

INTERNATIONAL STANDARD

**ISO
4006**

NORME INTERNATIONALE

Second edition
Deuxième édition
1991-05-01

**Measurement of fluid flow in closed conduits —
Vocabulary and symbols**

**Mesure de débit des fluides dans les conduites
fermées — Vocabulaire et symboles**



Reference number
Numéro de référence
ISO 4006 : 1991 (E/F)

Contents

	Page
Foreword	iv
Introduction	vi
1 Scope	1
2 Symbols	2
3 Subscripts	4
4 General terms in fluid mechanics	4
5 Uncertainties	9
6 General terms related to the devices	15
7 Differential pressure devices	17
8 Critical flow measurement	23
9 Velocity-area methods	24
10 Tracer methods	27
11 Electromagnetic methods	28
12 Weighing and volumetric methods	29
13 Instability methods	34
14 Variable-area methods	36
15 Ultrasonic methods	40
16 Other methods	43
17 Meters (for the measurement of the volume of fluids)	45
Annex A Bibliography	49
Alphabetical indexes	
English	50
French	52

© ISO 1991

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher./Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

International Organization for Standardization
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland

Printed in Switzerland/Imprimé en Suisse

Sommaire

	Page
Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Symboles	2
3 Indices	4
4 Termes généraux de mécanique des fluides	4
5 Incertitudes	9
6 Termes généraux relatifs aux instruments	15
7 Appareils déprimogènes	17
8 Mesure de débit critique	23
9 Méthodes d'exploration du champ des vitesses	24
10 Méthodes par traceurs	27
11 Méthodes électromagnétiques	28
12 Méthodes par pesée et par jaugeage volumétrique	29
13 Méthodes de mesure par débitmètres à instabilité	34
14 Méthodes de mesure par débitmètres à section variable	36
15 Méthodes de mesure ultrasoniques (ou acoustiques)	40
16 Autres méthodes	43
17 Compteurs (pour le mesurage du volumes des fluides)	45
Annexe A Bibliographie	49
Index alphabétiques	
Anglais	50
Français	52

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

International Standard ISO 4006 was prepared by Technical Committee ISO/TC 30, *Measurement of fluid flow in closed conduits*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 4006 : 1977), of which it constitutes a technical revision.

Annex A of this International Standard is for information only.

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

La Norme internationale ISO 4006 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4006 : 1977), dont elle constitue une révision technique.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

In the preparation of this International Standard, the following two principles have been followed as far as possible :

- 1) to standardize suitable terms and symbols without perpetuating unsuitable terms merely because they have been used in the past;
- 2) to discard any term or symbol which is used with different meanings in different countries, or by different people, or even by the same people at different times, and to replace it by a term or symbol which has an unequivocal meaning.

Introduction

Au cours de l'élaboration de la présente Norme internationale, on s'est conformé, dans la mesure du possible, aux deux principes suivants :

- 1) normaliser des termes et symboles appropriés et ne pas conserver les termes inappropriés parce que ceux-ci ont été utilisés dans le passé;
- 2) éliminer tout terme ou symbole qui est utilisé avec diverses significations en différents pays, ou par différentes personnes, voire par les mêmes personnes à différentes époques; le remplacer par un terme ou symbole ayant une signification univoque.

Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols

Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles

1 Scope

This International Standard defines the terms to be used in the field of measurement of fluid flow in closed conduits, and gives the corresponding symbols.

It has been found necessary to exclude terms which come under the following categories:

- a) terms which are self-evident;
- b) terms which do not apply specifically to this field, in particular those referring more specifically to flow in open channels (see ISO 772);
- c) terms referring to very specific methods of measurement which cannot be the subject of standardization.

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes préconisés en matière de débit des fluides dans les conduites fermées et donne leurs symboles correspondants.

Il a été jugé nécessaire d'exclure les termes des catégories suivantes:

- a) ceux qui sont évidents par eux-mêmes;
- b) ceux qui ne s'appliquent pas aux présents travaux, en particulier ceux qui se rapportent plus spécifiquement à l'écoulement en canaux découverts (voir ISO 772);
- c) ceux qui se rapportent à des méthodes de mesurage très particulières ne pouvant faire l'objet d'une normalisation.

2 Symbols

2 Symboles

Reference number Numéro de référence	Quantity	Symbol ¹⁾ Symbole ¹⁾	Grandeur	Dimensions ²⁾	Corresponding SI unit Unité SI correspondante
4.10	Cross-sectional area of the conduit, for the operating conditions	A	Aire de la section droite de la conduite dans les conditions de fonctionnement	L^2	m^2
10.3	Concentration of the tracer	C	Concentration du traceur	ML^{-3} ³⁾	kg/m^3
7.17	Discharge coefficient	C	Coefficient de décharge	⁴⁾	
8.2	Critical flow function	C_*	Coefficient de débit critique	⁴⁾	
8.3	Real gas critical flow coefficient	C_r	Coefficient de gaz réel	⁴⁾	
4.16	Velocity of sound	c	Célérité du son	LT^{-1}	m/s
4.31	Specific heat capacity at constant pressure	c_p	Capacité thermique massique à pression constante	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/kg \cdot K$
4.31	Specific heat capacity at constant volume	c_v	Capacité thermique massique à volume constant	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/kg \cdot K$
7.16	Diameter, depending on the operating conditions, — of the circular cross-section of the conduit — of the measuring conduit upstream of an orifice plate or nozzle — of the inlet cylinder of a classical Venturi tube	D	Diamètre dans les conditions de fonctionnement — de la section de mesurage circulaire de la conduite — de la conduite de mesurage en amont d'un diaphragme ou d'une tuyère — du cylindre d'entrée d'un tube de Venturi classique	L	m
4.9	Hydraulic diameter	D_h	Diamètre hydraulique	L	m
7.16	Orifice diameter or throat of primary element, for the operating conditions	d	Diamètre de l'orifice (du col) de l'élément primaire dans les conditions de fonctionnement	L	m
7.17	or diameter of the head of a Pitot tube		ou diamètre de l'antenne du tube de Pitot		
7.16	Velocity of approach factor	E	Coefficient de vitesse d'approche	⁴⁾	
	Relative uncertainty	E	Incertitude en valeur relative	⁴⁾	
	Absolute uncertainty	e	Incertitude en valeur absolue	⁴⁾	
4.17	Frequency	f	Fréquence	T^{-1}	s^{-1}
	Acceleration due to gravity	g	Accélération due à la pesanteur	LT^{-2}	m/s^2
4.19	Equivalent uniform roughness	k	Rugosité uniforme équivalente	L	m
4.15	Length	l	Longueur	L	m
4.33	Molar mass of fluid	M	Masse molaire du fluide	M	kg/mol
5.9	Population mean	m	Moyenne de la population	⁵⁾	
4.16	Mach number	Ma	Nombre de Mach	⁴⁾	
5.9	Population size	N	Effectif d'une population	⁵⁾	
10.4	Dilution ratio [rate]	N	Rapport de dilution	⁴⁾	
5.5.1	Sample size	n	Taille de l'échantillon	⁴⁾	
4.11.1	Absolute static pressure of the fluid	p	Pression (statique) absolue du fluide	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
4.20	Differential pressure	Δp	Pression différentielle	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
4.1.1	Mass flow-rate	$q_m, (q)$	Débit-masse	MT^{-1}	kg/s
4.1.2	Volume flow-rate	$q_v, (Q)$	Débit-volume	L^3T^{-1}	m^3/s
4.33	Molar gas constant	R	Constante molaire des gaz	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/(mol \cdot K)$
	Radius	R	Rayon	L	m
5.2	Test result	R	Résultat d'essai	⁴⁾	
4.18	Arithmetical mean deviation of the (roughness) profile	R_a	Écart moyen arithmétique du profil (de rugosité)	L	m
4.9	Hydraulic radius	R_h	Rayon hydraulique	L	m
4.15	Reynolds number		Nombre de Reynolds		
	— referred to D	Re_D	— rapporté à D	⁴⁾	
	— referred to d	Re_d	— rapporté à d		
4.17	Strouhal number	St	Nombre de Strouhal	⁴⁾	
5.9	Experimental standard deviation	s	Écart-type expérimental	⁵⁾	
5.22	Standard error of estimate	s_R	Erreur-type de l'estimation	⁵⁾	
	Fluid absolute temperature	T	Température absolue du fluide	Θ	K

Reference number Numéro de référence	Quantity	Symbol ¹⁾ Symbole ¹⁾	Grandeur	Dimensions ²⁾	Corresponding SI unit Unité SI correspondante
5.25	Student's t distribution	t	Distribution t de Student	4)	
5.26	Uncertainty	U	Incertitude	4)	
4.7	Mean axial fluid velocity	U	Vitesse débitante	LT^{-1}	m/s
5.26.1	Random uncertainty	U_r	Incertitude aléatoire	4)	
5.26.2	Systematic uncertainty	U_s	Incertitude systématique	4)	
Figure 2	Upper and lower limits of a non-symmetrical uncertainty	U^+, U^-	Limites supérieure et inférieure d'un intervalle d'incertitude non symétrique	4)	
4.21	Friction velocity	u^*	Vitesse de frottement	LT^{-1}	m/s
4.17	Local velocity of the fluid	v	Vitesse locale du fluide	LT^{-1}	m/s
4.8	Non-dimensional [relative] velocity	v^*	Vitesse adimensionnelle [relative]	4)	
	Component of the local velocity parallel to the pipe axis	v_x	Composante de la vitesse locale selon l'axe de la conduite	LT^{-1}	m/s
5.11	Weight of measurement	w_i	Coefficient de pondération	4)	
7.15	Acoustic ratio	X	Rapport acoustique	4)	
7.13	Differential pressure ratio	x	Pression différentielle relative	4)	
5.1	Average value (of a variable x)	$\bar{x}$	Valeur moyenne (d'une variable x)	4)	
5.11.1	Arithmetic weighted mean; weighted average	$\bar{x}_w$	Moyenne arithmétique pondérée	4)	
9.1	Index of asymmetry	Y	Indice de dissymétrie de l'écoulement	4)	
	Distance from a measurement point to the wall	y	Distance d'un point de mesure à la paroi	L	m
	Non-dimensional distance from a measurement point to the wall	y^*	Distance adimensionnelle d'un point de mesure à la paroi	4)	
4.33	Compressibility factor	Z	Facteur de compressibilité	4)	
7.18	Flow coefficient	α	Coefficient de débit	4)	
4.10	Kinetic energy coefficient	α	Coefficient d'énergie cinétique	4)	
7.4	Diameter ratio	β	Rapport de diamètres	4)	
4.31	Ratio of the specific heat capacities	γ	Rapport des capacités thermiques massiques	4)	
7.19	Expansibility [expansion] factor	ε	Coefficient de détente	4)	
	Fluid temperature, in degrees Celsius	θ	Température du fluide selon l'échelle Celsius	Θ	°C
4.6	Angle between the local velocity vector and the conduit axis	θ	Angle de la vitesse locale avec l'axe de la conduite		rad
5.2	Sensitivity [influence] coefficient	θ_x	Coefficient de sensibilité (d'influence)	4)	
4.32	Isentropic exponent	κ	Exposant isentropique	4)	
4.20	Universal head loss coefficient	λ	Coefficient universel de perte de charge	4)	
	Dynamic viscosity of the fluid	μ (or/ou η)	Viscosité dynamique du fluide	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa·s
4.15	Kinematic viscosity of the fluid	ν	Viscosité cinématique du fluide	L^2T^{-1}	m ² /s
5.7	Number of degrees of freedom	ν	Nombre de degrés de liberté	4)	
4.32	Density of the fluid	ϱ	Masse volumique du fluide	ML^{-3}	kg/m ³
7.14	Pressure ratio	τ	Rapport des pressions	4)	
4.21	Wall shear stress	τ_o	Contrainte de frottement à la paroi	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
	Included angle of the divergent	φ	Angle au sommet du divergent		rad
	Angle between the local velocity vector and the axis of the metering device	φ	Angle de la vitesse locale avec l'axe de l'appareil de mesure		rad
1) Symbols shown in parentheses are non-preferred.			1) Les symboles entre parenthèses sont des symboles non préférés.		
2) M = mass, L = length, T = time, Θ = temperature.			2) M = masse, L = longueur, T = temps, Θ = température.		
3) The concentration can also be expressed as a dimensionless quantity.			3) La concentration peut également être exprimée comme une grandeur sans dimension.		
4) Dimensionless quantity.			4) Sans dimension.		
5) The dimension of this parameter is the dimension of the quantity to which it relates.			5) Paramètre dont la dimension est la dimension de la grandeur à laquelle il se rapporte.		

3 Subscripts

3 Indices

Meaning	Symbol Symbole	Qualificatif
Upstream	1	Amont
Downstream	2	Aval
Effective	e	Effectif
Maximum	max	Maximal
Minimum	min	Minimal
Nominal	n	Nominal
Residual	R	Résiduel
Random	r	Aléatoire
At constant entropy	S	À entropie constante
Systematic	s	Systématique
Transition	t	De transition

4 General terms in fluid mechanics

4.1 flow-rate: Quotient of the quantity of fluid passing through the cross-section of a conduit and the time taken for this quantity to pass through this section.

4.1.1 mass flow-rate, q_m : Flow-rate in which the quantity of fluid is expressed as a mass.

4.1.2 volume flow-rate, q_v : Flow-rate in which the quantity of fluid is expressed as a volume.

4.2 mean flow-rate: Mean value of flow-rate over a period of time.

4.3 velocity distribution: Pattern of the axial vectors of the local fluid velocities over a cross-section of a conduit.

4.3.1 fully developed velocity distribution: Velocity distribution that, once attained, does not vary from one cross-section of a fluid flow to another. It is generally attained at the end of a sufficiently long straight length of conduit.

4.3.2 regular velocity distribution: Distribution of velocities which sufficiently approaches a fully developed velocity distribution to permit an accurate measurement of the flow-rate to be made.

4.4 flow profile: Graphic representation of the velocity distribution.

4.5 swirling flow: Flow which has axial and circumferential velocity components.

4 Termes généraux de mécanique des fluides

4.1 débit: Quotient de la quantité de fluide ayant traversé la section transversale d'une conduite par le temps de passage de cette quantité à travers ladite section.

4.1.1 débit-masse, q_m : Débit pour lequel la quantité de fluide est exprimée sous forme d'une masse.

4.1.2 débit-volume, q_v : Débit pour lequel la quantité de fluide est exprimée sous forme d'un volume.

4.2 débit moyen: Valeur moyenne du débit au cours d'un certain temps.

4.3 répartition des vitesses: Ensemble des vecteurs représentant la composante axiale des vitesses locales du fluide dans une section transversale d'une conduite.

4.3.1 répartition des vitesses pleinement établie: Répartition des vitesses qui, une fois obtenue, ne se modifie pas d'une section à l'autre d'un écoulement. Elle est généralement obtenue à l'issue d'une longueur droite suffisante d'une conduite.

4.3.2 répartition des vitesses régulière: Répartition des vitesses s'approchant suffisamment d'une répartition pleinement établie pour permettre une mesure précise du débit.

4.4 profil des vitesses: Représentation graphique de la répartition des vitesses.

4.5 écoulement giratoire: Écoulement dans lequel les vitesses présentent des composantes axiales et circonferentielles.

4.6 swirl angle, θ : Angle between the local velocity vector at a particular point of the cross-section and the conduit axis. The swirl angle varies over the cross-section.

4.7 mean axial fluid velocity, U : Ratio of the volume flow-rate (the integral over a cross-section of the conduit of the axial components of the local fluid velocity) to the area of the measurement cross-section.

4.8 non-dimensional [relative] velocity, v^* : Ratio of the flow velocity at a given point to a reference velocity measured at the same time which may be the velocity at a particular point (for example the centre-line velocity) or the mean axial fluid velocity.

4.9 hydraulic diameter, D_h : Four times the quotient of the wetted cross-sectional area and the wetted perimeter.

NOTES

- 1 For a circular cross-section conduit running full, the hydraulic diameter is equal to the internal diameter of the conduit.
- 2 **Hydraulic radius, R_h ,** is also used; it is equal to the quotient of the wetted cross-sectional area and the wetted perimeter ($D_h = 4R_h$).

4.10 kinetic energy coefficient, α : Coefficient defined by the formula

$$\alpha = \frac{1}{A} \int \int_A \left(\frac{v}{U} \right)^3 dA$$

where

dA is an element of the cross-sectional area;

A is the cross-sectional area of the flow.

(In most practical installations, α varies between 1 and 1,2 approximately.)

4.11 static pressure: Pressure which would be measured by a pin-point observer travelling with a particle of the fluid.

4.11.1 absolute static pressure of the fluid, p : Static pressure of a fluid measured with reference to a perfect vacuum.

4.11.2 gauge pressure: Difference between the absolute static pressure of a fluid and the atmospheric pressure at the place and time of the measurement.

4.12 Dynamic pressure

4.12.1 dynamic pressure of a fluid element: For an elemental fluid streamline, the increase in pressure above the static pressure which would result from the complete isentropic transformation of the kinetic energy of the fluid into pressure energy. It is equal to $\frac{1}{2}\rho v^2$ if the fluid is incompressible.

4.6 angle de giration, θ : Angle de la vitesse locale en un point donné d'une section avec l'axe de la conduite. L'angle de giration varie à travers la section.

4.7 vitesse débitante, U : Rapport du débit-volume (intégrale dans la section de mesure de la composante axiale des vitesses locales) à l'aire de la section de mesure.

