982 7	0,983 3	0,983 4
0,44	0,961 7	0,969 4	0,975 1	0,977 3	0,979 0	0,981 3	0,982 0	0,982 1
0,46	0,959 3	0,967 2	0,973 2	0,975 6	0,977 3	0,979 7	0,980 4	0,980 5
0,48	0,956 7	0,965 0	0,971 1	0,973 6	0,975 4	0,977 9	0,978 6	0,978 7
0,50	0,954 2	0,962 6	0,968 9	0,971 5	0,973 3	0,975 8	0,976 6	0,976 7
0,52	0,951 6	0,960 1	0,966 5	0,969 1	0,970 9	0,973 5	0,974 3	0,974 4
0,54	0,949 0	0,957 5	0,963 9	0,966 5	0,968 3	0,970 9	0,971 7	0,971 8
0,56	0,946 4	0,954 8	0,961 1	0,963 6	0,965 5	0,968 0	0,968 8	0,968 9
0,58	0,943 7	0,951 9	0,958 1	0,960 5	0,962 3	0,964 8	0,965 5	0,965 6
0,60	0,941 1	0,948 9	0,954 8	0,957 2	0,958 8	0,961 2	0,961 9	0,962 0
0,62	0,938 4	0,945 8	0,951 3	0,953 5	0,955 0	0,957 3	0,957 9	0,958 0
0,64	0,935 8	0,942 5	0,947 5	0,949 5	0,950 9	0,952 9	0,953 5	0,953 6
0,66	0,933 2	0,939 0	0,943 4	0,945 1	0,946 4	0,948 1	0,948 7	0,948 7
0,68	0,930 6	0,935 4	0,939 0	0,940 4	0,941 4	0,942 9	0,943 3	0,943 4
0,70	0,928 0	0,931 6	0,934 2	0,935 3	0,936 1	0,937 2	0,937 5	0,937 5
0,72	0,925 5	0,927 6	0,929 2	0,929 8	0,930 3	0,930 9	0,931 1	0,931 1
0,74	0,923 0	0,923 5	0,923 8	0,923 9	0,924 0	0,924 1	0,924 2	0,924 2
0,76	0,920 7	0,919 1	0,918 0	0,917 5	0,917 2	0,916 8	0,916 6	0,916 6
0,78	0,918 4	0,914 6	0,911 8	0,910 7	0,909 9	0,908 8	0,908 4	0,908 4
0,80	0,916 2	0,910 0	0,905 3	0,903 4	0,902 0	0,900 1	0,899 6	0,899 5

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 31 — Tuyères ISA 1932
Coefficient de débit α

β \ Re_D	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	10^5	3×10^5	10^6	2×10^6
0,30	***	***	***	0,990 0	0,990 8	0,991 9	0,992 3	0,992 4
0,32	***	***	***	0,990 3	0,991 2	0,992 6	0,993 0	0,993 0
0,34	***	***	***	0,990 7	0,991 8	0,993 3	0,993 8	0,993 9
0,36	***	***	***	0,991 3	0,992 5	0,994 3	0,994 8	0,994 9
0,38	***	***	***	0,992 2	0,993 5	0,995 4	0,996 0	0,996 1
0,40	***	***	***	0,993 2	0,994 7	0,996 8	0,997 4	0,997 5
0,42	***	***	***	0,994 6	0,996 1	0,998 3	0,999 0	0,999 1
0,44	0,980 3	0,988 1	0,993 9	0,996 2	0,997 9	1,000 2	1,000 9	1,001 0
0,46	0,981 5	0,989 6	0,995 7	0,998 2	0,999 9	1,002 4	1,003 1	1,003 2
0,48	0,983 2	0,991 7	0,998 0	1,000 5	1,002 3	1,004 9	1,005 7	1,005 8
0,50	0,985 5	0,994 2	1,000 7	1,003 3	1,005 2	1,007 8	1,008 6	1,008 7
0,52	0,988 4	0,997 3	1,003 9	1,006 6	1,008 5	1,011 2	1,012 0	1,012 1
0,54	0,992 1	1,001 0	1,007 7	1,010 4	1,012 3	1,015 0	1,015 8	1,016 0
0,56	0,996 6	1,005 5	1,012 2	1,014 8	1,016 7	1,019 4	1,020 2	1,020 4
0,58	1,002 1	1,010 9	1,017 4	1,020 0	1,021 9	1,024 5	1,025 3	1,025 4
0,60	1,008 7	1,017 1	1,023 4	1,025 9	1,027 7	1,030 3	1,031 0	1,031 2
0,62	1,016 5	1,024 5	1,030 4	1,032 8	1,034 5	1,036 9	1,037 6	1,037 8
0,64	1,025 8	1,033 1	1,038 6	1,040 8	1,042 3	1,044 6	1,045 2	1,045 3
0,66	1,036 7	1,043 2	1,048 0	1,050 0	1,051 4	1,053 3	1,053 9	1,054 0
0,68	1,049 5	1,054 9	1,059 0	1,060 6	1,061 8	1,063 4	1,063 9	1,064 0
0,70	1,064 6	1,068 7	1,071 7	1,073 0	1,073 8	1,075 1	1,075 4	1,075 5
0,72	1,082 3	1,084 7	1,086 6	1,087 3	1,087 9	1,088 6	1,088 8	1,088 9
0,74	1,103 1	1,103 6	1,104 0	1,104 2	1,104 3	1,104 4	1,104 5	1,104 5
0,76	1,127 8	1,126 0	1,124 6	1,124 0	1,123 6	1,123 0	1,122 9	1,122 8
0,78	1,157 2	1,152 5	1,148 9	1,147 5	1,146 5	1,145 1	1,144 7	1,144 6
0,80	1,192 4	1,184 3	1,178 2	1,175 7	1,174 0	1,171 5	1,170 8	1,170 6