4.8 vitesse adimensionnelle [relative], v^* : Rapport de la vitesse de l'écoulement au point considéré à une vitesse de référence mesurée au même moment, celle-ci pouvant être soit la vitesse en un point particulier (par exemple au centre d'une conduite circulaire), soit la vitesse débitante.

4.9 diamètre hydraulique, D_h : Quatre fois le quotient de l'aire de la section mouillée par le périmètre mouillé.

NOTES

- 1 Le diamètre hydraulique d'une conduite en charge de section circulaire est égal à son diamètre géométrique.
- 2 On utilise aussi le **rayon hydraulique, R_h ,** égal au quotient de l'aire de la section mouillée par le périmètre mouillé ($D_h = 4R_h$).

4.10 coefficient d'énergie cinétique, α : Coefficient défini par la formule

$$\alpha = \frac{1}{A} \int \int_A \left(\frac{v}{U} \right)^3 dA$$

où

dA est un élément de surface;

A est la surface totale de la section de l'écoulement.

(Dans la plupart des installations industrielles, α varie approximativement entre 1 et 1,2.)

4.11 pression (statique): Pression que mesurerait un observateur ponctuel se déplaçant avec une particule de fluide.

4.11.1 pression (statique) absolue, p : Pression (statique) d'un fluide mesurée par rapport au vide absolu.

4.11.2 pression (statique) effective: Différence entre la pression (statique) absolue d'un fluide et la pression atmosphérique à l'endroit et à l'instant du mesurage.

4.12 Pression dynamique

4.12.1 pression dynamique d'un élément fluide: Pour un filet fluide, augmentation de pression au-dessus de la pression statique qui résulterait de la transformation isentropique complète de l'énergie cinétique du fluide en énergie de pression. La pression dynamique locale est égale $\frac{1}{2}\rho v^2$, si le fluide est incompressible.

4.12.2 mean dynamic pressure in a cross-section: Ratio of the power of the fluid flowing through the cross-section in the form of kinetic energy to the volume flow-rate. It can be expressed as $\alpha \times \frac{1}{2} \rho U^2$ if the fluid is incompressible.

4.13 total pressure: Sum of the gauge pressure and the dynamic pressure.

NOTE — For an element of fluid at rest, the gauge pressure and the total pressure have the same numerical value.

4.14 stagnation pressure: Pressure which characterizes the state of the energy of a fluid when its kinetic energy is completely transformed into pressure energy. It is equal to the sum of the absolute static pressure and the dynamic pressure.

NOTE — For an element of fluid at rest, the absolute static pressure and the stagnation pressure have the same numerical value.

4.12.2 pression dynamique moyenne dans une section : Quotient de la puissance du fluide qui traverse la section, sous forme d'énergie cinétique, par le débit-volume. La pression dynamique moyenne peut s'écrire sous la forme $\alpha \times \frac{1}{2} \rho U^2$, si le fluide est incompressible.

4.13 pression totale: Somme de la pression (statique) effective et de la pression dynamique.

NOTE — Dans un élément de fluide au repos, la pression (statique) effective et la pression totale sont numériquement égales.

4.14 pression d'arrêt: Pression qui caractérise l'état du fluide lorsque son énergie cinétique est transformée intégralement en énergie de pression. Elle est égale à la somme de la pression (statique) absolue et de la pression dynamique.

NOTE — Dans un élément de fluide au repos, la pression (statique) absolue et la pression d'arrêt sont numériquement égales.

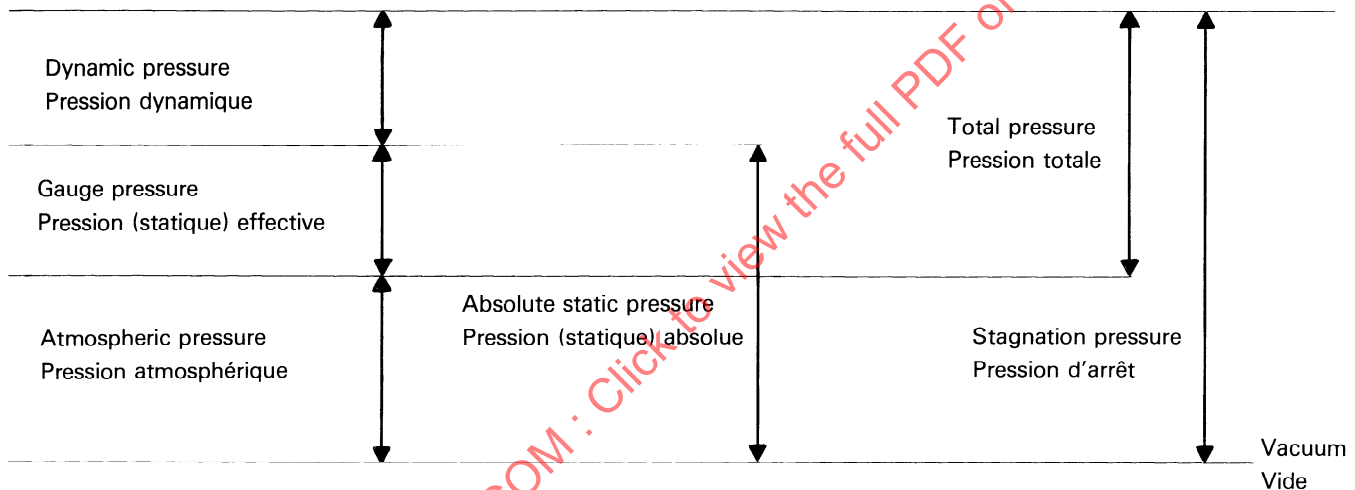


Figure 1 — Diagram illustrating the terms relating to pressure
Figure 1 — Schéma illustrant les termes relatifs à la pression

4.15 Reynolds number, Re : Dimensionless parameter expressing the ratio between the inertia and viscous forces. It is given by the formula

$$Re = \frac{Ul}{\nu}$$

where

U is the mean axial fluid velocity across a defined area;

l is a characteristic dimension of the system in which the flow occurs;

ν is the kinematic viscosity of the fluid.

NOTE — When specifying a Reynolds number, the characteristic dimension on which it has been based should be indicated (for example, the diameter of the conduit, the diameter of the orifice of a differential pressure device, the diameter of a Pitot tube head, etc.).

4.15 nombre de Reynolds, Re : Paramètre sans dimension exprimant le rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité. Il est défini par la formule

$$Re = \frac{Ul}{\nu}$$

où

U est la vitesse débitante dans une section déterminée;

l est une longueur caractéristique du système dans lequel se fait l'écoulement;

ν est la viscosité cinématique du fluide.

NOTE — Lorsqu'on spécifie un nombre de Reynolds, il convient d'indiquer la dimension caractéristique sur laquelle il est fondé (par exemple diamètre de la conduite, diamètre d'orifice d'un appareil déprimogène, diamètre de l'antenne d'un tube de Pitot, etc.).

4.16 Mach number, Ma : Ratio of the mean axial fluid velocity to the velocity of sound in the fluid at the considered temperature and pressure. It is given by the formula

$$Ma = \frac{U}{c}$$

4.17 Strouhal number, Sr : Dimensionless parameter relating the vortex shedding frequency f generated by a body having a characteristic dimension l to the fluid velocity v . It is given by the formula

$$Sr = \frac{fl}{v}$$

4.18 arithmetical mean deviation of the (roughness) profile, R_a : Arithmetic mean of the absolute values of the profile departures within the sampling length. It has the dimensions of length.

4.19 equivalent uniform roughness, k : Diameter of closely-packed spherical particles lining the inner surface of a conduit that would give the same pressure loss per unit length as the actual surface of a conduit of equivalent diameter.

4.20 universal head loss coefficient, λ : Ratio of the pressure loss of a flow, along a length of conduit equal to the hydraulic diameter, to the dynamic pressure calculated from the mean axial fluid velocity. It is given by the formula

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho U^2$$

4.21 friction velocity, u^* : Square root of the quotient of the wall shear stress τ_o and the density of the flowing fluid, i.e.

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} = U \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$$

4.22 steady flow: Flow in which parameters such as velocity, pressure, density and temperature do not vary sufficiently with time to affect the required accuracy of measurement.

NOTE — The steady flows observed in conduits are in practice flows in which these parameters vary in time about mean values independent of time; these are actually "mean steady flows".

4.23 pulsating flow of mean constant flow-rate: Flow in which the flow-rate in a measuring section is a function of time but has a constant mean value when averaged over a sufficiently long period of time.

NOTE — Two types of pulsating flow are found, i.e.

- periodic pulsating flow;
- randomly fluctuating flow.

4.16 nombre de Mach, Ma : Rapport de la vitesse débitante du fluide à la célérité du son dans ce fluide, à la température et à la pression considérées. Il est défini par la formule

$$Ma = \frac{U}{c}$$

4.17 nombre de Strouhal, Sr : Nombre sans dimension reliant la fréquence f de lâcher des tourbillons occasionnés par un obstacle de dimension caractéristique l à la vitesse du fluide v . Il est défini par la formule

$$Sr = \frac{fl}{v}$$

4.18 écart moyen arithmétique du profil (de rugosité), R_a : Moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts du profil dans les limites de la longueur de base. Il a les dimensions d'une longueur.

4.19 rugosité uniforme équivalente, k : Diamètre des particules sphériques tapissant de façon jointive la surface intérieure d'une conduite qui produiraient la même perte de pression par unité de longueur que la surface réelle d'une conduite de diamètre équivalent.

4.20 coefficient universel de perte de charge, λ : Rapport de la perte de pression d'un écoulement, sur une longueur de conduite égale au diamètre hydraulique, à la pression dynamique calculée à partir de la vitesse débitante. Il est défini par la formule

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho U^2$$

4.21 vitesse de frottement, u^* : Racine carrée du quotient de la contrainte de frottement à la paroi τ_o par la masse volumique du fluide en écoulement:

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} = U \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$$

4.22 écoulement permanent: Écoulement dans lequel les grandeurs telles que vitesse, pression, masse volumique et température ne varient pas dans le temps de façon suffisante pour affecter l'exactitude de mesure requise.

NOTE — Les écoulements permanents observés dans les conduites sont en pratique des écoulements pour lesquels ces valeurs varient dans le temps autour de valeurs moyennes indépendantes du temps; ce sont, en fait, des «écoulements permanents en moyenne».

4.23 écoulement pulsatoire de débit moyen constant: Écoulement pour lequel le débit dans une section de mesure est une fonction du temps, mais dont la valeur moyenne prise dans un intervalle de temps suffisamment long est constante.

NOTE — Il existe deux types d'écoulement pulsatoire, à savoir:

- l'écoulement pulsatoire périodique,
- l'écoulement pulsatoire fluctuant aléatoire.

4.24 unsteady flow: Flow, which may be laminar or turbulent, in which parameters such as velocity, pressure, density and temperature fluctuate with time.

NOTE — The time interval being considered has to be sufficiently long that the random components of the turbulent flow itself may be ignored.

4.25 laminar flow: Flow under conditions where the forces due to viscosity are predominant in comparison with the forces due to inertia.

NOTE — Laminar flow may be unsteady but is completely free from turbulent mixing. Poiseuille flow is an example of steady laminar flow in a circular conduit.

4.26 turbulent flow: Flow under conditions where the forces due to inertia are predominant in comparison with the forces due to viscosity.

NOTE — Turbulent flow is a flow in which irregular (random) velocity fluctuations in time and space are superimposed on the mean flow.

4.27 fully rough turbulent flow: Flow in a conduit of a given relative roughness which occurs when the universal coefficient for head loss λ is independent of the Reynolds number Re .

4.28 transition flow: Flow intermediate between laminar flow and turbulent flow.

NOTE — As a guide, the Reynolds number for the transition flow of a newtonian fluid, when referred to the conduit diameter, is generally between a lower limit of 2 000 and an upper limit which varies between 7 000 and 12 000 depending on the conduit roughness and other factors.

4.29 Coanda effect: Effect which occurs when a jet of fluid adheres to a nearby solid surface.

4.30 Doppler effect: Apparent change in the frequency of a radiation due to relative motion between a primary or secondary source and the observer.

4.31 ratio of the specific heat capacities, γ : Ratio of the specific heat capacity at constant pressure to the specific heat capacity at constant volume:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

It varies in general whenever the gas temperature and/or pressure vary.

4.24 écoulement non permanent: Écoulement, laminaire ou turbulent, dans lequel les grandeurs telles que vitesse, pression, masse volumique et température fluctuent dans le temps.

NOTE — L'intervalle de temps considéré doit être suffisamment long pour exclure de cette définition les composantes aléatoires de l'écoulement turbulent.

4.25 écoulement laminaire: Écoulement dans lequel les forces de viscosité sont prépondérantes par rapport aux forces d'inertie.

NOTE — Un écoulement laminaire peut être non permanent mais il est toujours exempt de turbulence. L'écoulement de Poiseuille est un exemple d'écoulement laminaire permanent dans une conduite circulaire.

4.26 écoulement turbulent: Écoulement dans lequel les forces d'inertie sont prépondérantes par rapport aux forces de viscosité.

NOTE — Un écoulement turbulent est un écoulement dans lequel les fluctuations aléatoires de la vitesse, dans l'espace et dans le temps, sont superposées à l'écoulement moyen.

4.27 écoulement turbulent rugueux: Écoulement qui règne dans une conduite de rugosité relative donnée lorsque le coefficient universel de perte de charge λ est indépendant du nombre de Reynolds Re .

4.28 écoulement de transition: Écoulement intermédiaire entre un écoulement laminaire et un écoulement turbulent.

NOTE — À titre indicatif, pour un fluide newtonien, dans un écoulement de transition, le nombre de Reynolds rapporté au diamètre de la conduite est généralement compris entre une limite inférieure de 2 000 et une limite supérieure qui varie entre 7 000 et 12 000 suivant la rugosité de la conduite et d'autres facteurs.

4.29 effet Coanda: Effet amenant un jet de fluide à s'attacher à une surface solide avoisinante.

4.30 effet Doppler: Variation apparente de la fréquence d'un rayonnement par suite du mouvement relatif entre la source primaire ou secondaire et l'observateur.

4.31 rapport des capacités thermiques massiques, γ : Rapport de la capacité thermique massique à pression constante à la capacité thermique massique à volume constant:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

Il varie en général quand la température et/ou la pression du gaz varient.

4.32 isentropic exponent, κ : Ratio of the relative variation in pressure to the corresponding relative variation in density under elementary reversible adiabatic (isentropic) transformation conditions:

$$\kappa = \frac{\rho}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_S$$

For an ideal gas, the isentropic exponent is equal to the ratio of the specific heat capacities, this ratio being considered as constant in the chosen integration interval.

NOTE — The subscript S means "at constant entropy".

4.33 compressibility factor, Z : Correction factor expressing numerically the deviation from the ideal gas law of the behaviour of a real gas at given pressure and temperature conditions. It is defined by the formula

$$Z = \frac{pM}{\rho RT}$$

where R , the molar gas constant, equals 8,314 3 J/(mol·K).

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

$$\kappa = \frac{\rho}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_S$$

Pour un gaz parfait, l'exposant isentropique est égal au rapport des capacités thermiques massiques, ce rapport étant considéré comme constant dans l'intervalle d'intégration choisi.

NOTE — L'indice S signifie à entropie constante.

4.33 facteur de compressibilité, Z : Coefficient correctif exprimant numériquement le fait que le comportement d'un gaz réel, dans des conditions données de pression et de température, s'écarte de la loi des gaz parfaits. Il est défini par la formule

$$Z = \frac{pM}{\rho RT}$$

où la constante molaire des gaz, R , est égale à 8,314 3 J/(mol·K).

5 Uncertainties

The definitions given in this clause are based on those from appropriate statistics standards but on occasions the full rigorous statistical definitions are not given in view of the practical interpretation of these definitions. In no case will the definitions given lead to errors in the formulae used. For further details, see ISO 3534 and the *International vocabulary of basic and general terms in metrology* (BIPM/IEC/ISO/OIML).

5.1 average value, $\bar{x}$: Arithmetic mean of n readings of the quantity x . The average value $\bar{x}$ is calculated using the following formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

5.2 sensitivity [influence] coefficient, θ_x : Ratio of the change in a result R to the change in an input parameter x :

$$\theta_x = \frac{\Delta R}{\Delta x}$$

In relative terms this becomes

$$\theta'_x = \frac{\Delta R}{R} \bigg/ \frac{\Delta x}{x}$$

5 Incertitudes

Les définitions données dans cet article sont fondées sur celles des normes de statistique mais de temps à autre les définitions statistiques rigoureuses ne sont pas données, du fait qu'elles doivent être interprétées d'une manière pratique. En aucun cas, les définitions données ne doivent conduire à des erreurs dans les formules utilisées. Pour de plus amples détails, voir ISO 3534 et le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (BIPM/CEI/ISO/OIML).

5.1 valeur moyenne, $\bar{x}$: Moyenne arithmétique de n lectures de la grandeur x . La valeur moyenne $\bar{x}$ est calculée à l'aide de la formule

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

5.2 coefficient de sensibilité [d'influence], θ_x : Rapport de la variation d'un résultat R à la variation d'un paramètre d'entrée x :

$$\theta_x = \frac{\Delta R}{\Delta x}$$

En termes relatifs, cela devient

$$\theta'_x = \frac{\Delta R}{R} \bigg/ \frac{\Delta x}{x}$$

5.3 frequency distribution: Relationship between the measured values of a variable and their frequencies of occurrence.

5.4 population: Totality of items under consideration.

5.5 sample: One or more items taken from a population and intended to provide information on the population, and possibly to serve as a basis for a decision on the population or on the process which produced it.

5.5.1 sample size, n : Number of items which are to be included in the sample.

5.6 true value: Value which characterizes a quantity perfectly defined in the conditions which exist when that quantity is considered.

It is an ideal value which could only be achieved if all causes of measurement error were eliminated.

5.7 number of degrees of freedom, ν : In general, the number of observations minus the number of parameters.

NOTE — For example, the standard deviation is said to have $(n-1)$ degrees of freedom because for the estimation of the mean it is necessary to use one degree of freedom.

5.8 deviation: Difference between the value of a quantity and a standard or reference value.

NOTE — Particularly in statistics, the reference value is frequently the arithmetic mean of a series of measurements.

5.9 experimental standard deviation, s : For a series of n measurements of the same measurand, the parameter characterizing the dispersion of the results and given by the formula

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

where

x_i is the result of the i th measurement;

$\bar{x}$ is the arithmetic mean of the n results considered.

NOTES

1 The experimental standard deviation should not be confused with the population standard deviation σ of a population of size N and of mean m , given by the formula

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}{N}}$$

2 If the series of n measurements is considered to be a sample of a population, s is an estimate of the population standard deviation.

5.3 distribution de fréquence: Relation entre les valeurs mesurées d'une variable et leurs fréquences.

5.4 population: Totalité des individus pris en considération.

5.5 échantillon: Un ou plusieurs individus prélevés dans une population et destinés à fournir une information sur la population, et éventuellement à servir de base à une décision concernant la population ou le procédé qui l'a produite.

5.5.1 taille de l'échantillon, n : Nombre d'individus à inclure dans l'échantillon.

5.6 valeur vraie: Valeur qui caractérise une grandeur parfaitement définie dans les conditions qui existent lorsque cette grandeur est considérée.

C'est une valeur idéale que l'on ne pourrait atteindre que si l'on pouvait éliminer toutes les causes d'erreur de mesurage.

5.7 nombre de degrés de liberté, ν : En général, nombre d'observations moins le nombre de paramètres.

NOTE — Par exemple, l'écart-type est dit avoir $(n-1)$ degrés de liberté puisque, pour l'estimation de la moyenne, il faut utiliser un degré de liberté.

5.8 écart: Différence entre la valeur d'une grandeur et sa valeur type ou de référence.

NOTE — Notamment en statistique, la valeur de référence est souvent la moyenne arithmétique d'une série de mesurages.

5.9 écart-type expérimental, s : Pour une série de n mesurages du même mesurand, paramètre caractérisant la dispersion des résultats, donné par la formule

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

où

x_i est le résultat du i ème mesurage;

$\bar{x}$ est la moyenne arithmétique des n résultats considérés.

NOTES

1 L'écart-type expérimental ne doit pas être confondu avec l'écart-type σ d'une population d'effectif N et de moyenne m , donné par la formule

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}{N}}$$

2 En considérant la série de n mesurages comme échantillon d'une population, s est une estimation de l'écart-type de la population.

5.9.1 experimental standard deviation of the mean, $s(\bar{x})$: Estimate of the standard deviation of the arithmetic mean $\bar{x}$ with respect to the mean m of the overall population. It is given by the formula

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

5.9.2 residual standard deviation, s_R

See 5.22, standard error of estimate.

5.10 experimental variance, s^2 : A measure of the scatter or spread of a distribution. It is estimated by calculating the sum of the squares of deviations of measurements about the mean, divided by the number of degrees of freedom:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

5.10.1 residual variance, s_R^2 : The square of the residual standard deviation.

5.11 weight of measurement, w_i : Number which expresses the degree of confidence in the result of a measurement of a certain quantity in comparison with the result of another measurement of the same quantity.

5.11.1 arithmetic weighted mean, $\bar{x}_w$: **weighted average, $\bar{x}_w$:** Sum of the products of each value and its weight (which can be positive or zero) of measurement divided by the sum of the weights of measurement. It is given by the formula

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

5.12 calibration: The set of operations which establish, under specified conditions, the relationship between values indicated by a measuring device and the corresponding known values obtained using a measuring standard suitable for the flow-rates being measured.

5.12.1 calibration hierarchy

5.12.1.1 traceability: Property of a result of a measurement whereby it can be related to appropriate standards, generally international or national standards, through an unbroken chain of comparisons.

5.9.1 écart-type expérimental de la moyenne, $s(\bar{x})$: Estimation de l'écart-type de la moyenne arithmétique $\bar{x}$ par rapport à la moyenne m de la population globale. Il est donné par la formule

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

5.9.2 écart-type résiduel, s_R

Voir 5.22, erreur-type de l'estimation.

5.10 variance expérimentale, s^2 : Mesure de la dispersion ou de l'étendue d'une distribution. Elle est estimée par le calcul de la somme des carrés des écarts des mesures par rapport à la moyenne divisée par le nombre de degrés de liberté:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

5.10.1 variance résiduelle, s_R^2 : Carré de l'écart-type résiduel.

5.11 coefficient de pondération, w_i : Nombre qui exprime le degré de confiance dans le résultat d'une mesure d'une certaine grandeur par rapport au résultat d'une autre mesure de la même grandeur.

5.11.1 moyenne arithmétique pondérée, $\bar{x}_w$: Somme des produits de chaque valeur et de son coefficient de pondération (qui peut être positif ou nul) divisée par la somme des coefficients de pondération. Elle est donnée par la formule

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

5.12 étalonnage: Ensemble des opérations établissant, dans des conditions prescrites, la relation entre les valeurs fournies par un instrument de mesure et les valeurs connues correspondantes obtenues au moyen d'un étalon de mesure convenant pour les débits mesurés.

5.12.1 chaîne d'étalonnage

5.12.1.1 traçabilité: Propriété d'un résultat de mesure consistant à pouvoir le relier à des étalons appropriés, généralement internationaux ou nationaux par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons.

5.13 normal distribution; Laplace-Gauss distribution: Probability distribution of a continuous random variable x such that the probability density is

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

NOTE — m is the arithmetic mean and σ is the standard deviation of the normal distribution.

5.14 method of least squares: Technique used to compute the coefficients of the equation when a particular form of equation is chosen for fitting a curve to data. The principle of the method of least squares is the minimization of the sum of squares of deviations of the data from the curve.

5.15 regression: Process of quantifying the dependence of one variable on one or more other variables. Regression is a procedure for determining the unknown constants of a proposed model in such a manner that predictions from the model are as close as possible to the data in some way. Often "as close as possible" is taken to mean that the sum of squares of the deviations is a minimum. Many of the available computer programs suitable for curve fitting have the word "regression" in the title. For the purposes of this International Standard, regression and least squares may be regarded as synonyms.

5.16 (absolute) error of measurement: The result of a measurement minus the (conventional) true value of the measurand.

NOTES

- 1 The term relates equally to
 - the indication,
 - the uncorrected result,
 - the corrected result.
- 2 The known parts of the error of measurement may be compensated by applying appropriate corrections. The error of the corrected result can only be characterized by an uncertainty.
- 3 "Absolute error", which has a sign, should not be confused with **absolute value of an error** which is the modulus of an error.

5.17 outlier: An observed value which appears to be inconsistent with the remainder of the set of data.

5.18 spurious errors: Errors which invalidate a measurement. They generally have a single cause such as the incorrect recording of one or more significant digits or the malfunction of instruments.

5.19 random error: Component of the error of measurement which, in the course of a number of measurements of the same measurand, varies in an unpredictable way.

NOTE — It is not possible to correct for random error.

5.13 loi normale; loi de Laplace-Gauss: Loi de probabilité d'une variable aléatoire continue, x , telle que la densité de probabilité soit

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

NOTE — m est la valeur moyenne et σ est l'écart-type de la distribution normale.

5.14 méthode des moindres carrés: Technique utilisée pour calculer les coefficients de l'équation, lorsqu'une forme particulière d'équation est choisie pour adapter une courbe aux données. Le principe de la méthode des moindres carrés est de minimiser la somme des carrés des écarts des données par rapport à la courbe.

5.15 régression: Procédé quantifiant la dépendance d'une variable par rapport à une ou plusieurs autres variables. La régression est un procédé de détermination des constantes inconnues d'un modèle proposé de telle manière que les prévisions du modèle soient aussi proches que possible des données à certains égards. Souvent "aussi proches que possible" signifie que la somme des carrés des écarts est minimale. Beaucoup de programmes d'ordinateurs disponibles et convenant aux adaptations de courbes comportent en titre le mot "régression". Dans le cadre de la présente Norme internationale, la régression et les moindres carrés peuvent être considérés comme synonymes.

5.16 erreur (absolue) de mesure: Résultat d'un mesurage moins la valeur (conventionnellement) vraie de la grandeur mesurée.

NOTES

- 1 Le terme s'applique également :
 - à l'indication,
 - au résultat brut,
 - au résultat corrigé.
- 2 Les parties connues de l'erreur de mesure peuvent être compensées par l'application de corrections appropriées. L'erreur du résultat corrigé ne peut être caractérisée que par une incertitude.
- 3 Ne pas confondre « erreur absolue » qui est une grandeur algébrique et **valeur absolue d'une erreur** qui est le module d'une erreur.

5.17 valeur aberrante: Valeur observée qui semble être incompatible avec le reste de la série de données.

5.18 erreurs aberrantes: Erreurs qui rendent une mesure non valable. Généralement, elles ont une seule cause telle que l'enregistrement incorrect d'un ou plusieurs chiffres significatifs ou le mauvais fonctionnement des instruments.

5.19 erreur aléatoire: Composante de l'erreur de mesure qui, lors de plusieurs mesurages du même mesurand, varie d'une façon imprévisible.

NOTE — On ne peut pas tenir compte de l'erreur aléatoire par application d'une correction.

5.20 systematic error: Component of the error of measurement which, in the course of a number of measurements of the same measurand, remains constant or varies in a predictable way.

NOTES

- 1 Systematic errors and their causes may be known or unknown.
- 2 The known part of a systematic error is not to be included in the uncertainty budget to the instrument which is calibrated (it should, as a bias error, be subtracted beforehand).

5.21 elemental error: Random or systematic error associated with a single source or process in a chain of sources or processes.

5.22 standard error of estimate, s_R : Measure of dispersion of the dependent variable (output) about the least-squares line obtained by curve fitting or regression analysis. For a curve based on n data points and for which the equation has a number k of coefficients, the standard error of estimate is calculated as follows:

$$s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

NOTES

- 1 This equation is similar to the expression for standard deviation except that the curve-fit value $\hat{y}_i$ replaces the mean value $\bar{y}$ and k replaces 1.
- 2 This is often referred to as the "residual standard deviation".

5.23 confidence limits: The lower and upper limits within which the true value is expected to lie with a specified probability, assuming negligible systematic error.

5.24 confidence level: The probability that the true value will lie between the specified confidence limits, assuming negligible systematic error. This is generally expressed as a percentage, e.g. 95 %.

5.25 Student's t distribution: The distribution of the deviations of the mean values of the samples from the population mean expressed as a proportion of the sample standard deviation (the samples being taken from normal distributions). It is used to set the confidence limits of the population mean, in particular in cases where the mean has been estimated from small samples. The value of t is obtained from tables giving the number of degrees of freedom and the confidence level.

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s/\sqrt{n}}$$

where m is the population mean.

5.20 erreur systématique: Composante de l'erreur de mesure qui, lors de plusieurs mesurages du même mesurande, reste constante ou varie d'une façon prévisible.

NOTES

- 1 Les erreurs systématiques et leurs causes peuvent être connues ou inconnues.
- 2 La part connue de l'erreur systématique ne doit pas être incluse dans les incertitudes relatives à l'instrument calibré (elle devrait, comme une erreur de justesse, être soustraite auparavant).

5.21 erreur élémentaire: Erreur aléatoire ou systématique associée à une source unique ou à un procédé unique dans une suite de sources ou de procédés.

5.22 erreur-type de l'estimation, s_R : Mesure de la dispersion de la variable dépendante (de sortie) par rapport à la ligne des moindres carrés obtenue par détermination de la courbe la mieux adaptée ou par analyse de régression. Pour une courbe basée sur n points relevés et dont l'équation utilise k coefficients, l'erreur-type de l'estimation se calcule comme suit:

$$s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

NOTES

- 1 Cette équation est similaire à l'expression de l'écart-type à ceci près que $\hat{y}_i$ remplace la valeur moyenne $\bar{y}$ et que k remplace 1.
- 2 On désigne souvent ce paramètre par «écart-type résiduel».

5.23 limites de confiance: Limites inférieure et supérieure à l'intérieur desquelles la valeur vraie est supposée se trouver avec une probabilité prescrite, en supposant une erreur systématique négligeable.

5.24 niveau de confiance: Probabilité que la valeur vraie soit entre les limites de confiance prescrites avec une erreur systématique négligeable. Il est généralement exprimé en pourcentage, par exemple 95 %.

5.25 distribution t de Student: Loi de répartition des écarts des valeurs moyennes des échantillons par rapport à la moyenne de la population, ces écarts étant rapportés à l'écart-type de l'échantillon (les échantillons étant pris selon des lois normales). Elle est utilisée pour établir les limites de confiance de la moyenne de la population en particulier lorsque celle-ci a été estimée à partir de petits échantillons. La valeur de t est obtenue à partir de tableaux établis en fonction du nombre de degrés de liberté et du niveau de confiance.

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s/\sqrt{n}}$$

où m est la moyenne de la population.

EXAMPLE

$$(U_r)_{95} = t_{95}s$$

where

$(U_r)_{95}$ is the random uncertainty at the 95 % confidence level;

t_{95} is the appropriate value of Student's t .

5.26 uncertainty, $U(\)$: Estimate characterizing the range of values within which the true value of a measurand lies.

NOTES

1 The symbol e is sometimes used instead of U to designate uncertainty.

2 Uncertainty of measurement comprises, in general, many components. Some of these components may be estimated on the basis of the statistical distribution of the results of series of measurements and can be characterized by experimental standard deviations. Estimates of other components can only be based on experience or other information.

5.26.1 random uncertainty, $U_r(\)$: Component of uncertainty associated with a random error. Its effect on the mean value can be reduced by taking many measurements.

NOTE — The symbol e is sometimes used instead of U to designate uncertainty.

5.26.2 systematic uncertainty, $U_s(\)$: Component of uncertainty associated with a systematic error. Its effect cannot be reduced by taking many measurements.

NOTE — The symbol e is sometimes used instead of U to designate uncertainty.

5.27 accuracy: The closeness of the agreement between the result of a measurement and the (conventional) true value of the measurement. The quantitative expression of accuracy should be in terms of uncertainty. Good accuracy implies small random and systematic errors.

NOTE — The use of the term precision for accuracy should be avoided.

5.28 measurand: A quantity subjected to measurement.

NOTE — As appropriate, this may be the measured quantity or the quantity to be measured.

EXEMPLE

$$(U_r)_{95} = t_{95}s$$

où

$(U_r)_{95}$ est l'incertitude aléatoire pour un niveau de confiance de 95 %;

t_{95} est la valeur appropriée du « t » de Student.

5.26 incertitude, $U(\)$: Estimation caractérisant l'étendue des valeurs dans laquelle se situe la valeur vraie d'une grandeur mesurée.

NOTES

1 Le symbole e est parfois utilisé à la place de U pour désigner les incertitudes.

2 L'incertitude de mesure comprend, en général, plusieurs composantes. Certaines peuvent être estimées en se fondant sur la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par un écart-type expérimental. L'estimation des autres composantes ne peut être fondée que sur l'expérience ou sur d'autres informations.

5.26.1 incertitude aléatoire, $U_r(\)$: Composante de l'incertitude associée à une erreur aléatoire. Son effet sur la valeur moyenne peut être réduit en faisant de nombreuses mesures.

NOTE — Le symbole e est parfois utilisé à la place de U pour désigner les incertitudes.

5.26.2 incertitude systématique, $U_s(\)$: Composante de l'incertitude associée à une erreur systématique. Son effet ne peut pas être réduit en faisant de nombreuses mesures.

NOTE — Le symbole e est parfois utilisé à la place de U pour désigner les incertitudes.

5.27 exactitude: Étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie (conventionnelle) de la grandeur mesurée. L'exactitude s'exprime quantitativement sous forme d'incertitude. Une bonne exactitude implique de faibles erreurs aléatoires et systématiques.

NOTE — L'emploi du terme «précision» au lieu d'«exactitude» doit être évité.

5.28 mesurande: Grandeur soumise au mesurage.

NOTE — Ce peut être, selon le cas, la grandeur mesurée ou la grandeur à mesurer.