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 32 — Tuyères à long rayon
Coefficient de décharge C

β \ Re_D	10^4	2×10^4	5×10^4	10^5	2×10^5	5×10^5	10^6	5×10^6	10^7
0,20	0,967 3	0,975 9	0,983 4	0,987 3	0,990 0	0,992 4	0,993 6	0,995 2	0,995 6
0,22	0,965 9	0,974 8	0,982 8	0,986 8	0,989 7	0,992 2	0,993 4	0,995 1	0,995 5
0,24	0,964 5	0,973 9	0,982 2	0,986 4	0,989 3	0,992 0	0,993 3	0,995 1	0,995 5
0,26	0,963 2	0,973 0	0,981 6	0,986 0	0,989 1	0,991 8	0,993 2	0,995 0	0,995 4
0,28	0,961 9	0,972 1	0,981 0	0,985 6	0,988 8	0,991 6	0,993 0	0,995 0	0,995 4
0,30	0,960 7	0,971 2	0,980 5	0,985 2	0,988 5	0,991 4	0,992 9	0,994 9	0,995 4
0,32	0,959 6	0,970 4	0,980 0	0,984 8	0,988 2	0,991 3	0,992 8	0,994 8	0,995 3
0,34	0,958 4	0,969 6	0,979 5	0,984 5	0,988 0	0,991 1	0,992 7	0,994 8	0,995 3
0,36	0,957 3	0,968 8	0,979 0	0,984 1	0,987 7	0,991 0	0,992 6	0,994 7	0,995 3
0,38	0,956 2	0,968 0	0,978 5	0,983 8	0,987 5	0,990 8	0,992 5	0,994 7	0,995 2
0,40	0,955 2	0,967 3	0,978 0	0,983 4	0,987 3	0,990 7	0,992 4	0,994 7	0,995 2
0,42	0,954 2	0,966 6	0,977 6	0,983 1	0,987 0	0,990 5	0,992 3	0,994 6	0,995 2
0,44	0,953 2	0,965 9	0,977 1	0,982 8	0,986 8	0,990 4	0,992 2	0,994 6	0,995 1
0,46	0,952 2	0,965 2	0,976 7	0,982 5	0,986 6	0,990 2	0,992 1	0,994 5	0,995 1
0,48	0,951 3	0,964 5	0,976 3	0,982 2	0,986 4	0,990 1	0,992 0	0,994 5	0,995 1
0,50	0,950 3	0,963 9	0,975 9	0,981 9	0,986 2	0,990 0	0,991 9	0,994 4	0,995 0
0,52	0,949 4	0,963 2	0,975 4	0,981 6	0,986 0	0,989 8	0,991 8	0,994 4	0,995 0
0,54	0,948 5	0,962 6	0,975 0	0,981 3	0,985 8	0,989 7	0,991 7	0,994 4	0,995 0
0,56	0,947 6	0,961 9	0,974 6	0,981 0	0,985 6	0,989 6	0,991 6	0,994 3	0,995 0
0,58	0,946 8	0,961 3	0,974 3	0,980 8	0,985 4	0,989 5	0,991 5	0,994 3	0,994 9
0,60	0,945 9	0,960 7	0,973 9	0,980 5	0,985 2	0,989 3	0,991 4	0,994 2	0,994 9
0,62	0,945 1	0,960 1	0,973 5	0,980 2	0,985 0	0,989 2	0,991 4	0,994 2	0,994 9
0,64	0,944 3	0,959 6	0,973 1	0,980 0	0,984 8	0,989 1	0,991 3	0,994 2	0,994 8
0,66	0,943 5	0,959 0	0,972 8	0,979 7	0,984 6	0,989 0	0,991 2	0,994 1	0,994 8
0,68	0,942 7	0,958 4	0,972 4	0,979 5	0,984 5	0,988 9	0,991 1	0,994 1	0,994 8
0,70	0,941 9	0,957 9	0,972 1	0,979 2	0,984 3	0,988 8	0,991 0	0,994 1	0,994 8
0,72	0,941 1	0,957 3	0,971 7	0,979 0	0,984 1	0,988 7	0,991 0	0,994 0	0,994 7
0,74	0,940 3	0,956 8	0,971 4	0,978 7	0,983 9	0,988 6	0,990 9	0,994 0	0,994 7
0,76	0,939 6	0,956 2	0,971 0	0,978 5	0,983 8	0,988 4	0,990 8	0,994 0	0,994 7
0,78	0,938 8	0,955 7	0,970 7	0,978 3	0,983 6	0,988 3	0,990 7	0,993 9	0,994 7
0,80	0,938 1	0,955 2	0,970 4	0,978 0	0,983 4	0,988 2	0,990 7	0,993 9	0,994 7