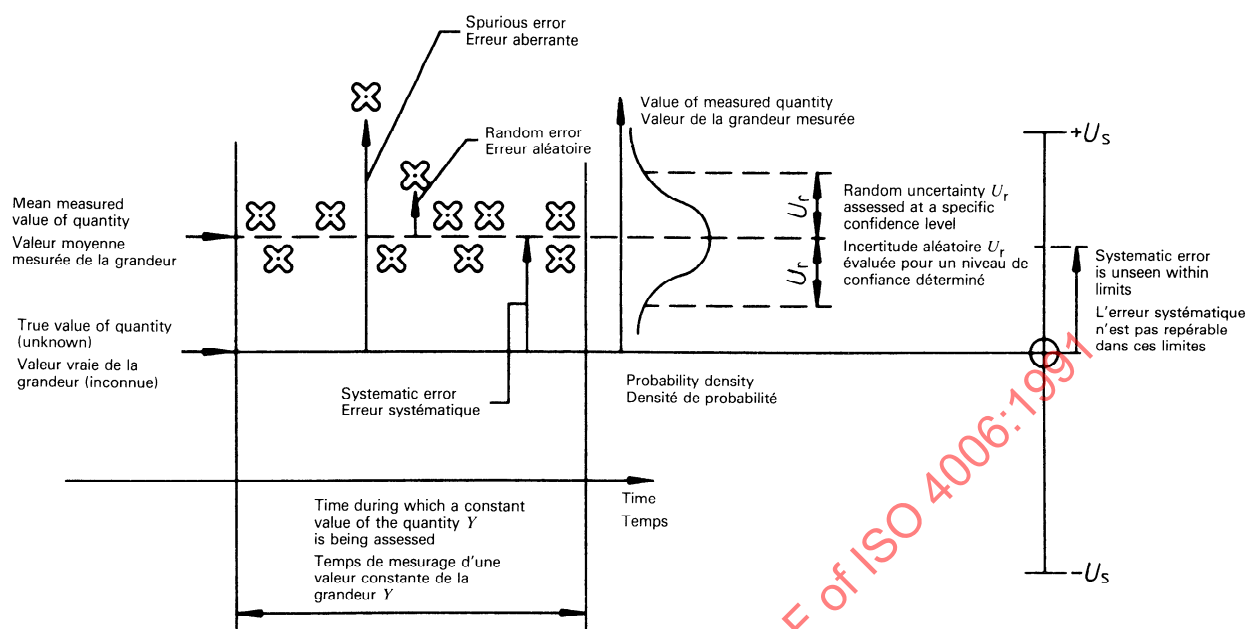


Figure 2 — Diagram illustrating the terms relating to errors and uncertainties
Figure 2 — Schéma illustrant les termes relatifs aux erreurs et incertitudes

6 General terms related to the devices

6.1 flowmeter: Flow measuring device which indicates the measured flow-rate.

NOTE — In the English language, the term “flowmeter” is also used for a device that indicates the total amount of fluid passed during a selected time interval.

6.2 meter tube: Specially fabricated section of conduit conforming in all respects to the specifications of a standard and incorporating a flow measuring device.

NOTE — For example, in the case of an electromagnetic flowmeter, the meter tube is the section which provides electrical insulation of the conduit or, in the case of an orifice flowmeter, incorporates a carrier mechanism to allow the orifice plate to be withdrawn from the conduit.

6.3 primary device: Device which generates a signal enabling the determination of the flow-rate. According to the principle used, the primary device can be internal or external to the conduit (see also 7.2, 11.1.1 and 15.2).

6.4 secondary device: Device which receives from the primary device a signal and displays, records, transforms and/or transmits it in order to obtain the value of the flow-rate (see also 11.1.2).

6.5 output signal: Output from the secondary device which is a function of the flow-rate.

6.6 calibration factor of the primary device: Quotient of the flow-rate and the value of the corresponding signal emitted by the primary device, under defined reference conditions.

6 Termes généraux relatifs aux instruments

6.1 débitmètre: Instrument de mesure qui indique le débit mesuré.

NOTE — En anglais, on utilise aussi le même terme, «flowmeter», pour désigner un instrument qui indique la quantité totale de fluide écoulé durant un intervalle de temps déterminé.

6.2 tube de mesure: Tronçon de conduite fabriqué spécialement afin de respecter à tous égards les spécifications d'une norme et dans lequel est incorporé un instrument de mesure du débit.

NOTE — Par exemple, le tube de mesure est le tronçon assurant l'isolement de la conduite dans le cas d'un débitmètre électromagnétique ou comportant un mécanisme support qui permet de retirer un diaphragme de la conduite, dans le cas d'un débitmètre à diaphragme.

6.3 élément primaire: Dispositif engendrant un signal qui permet la détermination du débit. Suivant le principe utilisé, l'élément primaire peut être interne ou externe à la conduite (voir aussi 7.2, 11.1.1 et 15.2).

6.4 élément secondaire: Dispositif qui, recevant de l'élément primaire un signal, l'affiche, l'enregistre, le traite et/ou le transmet afin d'obtenir la valeur du débit (voir aussi 11.1.2).

6.5 signal de sortie: Signal de sortie de l'élément secondaire qui est une fonction du débit.

6.6 coefficient d'étalonnage d'un élément primaire: Quotient du débit par la valeur correspondante du signal émis par l'élément primaire dans des conditions de référence définies.

6.7 maximum flow-rate: Flow-rate value corresponding to the upper limit of the flow-rate range (see 6.9). It is the highest value of the flow-rate for which the device is required to supply, during a limited or predetermined interval of time, information which is not subject to an error greater than the maximum permissible error.

NOTE — For water meters, the maximum flow-rate is called the overload flow-rate.

6.8 minimum flow-rate: Flow-rate value corresponding to the lower limit of the flow-rate range (see 6.9).

6.9 flow-rate range: Range, defined by the maximum flow-rate and the minimum flow-rate, in which the device indications must not be subject to an error greater than the maximum permissible error.

6.10 transitional flow-rate: Flow-rate value, occurring between the maximum and minimum flow-rates, at which the flow-rate range is usually divided into two zones, the "upper zone" and "lower zone", each characterized by an individual maximum permissible error.

6.11 nominal flow-rate: Flow-rate value defined as half the maximum flow-rate. At the nominal flow-rate the device shall be capable of operation under normal conditions of use, i.e. under both continuous and intermittent conditions, without exceeding the maximum permissible error.

NOTE — For water meters, the nominal flow-rate is called the permanent flow-rate.

6.12 full-scale flow-rate: Flow-rate corresponding to the maximum output signal.

6.13 pressure loss (caused by a primary device): Irrecoverable pressure loss caused by the presence of a primary device in the conduit.

6.14 working conditions: Instantaneous values of the physical properties of the fluid flowing through a device, measured in accordance with the specifications of the primary device considered.

6.14.1 working temperature: Static temperature of the fluid flowing through the primary device, measured in accordance with the specifications of the primary device.

6.14.2 working pressure: Absolute static pressure of the fluid flowing through the primary device, measured in accordance with the specifications of the primary device.

6.15 installation conditions: General physical circumstances in which a flow measuring device may be used.

NOTE — The circumstances include the ambient conditions, the fluid state and the range of values of its physical properties, and the geometrical arrangement of the conduit and of its associated fittings.

6.7 débit maximal: Valeur du débit correspondant à la limite supérieure de l'étendue de mesure (voir 6.9). C'est la valeur du débit le plus élevé auquel l'instrument doit pouvoir fournir, pendant une durée limitée ou prédéterminée, des indications qui ne sont pas entachées d'une erreur supérieure à l'erreur maximale admissible.

NOTE — Pour les compteurs d'eau, le débit maximal est appelé débit de surcharge.

6.8 débit minimal: Valeur du débit correspondant à la limite inférieure de l'étendue de mesure (voir 6.9).

6.9 étendue de mesure des débits: Etendue délimitée par le débit maximal et le débit minimal, dans laquelle les indications de l'instrument ne doivent pas être entachées d'une erreur supérieure à l'erreur maximale admissible.

6.10 débit de transition: Valeur du débit, intermédiaire entre le débit maximal et le débit minimal, qui partage généralement l'étendue de mesure en deux zones, la zone supérieure et la zone inférieure, caractérisées chacune par une erreur maximale admissible propre.

6.11 débit nominal: Valeur du débit définie comme la moitié du débit maximal. Au débit nominal, l'instrument doit pouvoir fonctionner dans ses conditions normales d'utilisation, qu'elles soient continues ou intermittentes, sans dépasser l'erreur maximale admissible.

NOTE — Pour les compteurs d'eau, le débit nominal est appelé débit permanent.

6.12 débit à pleine échelle: Débit correspondant au signal maximal de sortie.

6.13 perte de pression (créée par un élément primaire): Perte de pression non récupérable créée par la présence d'un élément primaire dans la conduite.

6.14 conditions de service: Valeurs instantanées des grandeurs physiques du fluide traversant l'instrument, mesurées conformément aux spécifications de l'élément primaire considéré.

6.14.1 température de service: Température statique du fluide traversant un élément primaire, mesurée conformément aux spécifications de celui-ci.

6.14.2 pression de service: Pression statique absolue du fluide traversant un élément primaire, mesurée conformément aux spécifications de celui-ci.

6.15 conditions d'installation: Conditions physiques générales dans lesquelles un instrument de mesure du débit peut être utilisé.

NOTE — Ces conditions comprennent les conditions ambiantes, l'état du fluide, la gamme des valeurs des propriétés physiques de celui-ci et la disposition géométrique de la conduite et des accessoires associés.

6.16 straight length: Portion of a conduit whose axis is straight and in which the cross-sectional area and shape are constant; the cross-sectional shape is usually circular or rectangular, but may be annular or any other regular shape.

6.17 irregularity: Any component or configuration of a conduit which makes it different from a straight length or which produces a considerable change in the wall roughness.

6.18 flow conditioner [straightener]: Device inserted in a conduit to reduce the straight length needed to obtain a regular velocity distribution.

6.19 swirl reducer: Device inserted in a conduit to eliminate or reduce circumferential velocity components.

6.20 flow stabilizer: Device installed in a measuring system to ensure a steady flow-rate in the system.

6.20.1 constant-level head tank: Flow stabilizing tank, the level of liquid in which is controlled for example by a weir the length of which shall be as long as possible to ensure steady flow conditions in the circuit being supplied with liquid.

6.21 wall (pressure) tapping: Annular or circular hole drilled in the wall of a conduit in such a way that the edge of the hole is flush with the internal surface of the conduit. The tapping is achieved such that the pressure within the hole is the static pressure at that point in the conduit.

6.22 drain holes: Holes drilled through the conduit wall to facilitate the removal from the metered fluid of undesirable solid particles or fluids with densities greater than that of the metered fluid.

6.23 vent holes: Holes drilled through the conduit wall to facilitate the removal from the metered fluid of undesirable fluids with densities lower than that of the metered fluid.

7 Differential pressure devices

7.1 differential pressure device: Device which is inserted in a conduit to create a pressure difference the measurement of which, together with a knowledge of the fluid conditions and of the geometry of the device and the conduit, enables the flow-rate to be calculated (see 7.9, 7.10 and 7.11).

NOTE — Standardized differential pressure devices are described in ISO 5167-1.

7.2 primary device (of a differential pressure device): Combination of a differential pressure device and the conduit in which it is mounted, including its pressure tapings. For standardized primary devices, refer to the relevant standards.

7.3 orifice; throat: Opening of minimum cross-sectional area of a primary device.

6.16 longueur droite: Tronçon de conduite dont l'axe est rectiligne et dont l'aire et la forme de la section droite sont constantes; la forme de cette section est généralement circulaire ou rectangulaire, mais peut être annulaire ou de toute autre forme régulière.

6.17 singularité: Tout élément ou configuration d'une conduite rendant celle-ci différente d'une longueur droite ou entraînant une variation très importante de la rugosité de la paroi.

6.18 tranquilliseur: Dispositif inséré dans une conduite afin de réduire la longueur droite nécessaire à l'obtention d'une répartition régulière des vitesses.

6.19 dispositif antigiratoire: Dispositif inséré dans une conduite afin d'éliminer ou de réduire les composantes circumférentielles des vitesses.

6.20 stabilisateur de débit: Dispositif inséré dans le circuit de mesure, en vue d'y assurer un écoulement permanent.

6.20.1 bac à niveau constant: Réservoir utilisé comme stabilisateur de débit et dont le niveau est réglé, par exemple, par une arête déversante aussi longue que possible afin d'assurer un régime permanent dans le circuit qu'il alimente.

6.21 prise de pression à la paroi: Orifice (circulaire ou annulaire) aménagé dans la paroi d'une conduite, dont le bord est arasé à la paroi interne de cette conduite, la prise étant réalisée de manière que la pression dans la prise corresponde à la pression régnant dans la conduite, à l'endroit de cet orifice.

6.22 purges: Orifices percés dans la paroi de la conduite pour permettre d'extraire du fluide mesuré les particules solides ou les fluides plus denses indésirables.

6.23 événements: Orifices percés dans la paroi de la conduite pour permettre d'extraire du fluide mesuré les fluides moins denses indésirables.

7 Appareils déprimogènes

7.1 appareil déprimogène: Dispositif inséré dans une conduite pour créer une différence de pression dont la mesure jointe à la connaissance de l'état du fluide, et des caractéristiques géométriques du dispositif et de la conduite, permet de calculer la valeur du débit (voir 7.9, 7.10 et 7.11).

NOTE — Les appareils déprimogènes normalisés sont décrits dans ISO 5167-1.

7.2 élément primaire (d'un appareil déprimogène): Ensemble de l'appareil déprimogène et de l'élément de conduite associé dans lequel il est monté, avec ses prises de pression. Dans le cas des éléments primaires normalisés, se référer aux normes afférentes.

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

7.4 diameter ratio (of a primary device used in a given conduit), β : The ratio of the diameter of the orifice (throat) of the primary device to the internal diameter of the conduit upstream of the primary device.

7.5 Pressure tapings; pressure taps

7.5.1 corner pressure tapings: One or more pairs of wall pressure tapings, drilled on each side of an orifice plate or nozzle, where the spacing between the axes of the pressure tapings and the respective faces of the plate or nozzle are equal to half the diameter of the tapings themselves; the tapping holes pierce the conduit wall flush with the faces of the plate or nozzle.

7.5.2 flange pressure tapings: One or more pairs of wall pressure tapings drilled on each side of an orifice plate. The axes of the tapings are 25,4 mm from the upstream and downstream faces of the plate.

7.5.3 vena contracta pressure tapings: One or more pairs of wall pressure tapings drilled on each side of an orifice plate, the upstream tapping being located at a distance D (where D is the internal diameter of the conduit) from the upstream face of the plate, and the downstream tapping being located in the cross-section of minimum static pressure and therefore at a distance downstream of the upstream face of the plate which varies with the diameter ratio.

7.5.4 D and $D/2$ pressure tapings: One or more pairs of wall pressure tapings drilled on each side of an orifice plate, where the upstream tapings and the downstream tapings are at distances of D and $0,5 D$ respectively from the upstream face of the plate.

7.6 piezometer ring: Pressure-equalization enclosure linking together two or more pressure tapings installed in the same cross-section, and to which a secondary device can be connected.

NOTE — The piezometer ring can either lie outside or be integral with the conduit or the primary device.

7.7 carrier ring: A single ring or a pair of rings into or between which an orifice plate or nozzle may be mounted. The complete assembly is installed between pipe flanges and is concentric with the conduit axis.

Carrier rings incorporate pressure tapings or annular chambers, the pressure tapings usually being corner tapings or, occasionally, flange tapings.

7.8 annular chamber: Piezometer ring integral with the conduit or the primary device. This assumes that annular pressure tapings are used.

7.9 orifice plate: Plate, having a hole through it, conforming to certain specifications.

7.9.1 thin orifice plate: Orifice plate in which the length of the cylindrical portion of the orifice is small compared with the internal diameter of the conduit (see figure 3).

7.4 rapport de diamètres (d'un élément primaire utilisé dans une conduite donnée), β : Quotient du diamètre de l'orifice (du col) de l'élément primaire par le diamètre intérieur de la conduite, en amont de cet élément primaire.

7.5 Prises de pression

7.5.1 prises de pression dans les angles: Une ou plusieurs paires de prises de pression à la paroi percées de chaque côté d'un diaphragme ou d'une tuyère, dont l'éloignement des axes par rapport à chacune des faces du diaphragme ou de la tuyère est égal au demi-diamètre ou à la demi-largeur des orifices eux-mêmes (les orifices des prises de pression débouchent donc au ras des faces du diaphragme ou de la tuyère).

7.5.2 prises de pression à la bride: Une ou plusieurs paires de prises de pression à la paroi percées de chaque côté d'un diaphragme, dont les axes sont écartés de 25,4 mm des faces respectives amont et aval du diaphragme.

7.5.3 prises de pression vena contracta: Une ou plusieurs paires de prises de pression à la paroi percées de chaque côté d'un diaphragme, la prise amont étant située à une distance de la face amont du diaphragme égale au diamètre intérieur D de la conduite, la prise aval étant située dans la section où la pression statique est minimale et donc à une distance de la face amont variant avec le rapport des diamètres.

7.5.4 prises de pression à D et $D/2$: Une ou plusieurs paires de prises de pression à la paroi percées de chaque côté d'un diaphragme, les prises amont et aval étant respectivement situées à une distance de D et de $0,5 D$ de la face amont du diaphragme.

7.6 bague piézométrique: Enceinte d'équilibrage de pression reliant deux prises de pression ou plus situées dans une même section et à laquelle un appareil secondaire peut être relié.

NOTE - La bague piézométrique peut être extérieure ou faire partie intégrante de la tuyauterie ou de l'élément primaire.

7.7 bague porteuse: Bague simple ou paire de bagues sur ou entre lesquelles on peut monter un diaphragme ou une tuyère. L'assemblage complet est installé entre les brides de la conduite et a le même axe que celle-ci.

Les bagues porteuses comportent les prises de pression ou les chambres annulaires, les prises de pression étant généralement des prises dans les angles ou parfois des prises à la bride.

7.8 chambre annulaire: Bague piézométrique faisant partie intégrante de la tuyauterie ou de l'élément primaire. Elle suppose l'emploi de prises de pression annulaires.

7.9 diaphragme: Plaque percée d'un orifice, répondant à certaines spécifications.

7.9.1 diaphragme en mince paroi: Diaphragme dont l'épaisseur de la partie cylindrique de l'orifice est faible, comparée au diamètre intérieur de la conduite (voir figure 3).

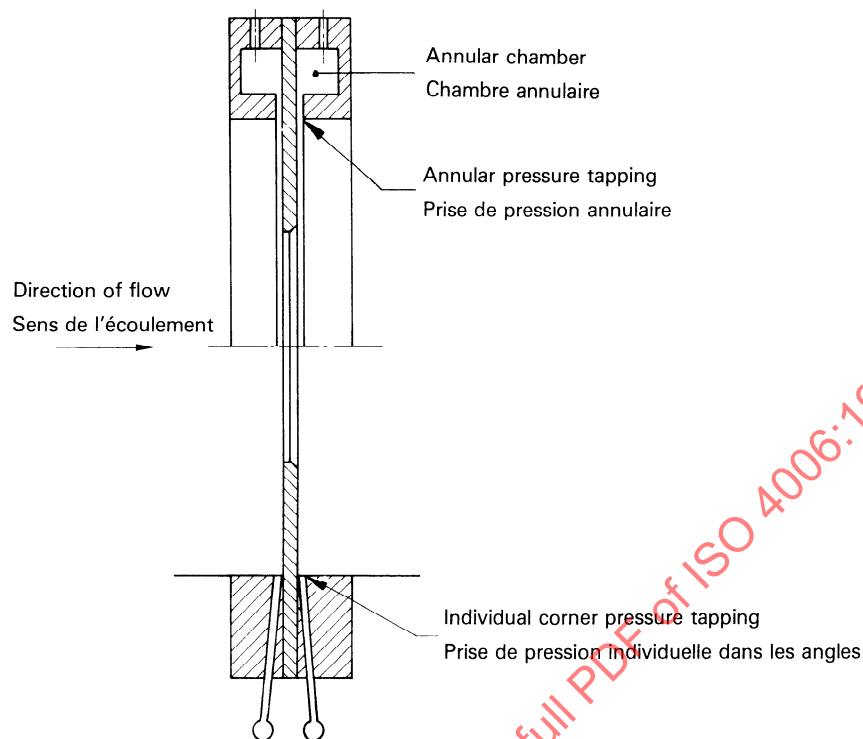


Figure 3 — Square-edged orifice plate with piezometer ring
Figure 3 — Diaphragme en mince paroi avec bague piézométrique

7.9.2 concentric orifice plate: Thin orifice plate the orifice of which is circular and coaxial with the conduit.

7.9.2.1 square-edged orifice plate: Thin orifice plate the orifice of which is circular, coaxial with the conduit, and sharp and square on the upstream edge.

NOTE — For measuring the flow-rate in either direction, a symmetrical orifice plate can be used in which both edges of the orifice comply with the characteristics of the upstream edge of the square-edged orifice plate and for which the overall thickness of the plate does not exceed that of the orifice.

7.9.2.2 conical entrance orifice plate: Thin orifice plate the upstream face of which is joined to the cylindrical orifice, which is coaxial with the conduit, by a straight circular truncated cone.

7.9.2.3 quarter-circle orifice plate; quadrant-edge orifice plate: Thin orifice plate the profile of which from the upstream face to the cylindrical orifice, which is coaxial with the conduit, is a quarter of a circle.

7.9.3 eccentric orifice plate: Thin orifice plate the orifice of which conforms to that of a square-edged orifice plate, except that it is eccentric to the conduit axis [see figure 4a)].

NOTE — The circle of the orifice is normally tangential to the top or the bottom of a horizontal conduit.

7.9.2 diaphragme concentrique: Diaphragme en mince paroi dont l'orifice est circulaire et a le même axe que la conduite.

7.9.2.1 diaphragme à arêtes vives: Diaphragme en mince paroi dont l'orifice circulaire, de même axe que la conduite, présente une arête amont formant un dièdre rectangle à bord vif.

NOTE — Pour mesurer un débit dans n'importe quelle direction, on peut utiliser un diaphragme symétrique dont les deux arêtes répondent aux caractéristiques de l'arête d'entrée et dont l'épaisseur de la plaque ne dépasse pas l'épaisseur de l'orifice.

7.9.2.2 diaphragme à entrée conique: Diaphragme en mince paroi dont la face amont se raccorde, par un tronc de cône circulaire droit, à l'orifice cylindrique de même axe que la conduite.

7.9.2.3 diaphragme à entrée en quart de cercle: Diaphragme en mince paroi dont la face amont se raccorde, par une surface dont la section méridienne est un quart de cercle, à l'orifice cylindrique de même axe que la conduite.

7.9.3 diaphragme excentré: Diaphragme en mince paroi dont l'orifice est conforme à la description d'un diaphragme à arêtes vives si ce n'est qu'il est excentré par rapport à l'axe de la conduite [voir figure 4a)].

NOTE — Le cercle de l'orifice est généralement tangent à la génératrice supérieure ou inférieure d'une conduite horizontale.

7.9.4 segmental orifice plate: Thin orifice plate the orifice of which is in the form of a segment of a circle the chord of which is horizontal [see figure 4b)].

7.10 nozzle: Convergent device coaxial with the conduit, having a curved profile without discontinuities which merges coaxially and tangentially with a coaxial cylindrical throat.

7.10.1 ISA 1932 nozzle: Nozzle having an upstream face which consists of a flat surface perpendicular to the nozzle axis, a convergent section the profile of which is defined by two arcs of circumference, a cylindrical throat and a recess [see figure 5a)].

NOTE — ISA 1932 nozzles always have corner pressure tapings.

7.9.4 diaphragme segmentaire: Diaphragme en mince paroi dont l'orifice a la forme d'un segment de cercle à corde horizontale [voir figure 4b)].

7.10 tuyère: Dispositif convergent de même axe que la conduite, ayant un profil continu sans point anguleux qui se raccorde tangentiellement à un col cylindrique lui-même coaxial.

7.10.1 tuyère ISA 1932: Tuyère dont la face amont est constituée par une surface plane d'entrée, perpendiculaire à l'axe, possédant un convergent défini par deux arcs de circonférence, un col cylindrique et un chambrage [voir figure 5a)].

NOTE — Les tuyères ISA 1932 ont toujours des prises de pression dans les angles.

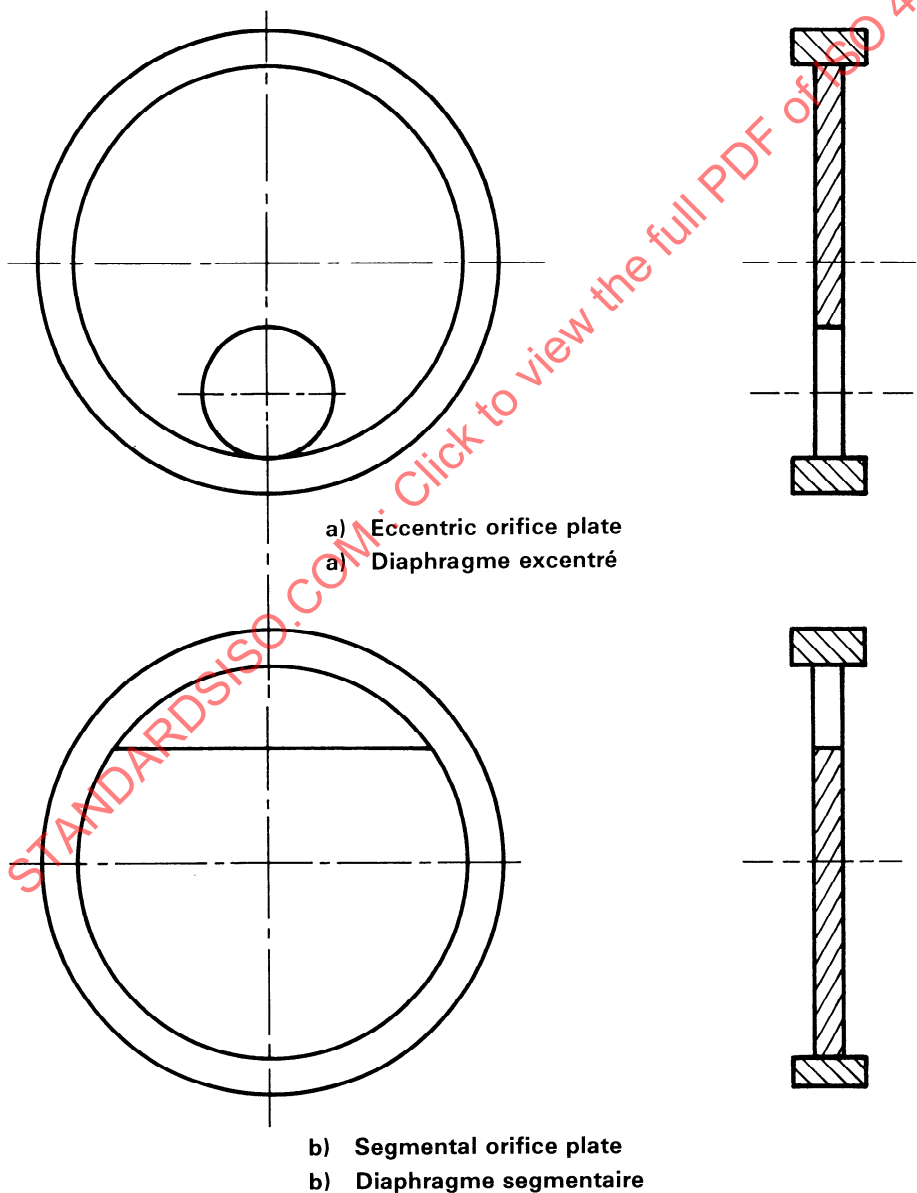


Figure 4 — Orifice plates
Figure 4 — Diaphragmes

7.10.2 long-radius nozzle: Nozzle having an upstream face which consists of a flat surface perpendicular to the nozzle axis, a convergent section the shape of which is a quarter ellipse, a cylindrical throat and possibly a recess or a bevel [see figure 5b)].

7.10.2 tuyère à long rayon: Tuyère dont la face amont est constituée par une surface plane d'entrée, perpendiculaire à l'axe, possédant un convergent en forme de quart d'ellipse, un col cylindrique et, éventuellement, un chambrage ou un chanfrein [voir figure 5b)].

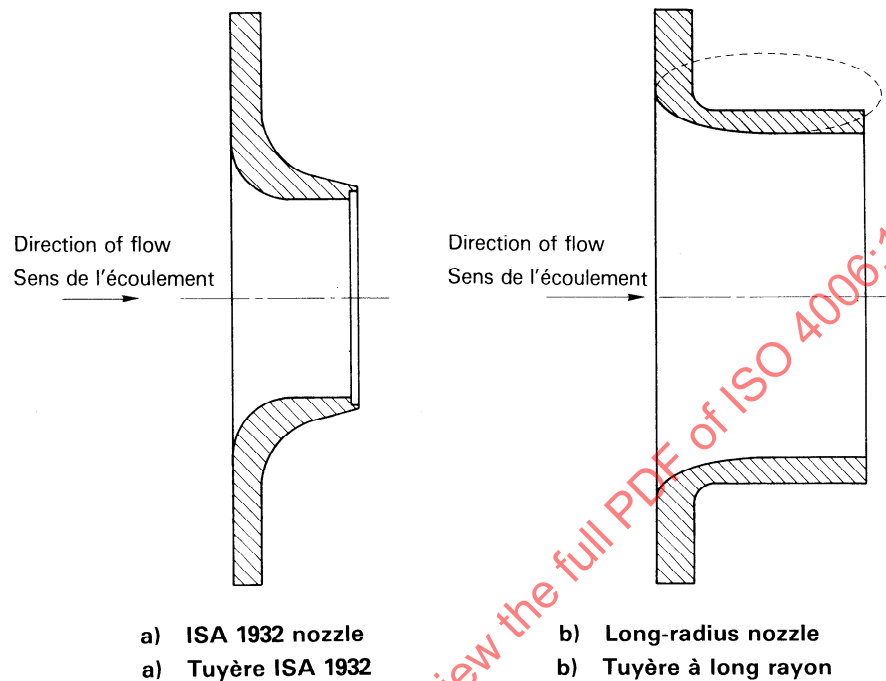


Figure 5 — Nozzles

Figure 5 — Tuyères

7.11 Venturi tube: Device consisting of

- a convergence (converging section),
- a throat (cylindrical portion) and
- a divergence (diffuser or expanding section), consisting usually of a truncated cone.

7.11 tube de Venturi: Dispositif constitué par

- un convergent,
- un col (partie cylindrique) et
- un divergent qui est tronconique pour les types normaux.

7.11.1 classical Venturi tube: A Venturi tube having a conical convergence which is preceded by a cylindrical section. The pressure tappings are located in the entrance cylinder and in the throat (see figure 6).

7.11.1 tube de Venturi classique: Tube de Venturi dont la partie convergente tronconique est précédée d'un cylindre d'entrée. Les prises de pression sont situées dans le cylindre d'entrée et au col (voir figure 6).

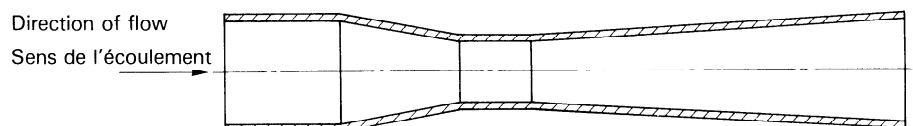


Figure 6 — Classical Venturi tube

Figure 6 — Tube de Venturi classique

7.11.2 Venturi nozzle: Venturi tube the convergence of which is a nozzle (see figure 7).

7.11.2 Venturi-tuyère: Tube de Venturi dont la partie convergente est constituée par une tuyère (voir figure 7).

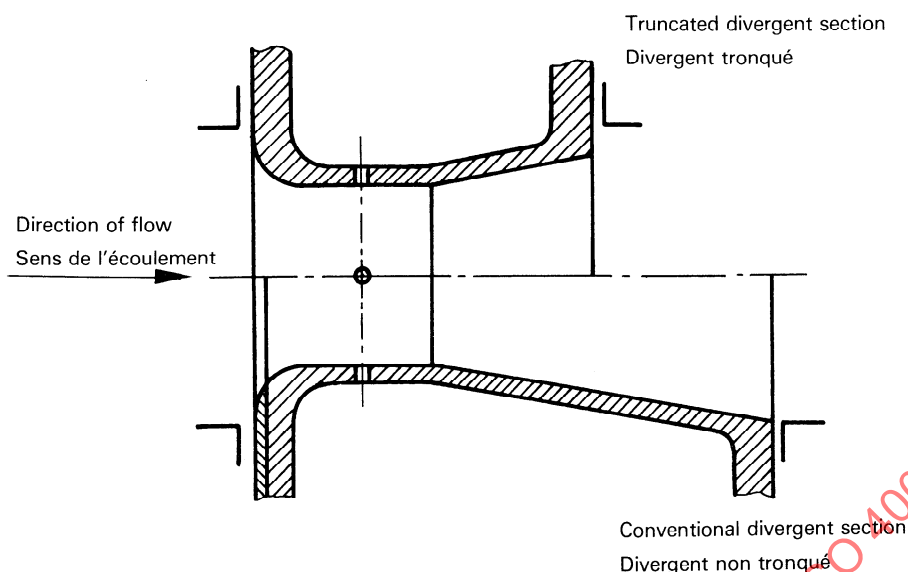


Figure 7 — Truncated and conventional Venturi nozzle
Figure 7 — Venturi-tuyère tronquée et non tronquée

7.11.3 truncated Venturi tube: Venturi tube for which the outlet diameter of the divergence is less than the diameter of the conduit in which it is inserted.

7.11.3 tube de Venturi tronqué: Tube de Venturi dont le diamètre de sortie du divergent est inférieur au diamètre de la conduite dans laquelle il est inséré.

7.12 differential pressure, Δp : The pressure difference generated by a primary device when any difference in datum level between the upstream and downstream pressure tapings is taken into account.

7.12 pression différentielle, Δp : Différence de pression créée par un élément primaire en tenant compte d'une éventuelle différence d'altitude entre les prises de pression amont et aval.

7.13 differential pressure ratio, x : Ratio of the differential pressure to the absolute static pressure at the centre of the straight section of the conduit containing the axis of the upstream tapping.

7.13 pression différentielle relative, x : Quotient de la pression différentielle par la pression statique (absolue) régnant au centre de la section droite de la conduite dont le plan contient l'axe de la prise de pression amont.

7.14 pressure ratio, τ : Ratio of the absolute static pressure at the downstream pressure tapping to the absolute static pressure at the upstream pressure tapping.

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

7.15 acoustic ratio, X : Ratio of the differential pressure ratio to the isentropic exponent κ (compressible fluid).

7.15 rapport acoustique, X : Quotient de la pression différentielle relative par l'exposant isentropique κ (fluides compressibles).

7.16 velocity of approach factor, E : Coefficient given by the formula

7.16 coefficient de vitesse d'approche, E : Coefficient défini par la formule

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

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

7.17 discharge coefficient, C : Coefficient, defined for an incompressible fluid flow, which relates the actual flow-rate to the theoretical flow-rate through a device. It is given by the formula

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

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

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

7.18 flow coefficient, α : Coefficient given by the formula

$$\alpha = CE$$

7.19 expansibility [expansion] factor, ε : Coefficient used to take into account the compressibility of the fluid. It is given by the formula

$$\varepsilon = \frac{q_m(1 - \beta^4)^{1/2}}{\frac{\pi}{4}d^2C(2\Delta p \rho_1)^{1/2}}$$

8 Critical flow measurement

Critical flow measurement is a method whereby critical flow is created using a suitable differential pressure device (with sonic velocity in the throat).