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 33 — Tuyères à long rayon
Coefficient de débit α

$\beta \backslash Re_D$	10^4	2×10^4	5×10^4	10^5	2×10^5	5×10^5	10^6	5×10^6	10^7
0,20	0,968 1	0,976 6	0,984 2	0,988 1	0,990 8	0,993 2	0,994 4	0,996 0	0,996 4
0,22	0,967 0	0,976 0	0,984 0	0,988 0	0,990 8	0,993 3	0,994 6	0,996 3	0,996 7
0,24	0,966 1	0,975 5	0,983 8	0,988 0	0,991 0	0,993 6	0,995 0	0,996 7	0,997 1
0,26	0,965 4	0,975 2	0,983 9	0,988 2	0,991 3	0,994 1	0,995 4	0,997 3	0,997 7
0,28	0,964 9	0,975 1	0,984 1	0,988 6	0,991 8	0,994 7	0,996 1	0,998 0	0,998 5
0,30	0,964 6	0,975 2	0,984 5	0,989 2	0,992 5	0,995 5	0,997 0	0,999 0	0,999 4
0,32	0,964 6	0,975 5	0,985 2	0,990 0	0,993 5	0,996 5	0,998 1	1,000 1	1,000 6
0,34	0,964 9	0,976 1	0,986 1	0,991 1	0,994 7	0,997 8	0,999 4	1,001 5	1,002 0
0,36	0,965 5	0,977 0	0,987 3	0,992 5	0,996 1	0,999 4	1,001 0	1,003 2	1,003 7
0,38	0,966 4	0,978 3	0,988 9	0,994 2	0,998 0	1,001 3	1,003 0	1,005 2	1,005 8
0,40	0,967 7	0,979 9	0,990 8	0,996 3	1,000 2	1,003 6	1,005 3	1,007 6	1,008 2
0,42	0,969 4	0,982 0	0,993 1	0,998 8	1,002 8	1,006 3	1,008 1	1,010 5	1,011 0
0,44	0,971 6	0,984 5	0,996 0	1,001 8	1,005 8	1,009 5	1,011 3	1,013 7	1,014 3
0,46	0,974 3	0,987 5	0,999 3	1,005 3	1,009 5	1,013 2	1,015 1	1,017 6	1,018 2
0,48	0,977 6	0,991 2	1,003 3	1,009 3	1,013 7	1,017 5	1,019 4	1,022 0	1,022 6
0,50	0,981 5	0,995 5	1,007 9	1,014 1	1,018 5	1,022 4	1,024 4	1,027 0	1,027 7
0,52	0,986 1	1,000 5	1,013 2	1,019 6	1,024 1	1,028 1	1,030 2	1,032 9	1,033 5
0,54	0,991 6	1,006 3	1,019 3	1,025 9	1,030 6	1,034 7	1,036 8	1,039 5	1,040 2
0,56	0,998 0	1,013 0	1,026 4	1,033 2	1,037 9	1,042 2	1,044 3	1,047 1	1,047 8
0,58	1,005 4	1,020 8	1,034 6	1,041 5	1,046 4	1,050 7	1,052 9	1,055 8	1,056 5
0,60	1,013 9	1,029 8	1,043 9	1,051 0	1,056 0	1,060 4	1,062 7	1,065 7	1,066 4
0,62	1,023 7	1,040 1	1,054 5	1,061 8	1,067 0	1,071 6	1,073 9	1,076 9	1,077 7
0,64	1,035 1	1,051 8	1,066 7	1,074 2	1,079 5	1,084 2	1,086 6	1,089 8	1,090 5
0,66	1,048 1	1,065 4	1,080 7	1,088 4	1,093 9	1,098 7	1,101 2	1,104 4	1,105 2
0,68	1,063 1	1,080 9	1,096 7	1,104 7	1,110 3	1,115 3	1,117 8	1,121 2	1,121 9
0,70	1,080 5	1,098 8	1,115 1	1,123 3	1,129 1	1,134 3	1,136 9	1,140 3	1,141 2