NOTE — Orifice plates cannot be used for this method.

A knowledge of the fluid conditions upstream of the primary device, and of the geometric characteristics of the device and the conduit, enable the calculation of the flow-rate (which is not affected by the downstream conditions).

Full specifications are given in the relevant standards.

8.1 critical flow: Flow through a suitable differential pressure device such that the ratio of the downstream to the upstream absolute pressures is less than a critical value below which the mass flow-rate remains constant when the upstream fluid conditions (density, temperature and velocity distribution) are unchanged.

8.2 critical flow function, C_* : Dimensionless function which characterizes the thermodynamic flow properties along an isentropic and one-dimensional path between the inlet and the throat of a device. It is a function of the nature of the gas and of stagnation conditions.

8.3 real gas critical flow coefficient, C_r : Alternative form of the critical flow function, more convenient for gas mixtures. It is related to the critical flow function by the relation

$$C_r = C_*\sqrt{Z}$$

8.4 critical pressure ratio: Ratio of the absolute static pressure at the nozzle throat to the absolute stagnation pressure, for which the flow-rate of the gas through the nozzle is a maximum.

8.5 sonic nozzle: Nozzle whose geometrical configuration and conditions of use are such that it produces critical flow.

8.6 sonic [critical] Venturi nozzle: Sonic nozzle fitted with a divergent portion so that the pressure loss through the device is reduced.

7.18 coefficient de débit, α : Coefficient défini par la formule

$$\alpha = CE$$

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

$$\varepsilon = \frac{q_m(1 - \beta^4)^{1/2}}{\frac{\pi}{4}d^2C(2\Delta p \rho_1)^{1/2}}$$

8 Mesure de débit critique

La mesure de débit critique est une méthode selon laquelle on crée un écoulement critique à l'aide d'un appareil déprimogène approprié (vitesse sonique au col).

NOTE — Les diaphragmes ne peuvent pas être utilisés dans cette méthode.

La connaissance de l'état du fluide à l'amont de l'élément primaire et les caractéristiques géométriques de celui-ci ainsi que celles de la conduite suffisent pour déterminer le débit (celui-ci n'est pas influencé par les conditions aval).

Des spécifications complètes sont données dans les normes afférentes.

8.1 écoulement critique: Écoulement dans un appareil déprimogène approprié, tel que le rapport des pressions absolues en aval et en amont soit inférieur à une valeur critique en-deçà de laquelle le débit-masse reste constant lorsqu'on maintient fixes les conditions amont du fluide (masse volumique, température et répartition des vitesses).

8.2 coefficient de débit critique, C_* : Coefficient sans dimension qui caractérise les propriétés thermodynamiques de l'écoulement suivant un processus isentropique et unidimensionnel entre l'entrée et le col. Il est fonction de la nature du gaz et des conditions d'arrêt.

8.3 coefficient de gaz réel, C_r : Une autre forme du coefficient de débit critique, convenant mieux aux mélanges de gaz. Il est lié au coefficient de débit critique par la relation

$$C_r = C_*\sqrt{Z}$$

8.4 rapport de pression critique: Rapport de la pression statique absolue régnant au col de la tuyère à la pression d'arrêt absolue pour lequel le débit du gaz à travers la tuyère est maximal.

8.5 tuyère sonique: Tuyère dont la configuration géométrique et les conditions d'emploi sont telles qu'il s'y produit un écoulement critique.

8.6 Venturi-tuyère sonique: Tuyère sonique munie d'un divergent de manière à réduire la perte de pression dans l'appareil.

8.6.1 toroidal throat Venturi nozzle: Device consisting of a toroidal convergence connected to a conical divergence (it is also known as a Smith and Matz Venturi nozzle) (see figure 8).

8.6.1 Venturi-tuyère à col toroïdal: Appareil constitué par un convergent torique raccordé à un divergent tronconique (connu également sous le nom de Venturi-tuyère Smith et Matz) (voir figure 8).

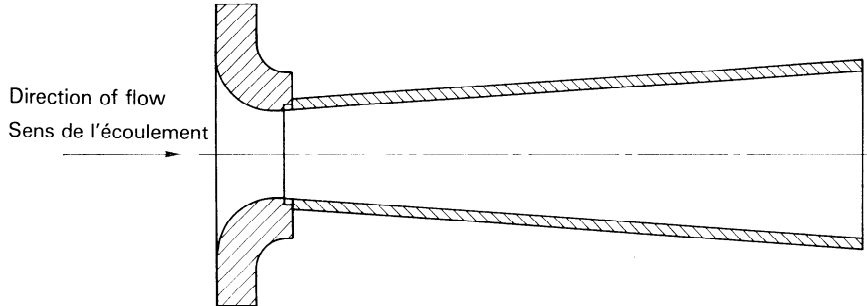


Figure 8 — Toroidal throat Venturi nozzle
Figure 8 — Venturi-tuyère à col toroïdal

8.6.2 cylindrical throat Venturi nozzle: Device consisting of a circular profile convergence, a cylindrical throat and a conical divergence (it is also known as an LMEF¹⁾ Venturi nozzle) (see figure 9).

8.6.2 Venturi-tuyère à col cylindrique: Appareil constitué par un convergent de profil circulaire, un col cylindrique et un divergent tronconique [connu également sous le nom de Venturi-tuyère LMEF¹⁾] (voir figure 9).

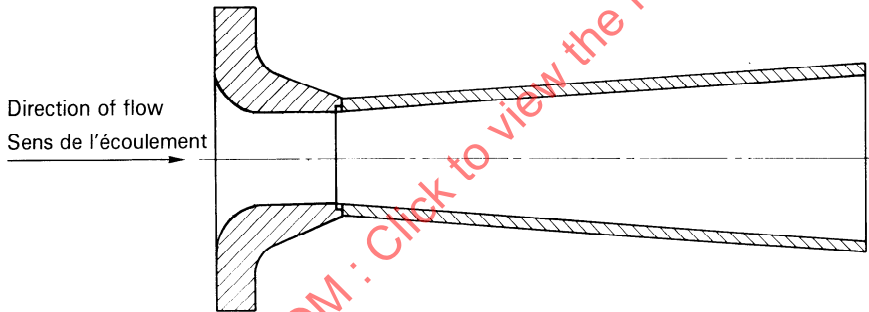


Figure 9 — Cylindrical throat Venturi nozzle
Figure 9 — Venturi-tuyère à col cylindrique

9 Velocity-area methods

Velocity-area methods are methods which enable the flow-rate to be deduced from the measurement of local fluid velocities at a cross-section of the conduit by integration of the velocity distribution over that cross-section.

9.1 index of asymmetry, Y : Dimensionless number used to characterize the lack of axial symmetry of the velocity distribution in a circular or annular cross-section, the value of which is given by the formula

$$Y = \frac{1}{U} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - U)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

1) Laboratoire de mécanique expérimentale des fluides (Orsay).

9 Méthodes d'exploration du champ des vitesses

Les méthodes d'exploration du champ des vitesses sont des méthodes qui, à partir du relevé des vitesses locales dans une section de mesure permettent d'en déduire le débit par intégration du champ des vitesses dans cette section.

9.1 indice de dissymétrie, Y : Nombre sans dimension utilisé pour caractériser le défaut de symétrie axiale de la répartition des vitesses dans une section circulaire ou annulaire; sa valeur est donnée par la formule

$$Y = \frac{1}{U} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - U)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

1) Laboratoire de mécanique expérimentale des fluides (Orsay).

where

U_i is the mean velocity along the i th radius, calculated from the local velocity measurements on this radius;

n is the number of measurement radii.

9.2 points of mean axial fluid velocity: Points in a cross-section of the conduit where the local velocity of the flow is equal to the mean axial fluid velocity.

9.3 peripheral flow-rate: The flow-rate of fluid in the area between the conduit wall and the contour defined by the velocity measuring points which are the closest to the wall.

9.4 current-meter: Device fitted with a rotor, the size of which is small in comparison with the size of the conduit and the rotational frequency of which is a function of the local velocity of the fluid in which it is submerged.

9.5 propeller-type current-meter: Current-meter, the rotor of which is a propeller rotating around an axis approximately parallel to the flow (see figure 10).

où

U_i est la vitesse moyenne sur le i ème rayon, calculée à partir des vitesses locales mesurées sur ce rayon;

n est le nombre de rayons explorés.

9.2 points de vitesse débitante: Points d'une section droite de la conduite où la vitesse locale de l'écoulement est égale à la vitesse débitante.

9.3 débit pariétal: Débit qui s'écoule dans la zone située entre la paroi de la conduite et le contour défini par les points de mesurage de la vitesse les plus proches de la paroi.

9.4 moulinet: Appareil muni d'un rotor dont les dimensions sont petites par rapport à celles de la conduite et dont la fréquence de rotation est fonction de la vitesse locale du fluide dans lequel il est immergé.

9.5 moulinet à hélice: Moulinet dont le rotor est constitué par une hélice tournant autour d'un axe sensiblement parallèle à l'écoulement (voir figure 10).

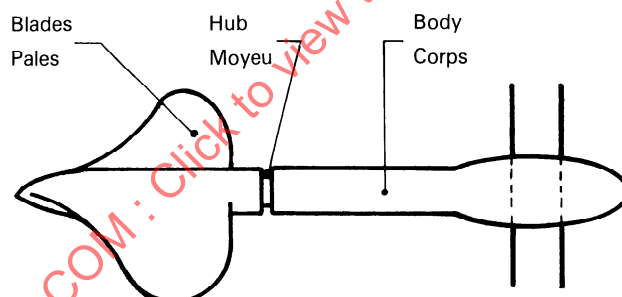


Figure 10 — Propeller-type current-meter
Figure 10 — Moulinet à hélice

9.6 self-compensating propeller: Propeller of a current-meter designed in such a way that its speed of rotation is proportional to the component of the fluid velocity along the axis of the current-meter throughout a large range of approach angles of the velocity vector relative to the current-meter axis.

9.7 spin test (of a current-meter): Test in which the rotor of a current-meter is spun either with the fingers or by blowing into its axis to check that it rotates freely and uniformly.

9.8 yaw probe: Probe, fitted with several pressure tapings, which can be immersed in a flow in order to determine the direction of the flow velocity.

NOTE — It may be possible also to determine the magnitude of the local fluid velocity under certain conditions.

9.6 hélice auto-composante: Hélice d'un moulinet conçue pour que sa vitesse de rotation reste proportionnelle à la composante de la vitesse du fluide selon l'axe du moulinet dans une large gamme d'inclinaison de la vitesse par rapport à cet axe.

9.7 essai de rotation (d'un moulinet): Essai au cours duquel on fait tourner le rotor d'un moulinet soit avec les doigts, soit en soufflant dans l'axe de l'hélice pour vérifier que sa rotation est libre et régulière.

9.8 sonde clinométrique: Sonde munie de plusieurs prises de pression que l'on immerge dans un écoulement pour déterminer la direction de la vitesse du fluide.

NOTE — Sous certaines conditions, il peut être aussi possible de déterminer la grandeur de la vitesse locale du fluide.

9.9 Pitot tube: Tubular device immersed in a flowing fluid, consisting of a cylindrical head attached perpendicularly to a stem. It has one or more pressure tapping holes.

9.9.1 Pitot static tube: Pitot tube with static pressure tapings drilled uniformly around the circumference of the head on one or more cross-sections, and with a total pressure tapping, facing in the direction of flow, at the tip of the axi-symmetric nose of the head (see figure 11).

NOTE — When there is no possibility of confusion, the term "Pitot tube" without further precision may be used to designate a "Pitot static tube".

9.9 tube de Pitot: Appareil tubulaire immergé dans un fluide en écoulement et constitué par une antenne cylindrique attachée perpendiculairement à une hampe. Il est muni d'un ou plusieurs orifices de prises de pression.

9.9.1 tube de Pitot double: Tube de Pitot muni d'orifices de prises de pression statique percés uniformément autour de la circonférence de l'antenne sur une ou plusieurs sections de celle-ci, et d'un orifice de prise de pression totale situé face au sens de l'écoulement, au bout du nez axisymétrique de l'antenne appelé «étrave» (voir figure 11).

NOTE — Quand il n'existe aucun risque de confusion, le terme «tube de Pitot» peut être utilisé sans autre précision pour désigner un «tube de Pitot double».

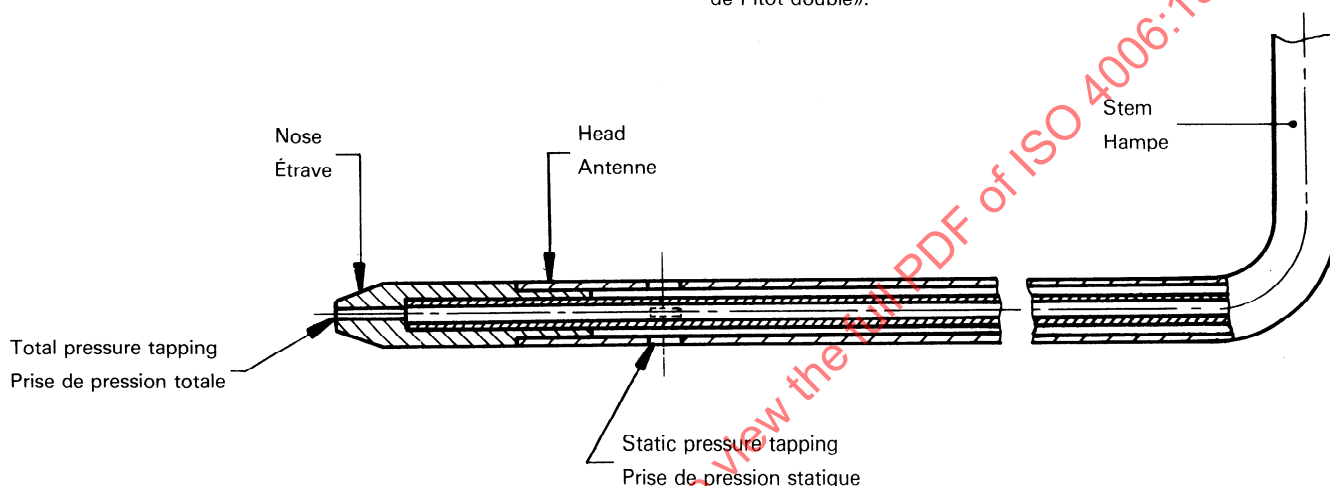


Figure 11 — Example of a Pitot static tube
Figure 11 — Exemple de tube de Pitot double

9.9.2 total pressure Pitot tube: Pitot tube having only a total pressure tapping.

NOTE — A total pressure Pitot tube is generally associated with a separate static wall pressure tapping.

9.10 static pressure tapping: Set of holes in a Pitot tube enabling the static pressure in a fluid to be measured. In practice, the gauge pressure is measured.

9.11 total pressure tapping: Hole in a Pitot tube enabling the total pressure at a point in a fluid to be measured.

9.12 differential pressure (of a Pitot tube): Difference between the pressures measured at the total and static pressure tapings of a Pitot static tube or between the total pressure measured at the pressure tapping of a total pressure Pitot tube and the static pressure measured at a conduit wall pressure tapping.

9.13 stationary array: Set of local velocity sensors mounted on one or more fixed rods and which sample simultaneously the whole measuring cross section.

9.9.2 tube de Pitot simple: Tube de Pitot muni uniquement d'un orifice de prises de pression totale.

NOTE — Un tube de Pitot simple est généralement associé à une prise de pression statique séparée, sur la paroi de la conduite.

9.10 prise de pression statique: Ensemble des orifices d'un tube de Pitot qui permettent de mesurer la pression statique. En pratique, c'est la pression statique effective que l'on mesure.

9.11 prise de pression totale: Orifice d'un tube de Pitot qui permet de mesurer la pression totale en un point de l'écoulement.

9.12 pression différentielle (d'un tube de Pitot): Différence entre les pressions mesurées aux prises de pression totale et statique d'un tube de Pitot double ou entre celles mesurées à la prise de pression d'un tube de Pitot simple et à une prise de pression à la paroi de la conduite.

9.13 batterie fixe: Ensemble d'instruments de mesurage de la vitesse locale montés sur un ou plusieurs supports fixes et explorant simultanément toute la section de mesurage.

10 Tracer methods

Tracer methods are methods of measuring the flow-rate which involve the injection and detection of a tracer (for example, a chemical or radioactive substance) in the flow.

10.1 dilution methods: Methods in which the flow-rate is deduced from the determination of the ratio of the concentrations of the tracer at the point of injection and at the sampling cross-section (see also 10.4).

10.1.1 constant-rate injection method: Method of measuring the flow-rate in which a tracer of known concentration is injected at a constant and known flow-rate at one cross-section of the conduit and its dilution is measured at another cross-section downstream where a specified level of mixing has taken place.

10.1.2 integration method: Method of measuring the flow-rate in which a known quantity of a tracer is injected over a short time interval at one cross-section of the conduit and its dilution is measured at another cross-section sufficiently far downstream so that a specified level of mixing has occurred. The measuring period is long enough to allow all the tracer to pass that measuring cross section so that the mean concentration of tracer during the sampling time can be determined.

10.2 transit time method: Method in which the flow-rate is deduced from the measurement of the time taken by the tracer to flow between two measuring cross-sections.