0,72	1,100 5	1,119 5	1,136 3	1,144 8	1,150 8	1,156 1	1,158 8	1,162 4	1,163 3
0,74	1,123 8	1,143 5	1,160 9	1,169 7	1,175 9	1,181 4	1,184 2	1,187 9	1,188 8
0,76	1,151 0	1,171 4	1,189 5	1,198 7	1,205 1	1,210 9	1,213 7	1,217 6	1,218 5
0,78	1,183 0	1,204 2	1,223 1	1,232 6	1,239 4	1,245 3	1,248 4	1,252 4	1,253 3
0,80	1,220 9	1,243 1	1,262 9	1,272 9	1,279 9	1,286 1	1,289 3	1,293 5	1,294 5

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 34 — Tuyères
Coefficient de détente ϵ

P_2/P_1		1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75
β^2	β^4	pour $K = 1,2$								
0	0	1,000	0,987	0,975	0,962	0,949	0,936	0,903	0,869	0,834
0,316	0,100	1,000	0,986	0,971	0,957	0,942	0,928	0,891	0,854	0,817
0,447	0,200	1,000	0,983	0,967	0,950	0,934	0,918	0,877	0,837	0,797
0,548	0,300	1,000	0,980	0,961	0,942	0,924	0,905	0,860	0,816	0,773
0,632	0,400	1,000	0,977	0,954	0,932	0,910	0,889	0,839	0,79	0,745
0,640	0,410	1,000	0,976	0,953	0,931	0,909	0,888	0,837	0,788	0,742
pour $K = 1,3$										
0	0	1,000	0,988	0,977	0,965	0,953	0,941	0,910	0,878	0,846
0,316	0,100	1,000	0,987	0,973	0,960	0,947	0,933	0,899	0,864	0,829
0,447	0,200	1,000	0,985	0,969	0,954	0,939	0,924	0,886	0,848	0,810
0,548	0,300	1,000	0,982	0,964	0,947	0,929	0,912	0,870	0,828	0,787
0,632	0,400	1,000	0,978	0,957	0,937	0,917	0,897	0,849	0,804	0,760
0,640	0,410	1,000	0,978	0,957	0,936	0,915	0,895	0,847	0,801	0,757
pour $K = 1,4$										
0	0	1,000	0,989	0,978	0,967	0,956	0,945	0,916	0,886	0,856
0,316	0,100	1,000	0,988	0,975	0,962	0,950	0,938	0,906	0,873	0,840
0,447	0,200	1,000	0,986	0,971	0,957	0,943	0,929	0,893	0,858	0,821
0,548	0,300	1,000	0,983	0,967	0,950	0,934	0,918	0,878	0,839	0,800
0,632	0,400	1,000	0,980	0,960	0,941	0,922	0,904	0,859	0,815	0,773
0,640	0,410	1,000	0,980	0,960	0,940	0,92	0,902	0,857	0,813	0,770
pour $K = 1,66$										
0	0	1,000	0,991	0,982	0,972	0,963	0,953	0,929	0,903	0,877
0,316	0,100	1,000	0,990	0,979	0,968	0,958	0,947	0,920	0,892	0,863
0,447	0,200	1,000	0,988	0,976	0,964	0,957	0,939	0,909	0,878	0,846
0,548	0,300	1,000	0,986	0,972	0,958	0,944	0,930	0,895	0,86	0,826
0,632	0,400	1,000	0,983	0,966	0,950	0,934	0,918	0,878	0,840	0,802
0,640	0,410	1,000	0,983	0,966	0,949	0,932	0,916	0,876	0,837	0,799

NOTE — Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

TABLEAU 35 – Venturi-tuyères
Coefficient de décharge et de débit

β	C	α
0,316	0,984 7	0,989 6
0,320	0,984 6	0,989 8
0,340	0,984 3	0,990 9
0,360	0,983 8	0,992 2
0,380	0,983 3	0,993 7
0,400	0,982 6	0,995 5
0,420	0,981 8	0,997 5
0,440	0,980 9	0,999 8
0,460	0,979 8	1,002 5
0,480	0,978 6	1,005 6
0,500	0,977 1	1,009 2
0,520	0,975 5	1,013 2
0,540	0,973 6	1,017 8
0,560	0,971 4	1,023 0
0,580	0,968 9	1,028 9
0,600	0,966 1	1,035 6
0,620	0,963 0	1,043 1
0,640	0,959 5	1,051 8
0,660	0,955 6	1,061 6
0,680	0,951 2	1,072 8
0,700	0,946 4	1,085 7
0,720	0,941 1	1,100 5
0,740	0,935 2	1,117 7
0,760	0,928 8	1,137 8
0,775	0,923 6	1,155 1

NOTE – Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est pas prévu pour une interpolation précise.

ANNEXE B

**TUBES DE VENTURI CLASSIQUES EN DEHORS DU DOMAINE COUVERT
PAR LA PRÉSENTE NORME INTERNATIONALE**

B.1 GÉNÉRALITÉS

Comme indiqué en 9.1.5.1, les influences de Re_D , k/D et β sur C sont encore insuffisamment connues pour permettre une normalisation en dehors des limites imposées par la présente Norme internationale.

La présente annexe a pour but de résumer les quelques indications qui se dégagent de l'ensemble des résultats disponibles; elle donne les valeurs ou le sens de variation des coefficients de décharge et des erreurs limites, en fonction des différents paramètres (β , Re_D et k/D), afin de permettre une estimation du débit. Ces différentes influences sont traitées séparément, bien que certaines observations montrent qu'elles ne sont pas indépendantes.

En particulier, le nombre d'essais disponibles sur ce sujet est peu élevé et ils ont, pour la plupart, été effectués sur des tubes de Venturi dont le profil géométrique n'était pas exactement conforme à la présente Norme internationale. Il en résulte une incertitude relativement grande quant à la justesse des coefficients de décharge, mais aussi des erreurs limites.

B.2 INFLUENCE DU RAPPORT DES DIAMÈTRES β

L'examen des résultats disponibles sur les tubes de Venturi ayant un rapport de diamètres approximativement égal ou supérieur à $\beta = 0,75^*$ a montré que la dispersion des coefficients de décharge mesurés est plus grande que pour les plus petits rapports de diamètres. Il est, par conséquent, nécessaire d'envisager d'augmenter l'erreur limite sur le coefficient.

En vue de permettre une évaluation de l'erreur limite sur le débit, il est recommandé de doubler l'erreur limite sur C quand β est supérieur à la valeur maximale admissible.

B.3 INFLUENCE DU NOMBRE DE REYNOLDS Re_D **B.3.1 Généralités**

L'influence du nombre de Reynolds Re_D , varie suivant le type de tubes de Venturi classiques. Elle se traduit par une variation du coefficient de décharge et par un accroissement de l'erreur limite.