10.3 concentration of the tracer, C : Mass of tracer per unit volume or per unit mass of fluid.

10.4 dilution ratio [rate], N : Ratio of the concentration of the tracer in the injected solution to that in the sampling cross-section.

10.5 injection cross-section [station]: Cross-section of the conduit at which the tracer is injected for the purposes of the measurement.

10.6 sampling cross-section [station]: Cross-section of the conduit, lying downstream of the injection cross-section, at which samples are taken or in which concentration is measured directly.

10.7 measuring section: Length of conduit between two sampling cross-sections or between an injection and a sampling cross-section.

10.8 mixing length: Minimum distance downstream of the injection cross-section beyond which the injected solution is sufficiently distributed over a cross-section to enable the flow-rate to be measured to the accuracy required.

10 Méthodes par traceurs

Les méthodes par traceurs sont des méthodes de mesure du débit faisant appel à l'injection et à la détection d'un traceur (par exemple, substance chimique ou radioactive) dans l'écoulement.

10.1 méthodes de dilution: Méthodes selon lesquelles le débit est déduit de la détermination du rapport des concentrations du traceur au point d'injection et dans la section d'échantillonnage (voir aussi 10.4).

10.1.1 méthode d'injection à débit constant: Méthode de mesure du débit selon laquelle un traceur de concentration connue est injecté à débit constant et connu dans une section de la conduite, et sa dilution est mesurée dans une autre section en aval où la qualité du mélange atteint un niveau fixé.

10.1.2 méthode d'intégration: Méthode de mesure du débit selon laquelle une quantité connue de traceur est injectée rapidement dans une section de la conduite, et sa dilution est mesurée dans une autre section suffisamment éloignée en aval pour que la qualité du mélange y atteigne un niveau fixé; le temps de mesurage est assez long pour que tout le traceur ait pu franchir cette section de sorte que sa concentration moyenne pendant la durée de l'échantillonnage puisse être déterminée.

10.2 méthode du temps de transit: Méthode selon laquelle le débit est déduit de la mesure du temps de parcours du traceur entre deux sections de mesure.

10.3 concentration du traceur, C : Masse de traceur par unité de volume ou de masse du fluide.

10.4 rapport de dilution, N : Rapport de la concentration en traceur de la solution injectée à celle dans la section d'échantillonnage.

10.5 section d'injection: Section de la conduite dans laquelle le traceur est injecté en vue du mesurage.

10.6 section d'échantillonnage: Section de la conduite, située en aval de la section d'injection, dans laquelle sont pris les échantillons ou dans laquelle la concentration est mesurée directement.

On l'appelle «section de prélèvement» lorsqu'il y a effectivement prélèvement d'échantillon.

10.7 tronçon de mesure: Partie de la conduite comprise entre deux sections d'échantillonnage ou entre une section d'injection et une section d'échantillonnage.

10.8 longueur de bon mélange: Distance minimale en aval de la section d'injection après laquelle la solution injectée est suffisamment répartie dans toute la section pour permettre le mesurage du débit avec la précision recherchée.

10.9 time of passage of the tracer cloud: The time which elapses between the detection of the first and last particles of a tracer cloud passing through a given cross-section.

10.10 counting rate: For a radioactive tracer, the number of impulses per unit time.

11 Electromagnetic methods

11.1 electromagnetic flowmeter: Flowmeter which creates a magnetic field perpendicular to the flow so enabling the flow-rate to be deduced from the induced electromotive force (e.m.f.) produced by the motion of conducting fluid in the magnetic field. The electromagnetic flowmeter consists of a primary device and one or more secondary devices.

11.1.1 primary device (of an electromagnetic flowmeter): Device containing the following elements:

- an electrically insulated meter tube through which the conductive fluid to be metered flows,
- one or more pairs of meter electrodes, diametrically opposed, across which the signal generated in the fluid is measured,
- an electromagnet for producing a magnetic field in the meter tube.

The primary device produces a signal proportional to the flow-rate and in some cases the reference signal.

11.1.2 secondary device (of an electromagnetic flowmeter): Equipment which contains the circuitry which extracts the flow signal from the electrode signal and converts it to a standard output signal directly proportional to the flow-rate. This equipment may be mounted on the primary device.

11.2 meter tube (of an electromagnetic flowmeter): The pipe section of the primary device through which the fluid to be measured flows; its inner surface is usually electrically insulated.

11.3 meter electrodes: One or more pairs of contacts by means of which the induced voltage is detected.

11.4 magnetic field: The magnetic flux, generated by the electromagnet in the primary device, which passes through the meter tube and through the fluid.

11.5 electrode signal: Total potential difference between the electrodes, consisting of the flow signal and the signals not related to the flow such as the in-phase, quadrature and common mode voltages.

11.5.1 flow signal: That part of the electrode signal which is proportional to the flow-rate and the magnetic field strength and which is dependent on the geometry of the meter tube and the electrodes.

10.9 temps de passage d'un nuage de traceur: Temps s'écoulant entre le passage, dans une section donnée, des premières et des dernières particules détectables d'un nuage de traceur.

10.10 taux de comptage: Pour un traceur radioactif, nombre d'impulsions par unité de temps.

11 Méthodes électromagnétiques

11.1 débitmètre électromagnétique: Appareil créant un champ magnétique perpendiculaire à l'écoulement, qui permet de déduire le débit à partir de la force électromotrice induite (f.e.m.) produite par le déplacement du fluide conducteur dans le champ magnétique. Un débitmètre électromagnétique comprend un élément primaire et un ou plusieurs éléments secondaires.

11.1.1 élément primaire (d'un débitmètre électromagnétique): Ensemble comprenant les éléments suivants:

- un tube de mesure, isolé électriquement, à travers lequel s'écoule le fluide conducteur à mesurer,
- une ou plusieurs paires d'électrodes de mesure diamétralement opposées servant à mesurer le signal engendré dans le fluide,
- un électroaimant pour produire un champ magnétique dans le tube de mesure.

L'élément primaire produit un signal proportionnel au débit et, dans certains cas, le signal de référence.

11.1.2 élément secondaire (d'un débitmètre électromagnétique): Ensemble contenant les éléments qui extraient le signal de débit du signal des électrodes et le convertissent en un signal de sortie normalisé proportionnel au débit. Cet ensemble peut être monté sur l'élément primaire.

11.2 tube de mesure (d'un débitmètre électromagnétique): Tronçon tubulaire de l'élément primaire à travers lequel le fluide à mesurer s'écoule; sa surface intérieure est normalement isolée électriquement.

11.3 électrodes de mesure: Une ou plusieurs paires de plots à l'aide desquels on détecte la tension induite.

11.4 champ magnétique: Flux magnétique produit par l'électro-aimant dans l'élément primaire et traversant le tube de mesure et le fluide.

11.5 signal d'électrode: Différence de potentiel totale entre les électrodes englobant le signal de débit et des signaux parasites tels que signaux en phase, en quadrature et de mode commun.

11.5.1 signal de débit: Partie du signal d'électrode proportionnelle au débit et à l'intensité du champ magnétique et dépendant de la géométrie du tube de mesure et des électrodes.

11.5.2 in-phase voltage: That part of the electrode signal in phase with the flow signal but which does not vary with the flow-rate.

11.5.3 quadrature voltage: That part of the electrode signal which is 90° out of phase with the flow signal and which does not vary with the flow-rate.

NOTE — This definition concerns only primary devices which are supplied with alternating current.

11.5.4 common mode voltage: Voltage which exists equally between each electrode and a reference potential.

11.5.5 reference signal: Signal which is proportional to the magnetic flux created in the primary device and which is compared in the secondary device with the flow signal.

12 Weighing and volumetric methods

12.1 weighing method: Method of measurement, generally applicable to liquids, in which the flow of the fluid is directed either intermittently or continuously into a weigh-tank or vessel positioned on a weighing-machine. The flow-rate is obtained by measuring the mass of fluid which is collected in a measured time.

12.1.1 static weighing: Weighing method in which the net mass of the fluid collected is deduced from the tare and gross weights determined respectively before and after the fluid has been diverted for a measured time interval into the weighing-tank.

12.1.2 dynamic weighing: Weighing method in which the net mass of the fluid collected is deduced from weight measurements made while fluid flow is directed into the weighing-tank.

NOTE — A diverter is not required with this method.

12.2 volumetric method: Method of measurement in which the flow-rate is derived from the change in volume occupied by the fluid in a calibrated measuring tank during a measured time.

12.2.1 static gauging: Technique in which the net volume of fluid collected is deduced from measurements of liquid levels (i.e. gaugings) made respectively before and after the fluid has been diverted for a measured time interval into the calibrated measuring tank.

12.2.2 dynamic gauging: Technique in which the net volume of fluid collected is deduced from gaugings made while the fluid flow is being delivered into the calibrated measuring tank.

NOTE — A diverter is not required with this method.

11.5.2 signal en phase: Partie du signal d'électrode en phase avec le signal de débit, mais ne variant pas avec le débit.

11.5.3 signal en quadrature: Partie du signal d'électrode dont la phase est décalée de 90° par rapport au signal de débit et qui ne varie pas avec le débit.

NOTE — Cette définition ne s'applique qu'aux éléments primaires alimentés en courant alternatif.

11.5.4 tension de mode commun: Tension apparaissant de façon égale entre chacune des électrodes et un potentiel de référence.

11.5.5 signal de référence: Signal proportionnel au flux magnétique créé dans l'élément primaire et qui est comparé dans l'élément secondaire au signal de débit.

12 Méthodes par pesée et par jaugeage volumétrique

12.1 méthode par pesée: Méthode de mesurage, plus spécialement applicable aux liquides, selon laquelle l'écoulement est dirigé soit de façon intermittente, soit de façon continue vers une cuve posée sur le plateau d'une bascule. Le débit est obtenu en mesurant la masse de liquide écoulé et le temps correspondant.

12.1.1 pesée statique: Méthode selon laquelle la masse nette du fluide écoulé est déduite de la pesée de la tare et de la masse brute, ces mesures étant faites respectivement avant et après que le fluide ait été dirigé vers la cuve de pesée pendant un intervalle de temps mesuré.

12.1.2 pesée dynamique: Méthode selon laquelle la masse nette du fluide écoulé est déduite de pesées faites pendant que le fluide s'écoule dans la bascule.

NOTE — Avec cette méthode, un partiteur n'est pas nécessaire.

12.2 jaugeage volumétrique: Méthode de mesurage selon laquelle le débit est obtenu à partir de la variation, au cours d'un intervalle de temps mesuré, du volume occupé par le fluide dans un réservoir de mesure jaugé.

12.2.1 jaugeage statique: Méthode selon laquelle le volume net du fluide écoulé est déduit de mesures du niveau du liquide (jaugages) faites respectivement avant et après que le liquide ait été dirigé vers le réservoir jaugé pendant un intervalle de temps mesuré.

12.2.2 jaugeage dynamique: Méthode selon laquelle le volume net du fluide écoulé est déduit de jaugages faits pendant que le fluide s'écoule dans le réservoir de mesure jaugé.

NOTE — Avec cette méthode, un partiteur n'est pas nécessaire.

12.3 diverter: Device which directs the flow either to a weigh tank (or a volumetric tank) or to its bypass without disturbing the flow-rate in the circuit.

NOTE — Its motion should be very rapid or otherwise should conform to a known law.

12.4 calibrated measuring [volumetric] tank: Tank in which the relationship between the volume, for a known liquid at a given temperature, and the liquid level is known with accuracy by an independent calibration method.

12.5 buoyancy correction: Correction to be made to the readings of a weighing-machine to take account of the difference between the upward thrust exerted by the atmosphere on the fluid being weighed and that exerted on the reference weights used during the calibration of the weighing-machine.

12.6 piston prover: Volumetric gauging device consisting of a section of pipe with a constant cross-section and of known volume. The flow-rate is derived from the time taken by a piston, with free or forced displacement, to travel through this section [see figures 12a) and 12b)].

12.7 bell prover: Volumetric gauging device, used for gases, consisting of a stationary tank and a coaxial movable tank (the bell). The volume of the gas tight cavity produced above the sealing liquid may be deduced from the position of the movable tank (see figure 13).

12.8 liquid displacement system: Volumetric gauging device, used for gases, in which a volume of gas is displaced by an equal volume of liquid in a calibrated tank (see figure 14).

12.9 soap-film burette: Volumetric gauging device, used for small gas flow-rates, similar in its principle to the piston prover. The piston is replaced in this case by a soap film which is carried by the gas along a burette of known volume (see figure 15).

12.10 ring balance: Volumetric gauging device, used for small gas flow-rates, in which a known volume of gas is displaced by a sealing liquid which partly fills an annular chamber which is caused to rotate by a counterweight (see figure 16).

12.3 partiteur: Dispositif qui oriente l'écoulement soit vers la bascule (ou le réservoir volumétrique), soit vers un circuit de contournement, sans perturber le débit dans le circuit.

NOTE — Son mouvement doit être très rapide ou, sinon, s'effectuer suivant une loi connue.

12.4 réservoir volumétrique [capacité jaugée]: Réservoir dont le volume, lorsqu'il contient un liquide connu, à une température donnée, est relié avec précision, par une méthode d'étalonnage indépendante, au niveau du liquide dans le réservoir.

12.5 correction de poussée aérostique: Correction à apporter aux indications d'une bascule pour tenir compte de la différence de poussée ascendante exercée par l'atmosphère sur le fluide pesé et sur les poids de référence utilisés lors de l'étalonnage de la bascule.

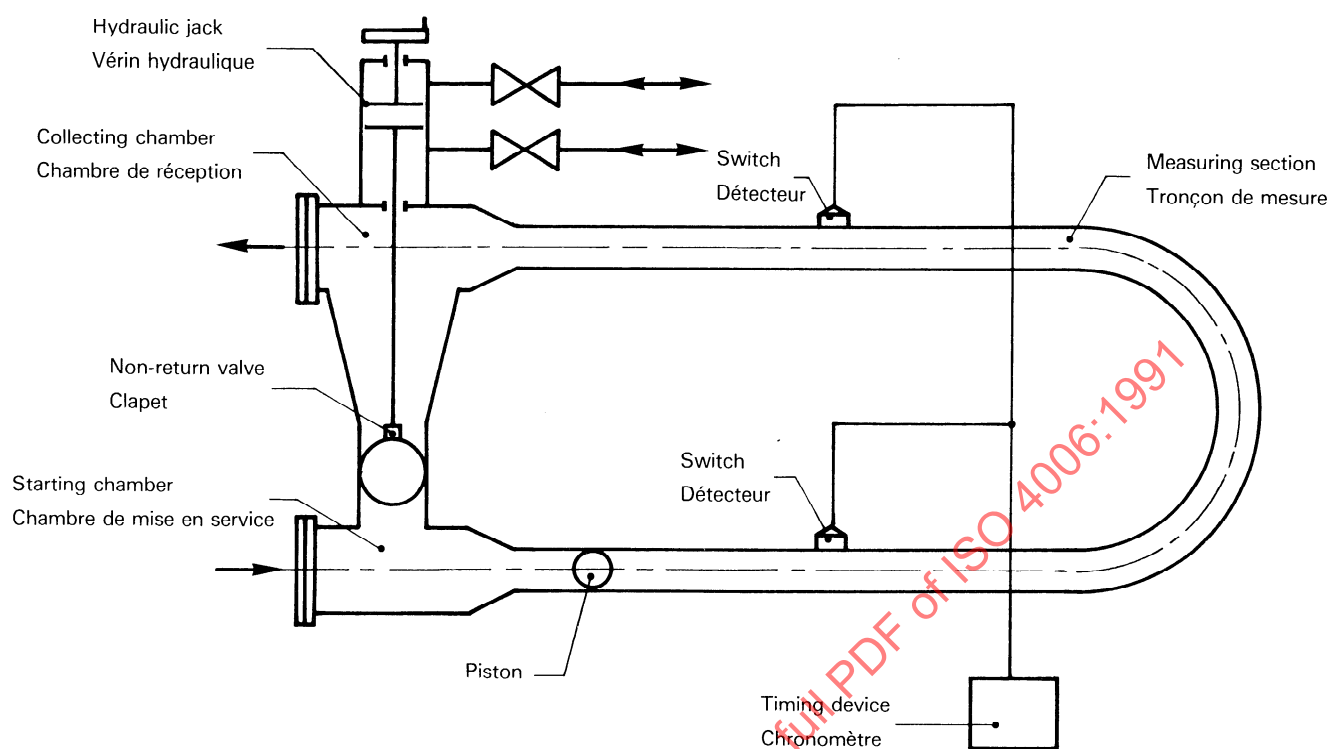
12.6 tube étalon à piston: Dispositif de jaugeage volumétrique constitué par un tronçon de tuyauterie de section constante et de volume connu. Le débit est obtenu à partir du temps mis par un piston, à déplacement libre ou forcé, pour parcourir ce tronçon [voir figures 12a) et 12b)].

12.7 jaugeur à cloche; gazomètre: Dispositif de jaugeage volumétrique, utilisé pour les gaz, constitué par un réservoir fixe et un réservoir mobile coaxiaux. Le volume de la cavité étanche ainsi produite au-dessus du liquide tampon est connu en fonction de la position du réservoir mobile (voir figure 13).