Ces variations sont plus importantes lorsque Re_D est inférieur au Re_D minimal que lorsque Re_D est supérieur au Re_D maximal.

B.3.2 Cas du tube de Venturi classique à convergent brut de fonderie

L'influence du nombre de Reynolds est la suivante :

Quand Re_D diminue à partir de 2×10^5 , le coefficient de décharge C diminue progressivement et l'erreur limite augmente.

Quand Re_D croît à partir de 2×10^6 , il ne semble pas que Re_D exerce une influence sur l'erreur limite, ni sur le coefficient de décharge.

Pour permettre un calcul approximatif du débit, il est possible d'utiliser les valeurs suivantes du coefficient de décharge C et de l'erreur limite qui sont données à titre indicatif :

Re_D	C	Erreur limite %
4×10^4	0,957	2,5
6×10^4	0,966	2
1×10^5	0,976	1,5
$1,5 \times 10^5$	0,982	1

B.3.3 Cas du tube de Venturi classique à convergent usiné

L'influence du nombre de Reynolds est la suivante :

Quand Re_D diminue à partir de 2×10^5 , on observe souvent une légère augmentation du coefficient de décharge C avant que celui-ci ne décroisse régulièrement avec Re_D . L'erreur limite sur C croît d'abord lentement, puis ensuite rapidement.

Lorsque Re_D croît à partir de 2×10^6 , il est parfois constaté une légère augmentation de C avec Re_D ; l'erreur limite sur C augmente également faiblement.

Il semble que l'on dispose de preuves suffisantes pour affirmer que le coefficient de décharge de ce type de tube de Venturi est fonction de Re_d et non de Re_D . Les résultats disponibles montrent qu'il existe une meilleure corrélation en fonction de Re_d qu'en fonction de Re_D .

* Les valeurs indiquées ci-après sont basées sur des essais effectués avec des tubes de Venturi de rapport des diamètres β allant jusqu'à 0.8.

Pour permettre une évaluation du débit, il est possible d'utiliser les valeurs suivantes du coefficient de décharge et de l'erreur limite qui sont données à titre indicatif.

Re_D	C	Erreur limite* %
5×10^4	0,970	3
1×10^5	0,977	2,5
2×10^5	0,992	2,5
3×10^5	0,998	1,5
5×10^5	0,995	1

* Pour les faibles nombres de Reynolds, la répartition des résultats expérimentaux ne suit pas une loi gaussienne, l'écart moyen des résultats inférieurs à la valeur moyenne de C étant plus grand que celui des résultats supérieurs.

B.3.4 Cas du tube de Venturi classique en tôle soudée brute

Lorsque Re_D décroît au-dessous de 2×10^5 , le coefficient de décharge C diminue légèrement pendant que l'erreur limite sur C augmente.

Bien que l'on possède relativement moins de renseignements sur ce type de tube de Venturi, les valeurs suivantes du coefficient de décharge et de l'erreur limite qui sont données à titre indicatif, peuvent être utilisées pour obtenir une estimation du débit.

Re_D	C	Erreur limite %
4×10^4	0,96	3
6×10^4	0,97	2,5
1×10^5	0,98	2,5

Il ne semble pas que le coefficient de décharge varie lorsque Re_D est supérieur à 2×10^6 .

Au-dessus de $Re_D = 2 \times 10^6$, il est prudent de porter l'erreur limite à 2 %.

B.4 INFLUENCE DE LA RUGOSITÉ RELATIVE k/D

B.4.1 Rugosité du tube de Venturi classique

On peut dire que l'augmentation de la rugosité du convergent réduit le coefficient de décharge C . Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de fixer la valeur de cette réduction, mais elle ne semble pas dépasser 2 %.

Les tubes de Venturi classiques à convergent usiné paraissent plus sensibles à cette influence que les tubes de Venturi classiques à convergent brut de fonderie ou en tôle soudée brute.

La perte de pression du tube de Venturi est également affectée par l'augmentation de la rugosité.

B.4.2 Rugosité de la conduite amont

L'augmentation de la rugosité de la conduite amont provoque un accroissement du coefficient de décharge C du tube de Venturi classique. Il semble que cette influence soit d'autant plus marquée que β est plus grand.

Des données satisfaisantes manquent pour fournir des résultats quantitatifs complets à cet égard.

Pour permettre une évaluation du coefficient de décharge et de l'erreur limite, il est à noter que le passage d'une conduite hydrauliquement lisse à une conduite de rugosité relative 5×10^{-4} peut entraîner des accroissements du coefficient de décharge de 0,2 à 0,7 % pour $\beta = 0,5$.

Compte tenu des connaissances actuelles dans ce domaine, il est recommandé d'accroître l'erreur limite sur C d'une quantité au moins égale à la moitié de la correction que l'on fait subir à C .

ANNEXE C

PERTE DE PRESSION DANS UN TUBE DE VENTURI CLASSIQUE

Toutes les valeurs citées dans la présente annexe sont des ordres de grandeur donnés à titre purement indicatif.

C.1 Pour un tube de Venturi classique dont l'angle total au sommet du divergent est égal à 7° et lorsque le nombre de Reynolds dans la conduite Re_D est supérieur à 10^6 , la

valeur de la perte de pression relative $\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p}$ se

trouvera très généralement dans la zone hachurée représentée sur la figure 11 a). Les valeurs de ξ voisines de la frontière supérieure de cette bande se rencontreront pour les valeurs les plus élevées de la rugosité relative k/D , et donc, pour un mode de construction donné, pour les tubes de Venturi de plus petit diamètre.

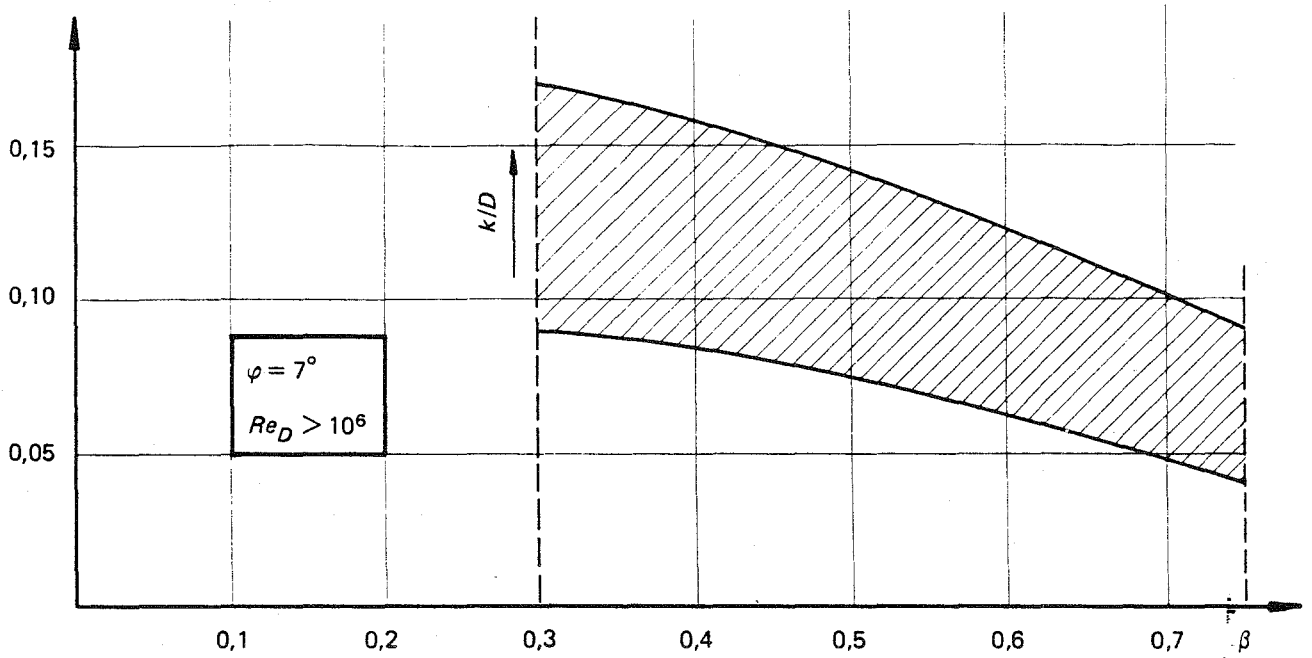
C.2 Pour un tube de Venturi donné, la valeur de ξ diminue

lorsque Re_D augmente et semble atteindre une valeur limite à partir de $Re_D = 10^6$ environ. La figure 11 b) indique approximativement comment varie le rapport de ξ à sa valeur limite.

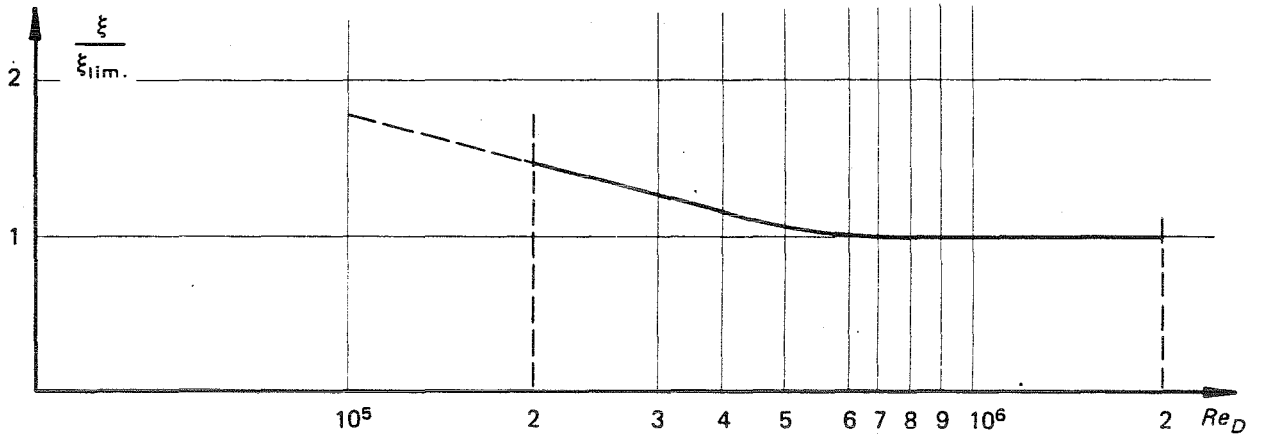
C.3 La perte de pression relative augmente avec l'angle du divergent. La figure 11 c) indique, toutes choses égales d'ailleurs, le rapport des valeurs de ξ pour deux tubes de Venturi dont l'angle φ du divergent est respectivement égal à 15° et 7° .

C.4 On ne dispose pas à l'heure actuelle de données précises sur la perte de pression d'un tube de Venturi tronqué. On considère cependant que la longueur du divergent peut être réduite d'environ 35 % sans que la perte de pression soit augmentée de façon significative.

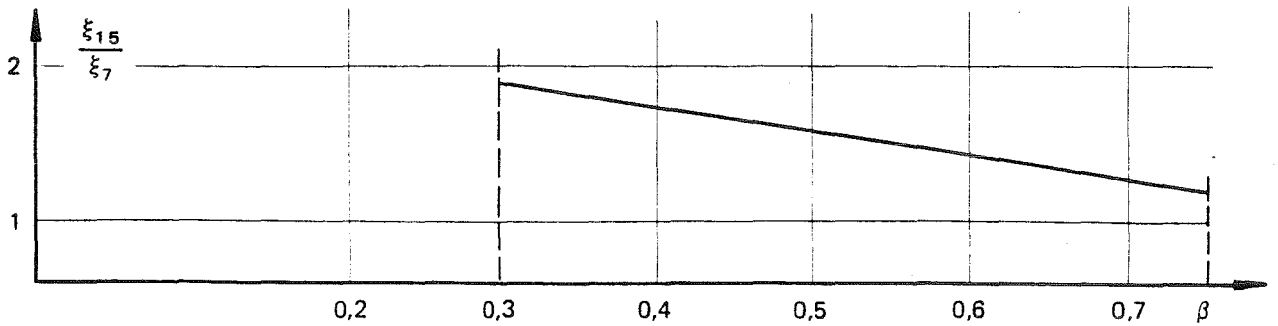
$$\frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p} = \xi$$



a) Influence du rapport des diamètres β et de la rugosité relative k/D



b) Influence du nombre de Reynolds Re_D



c) Influence de l'angle du divergent φ

FIGURE 11 — Valeur de la perte de pression dans un tube de Venturi classique

3