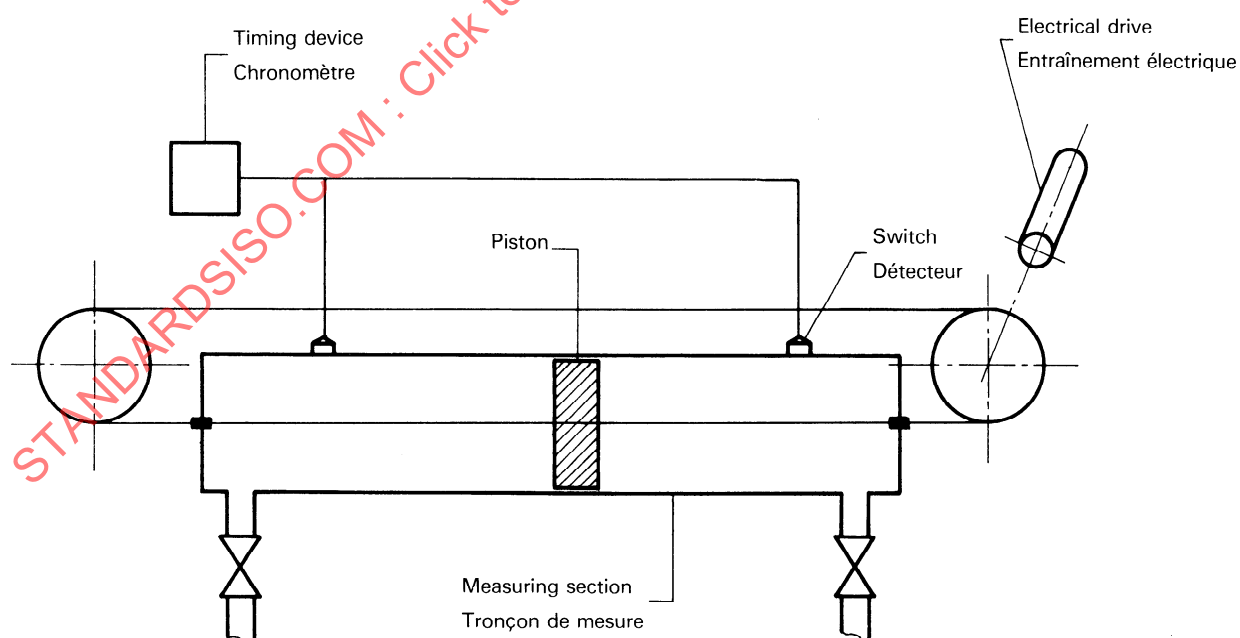
12.8 système à déplacement de liquide: Dispositif de jaugeage volumétrique, utilisé pour les gaz, dans lequel un volume de gaz est déplacé par un volume égal de liquide dans un réservoir jaugé (voir figure 14).

12.9 fiole à film de savon: Dispositif de jaugeage volumétrique, utilisé pour les faibles débits de gaz, de principe analogue à celui du tube étalon. Le piston est ici remplacé par un film de savon entraîné par le gaz et balayant une fiole de volume connu (voir figure 15).

12.10 dispositif à chambre annulaire oscillante: Dispositif de jaugeage volumétrique utilisé pour les faibles débits de gaz, dans lequel un volume connu de gaz est déplacé par un liquide tampon remplissant partiellement une chambre annulaire mise en rotation par un contrepoids (voir figure 16).



a) Unidirectional free piston prover
a) Tube étalon unidirectionnel à piston libre



b) Forced piston prover
b) Tube étalon à piston forcé

Figure 12 — Piston provers
Figure 12 — Tubes étalons à piston

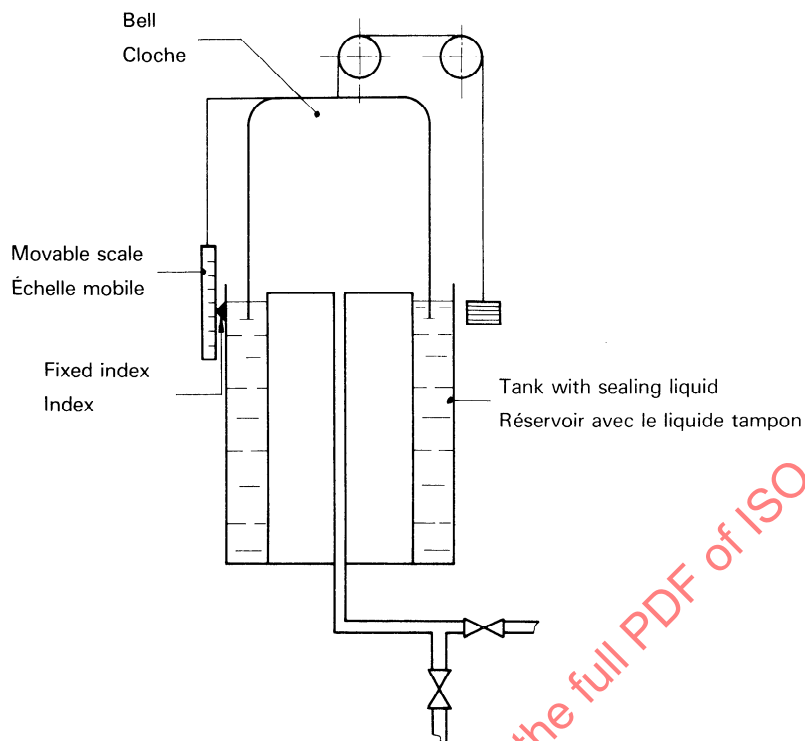


Figure 13 — Bell prover
Figure 13 — Jaugeur à cloche (gazomètre)

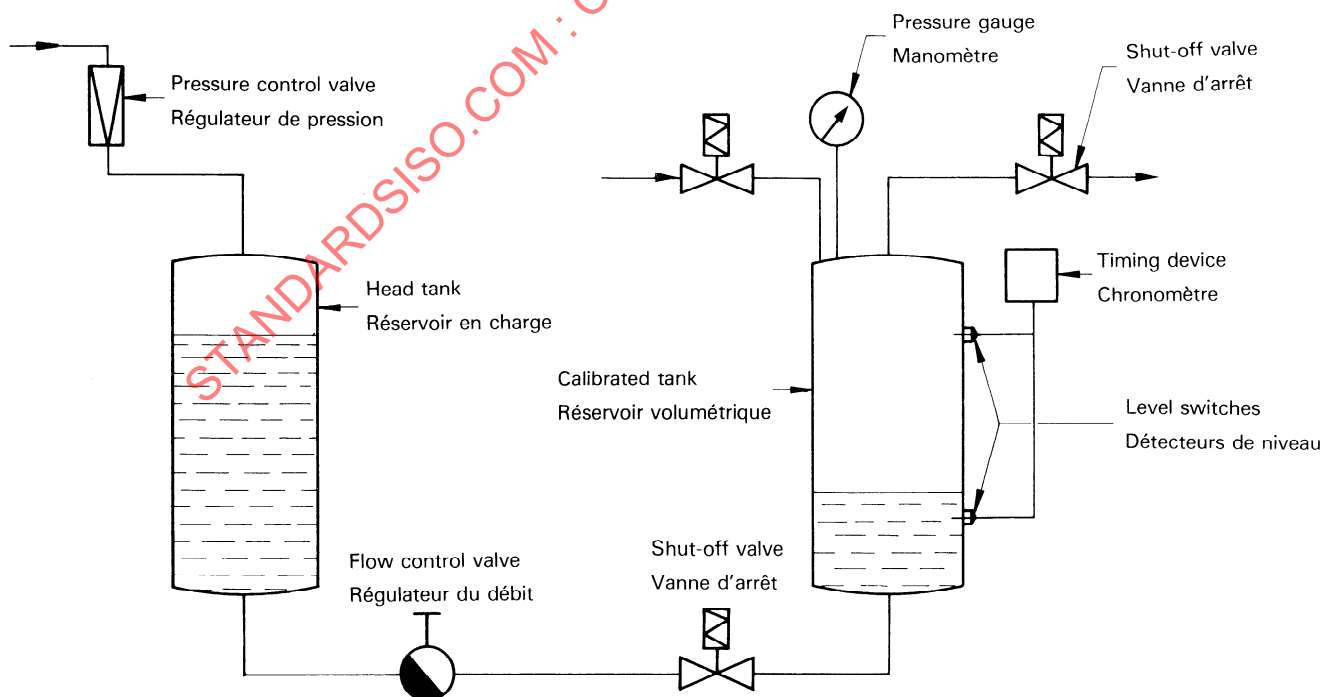


Figure 14 — Liquid displacement system
Figure 14 — Système à déplacement de liquide

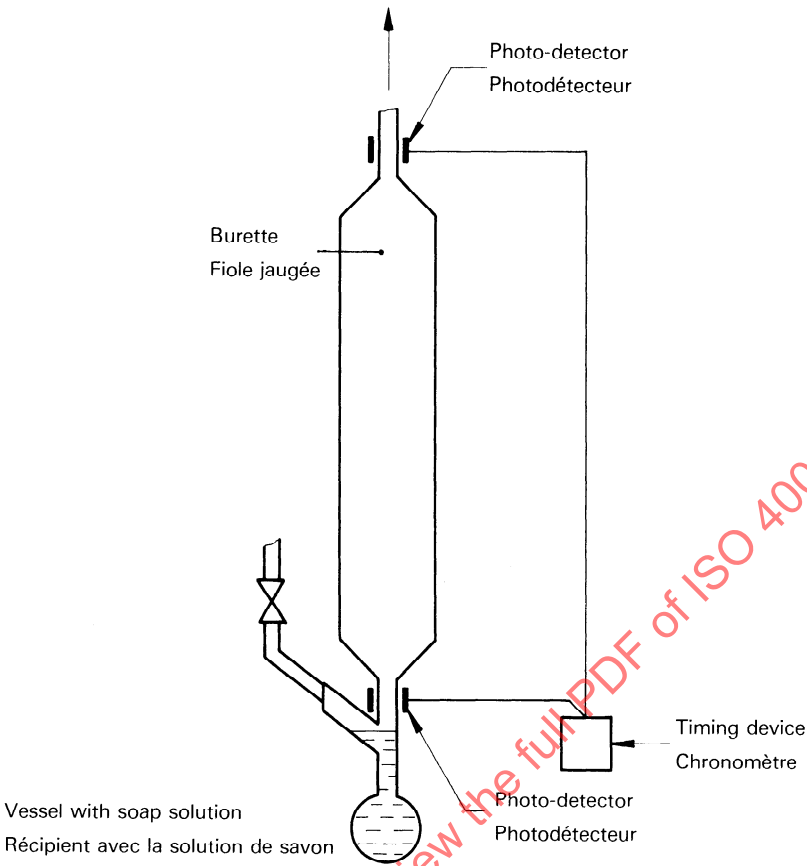


Figure 15 — Soap-film burette
Figure 15 — Fiole à film de savon

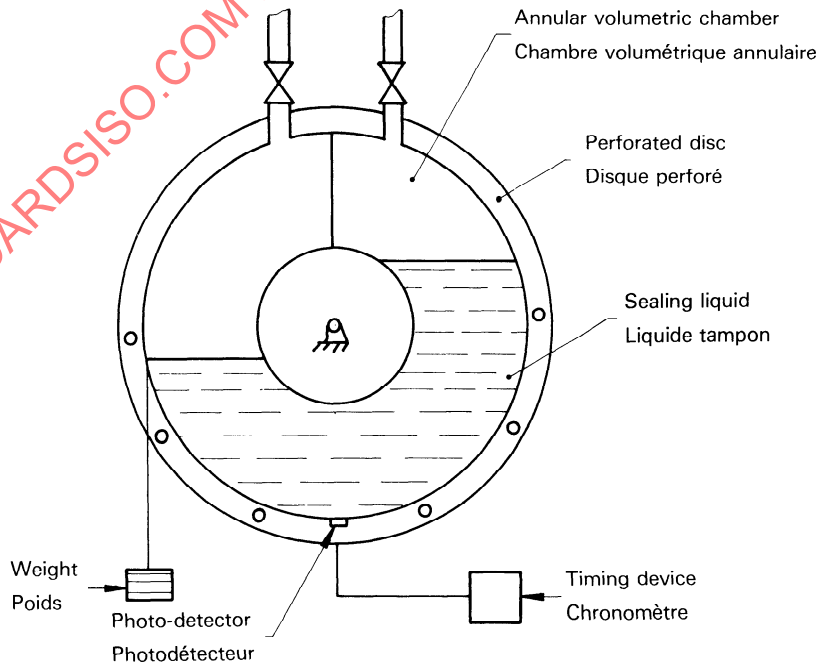


Figure 16 — Ring balance
Figure 16 — Dispositif à chambre annulaire oscillante

13 Instability methods

Instability methods are methods in which an instability is deliberately generated in the flow by an obstruction with no moving parts. The instability has a regular frequency which is related to the fluid velocity and which is measured by a sensor.

13.1 fluidic flowmeter; nutating flowmeter: Flowmeter in which the fluid jet oscillates between two alternative positions that it can take up under the action of a feedback system (see figure 17).

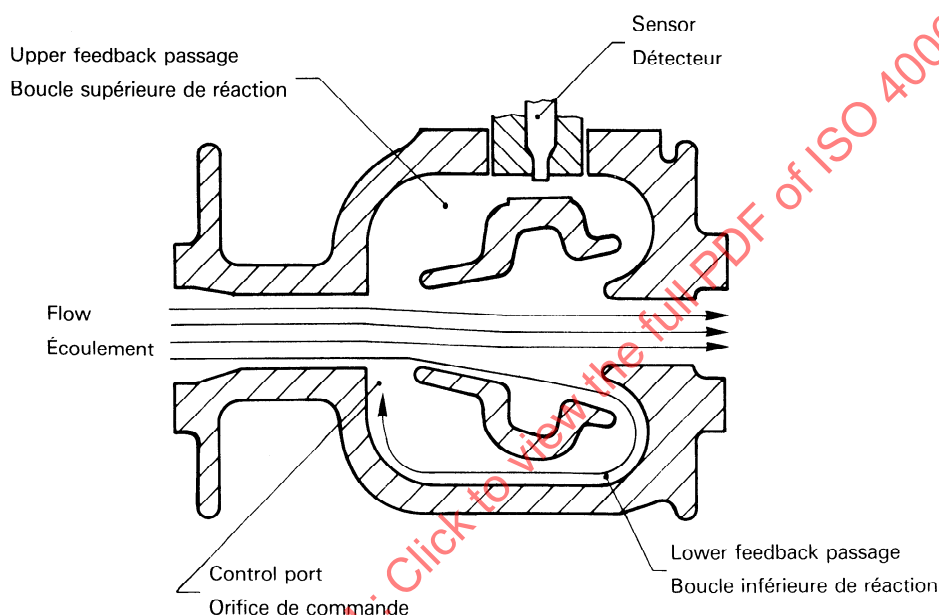


Figure 17 — Principle of operation of a fluidic flowmeter, shown with the flow in one of the two alternative modes
Figure 17 — Principe de fonctionnement d'un débitmètre fluide représenté avec le fluide s'écoulant dans l'un des deux modes possibles

13.2 vortex flowmeter: Flowmeter which uses the formation of a vortex street downstream of an obstacle.

13.2.1 vortex-shedding meter: Flowmeter which comprises a bluff body from which a succession of vortices are shed alternately on each side of the bluff body. For a given range of flow-rate, the frequency at which the vortices are shed is directly proportional to the flow-rate and can be counted using a wide variety of sensors (see figure 18).

13.2.2 vortex precession meter: Flowmeter in which the fluid entering is forced to spin about the centre-line by guide vanes. The cross-section of the flow channel is contracted to accelerate the flow, and then expanded and its axis is changed so forming vortex precession. The vortex passes a given point with a frequency that is directly proportional to the flow-rate (see figure 19).

13 Méthodes de mesure par débitmètres à instabilité

Les méthodes de mesure par débitmètres à instabilité sont des méthodes dans lesquelles on engendre délibérément une instabilité de l'écoulement à l'aide d'un obstacle sans aucune pièce mobile. L'instabilité présente une fréquence régulière qui est fonction de la vitesse du fluide et qui est mesurée par un détecteur.

13.1 débitmètre fluide: Débitmètre dans lequel le jet de fluide oscille entre les deux positions qu'il peut prendre suivant le mouvement que lui imprime une boucle de réaction (voir figure 17).

13.2 débitmètre à vortex: Débitmètre qui utilise la formation d'une allée de tourbillons à l'aval d'un obstacle.

13.2.1 débitmètre à décollement de tourbillons: Débitmètre comportant un obstacle sur les faces duquel l'écoulement décolle en une succession de tourbillons prenant naissance alternativement d'un côté, puis de l'autre. Sur une plage de débit donnée, la fréquence de décollement est directement proportionnelle au débit et peut être enregistrée par une grande variété de détecteurs (voir figure 18).

13.2.2 débitmètre à précession de tourbillon: Débitmètre dans lequel des aubes de guidage impriment à l'écoulement un mouvement de rotation axial. La section de passage est d'abord étranglée pour accélérer l'écoulement, puis son expansion entraîne une modification de l'axe du tourbillon et donc une précession de celui-ci. La fréquence de passage de ce tourbillon en un point donné est directement proportionnelle au débit (voir figure 19).

13.3 wake oscillator: Device placed coaxial with the pipe, consisting of a semi-streamlined body and a disc placed downstream, causing the wake to oscillate alternately at a position between the streamlined body and the disc and a position downstream of the disc (see figure 20).

13.3 oscillateur de sillage: Dispositif placé dans l'axe d'un conduit, constitué d'un corps à profil semi-hydrodynamique et d'un disque placé en aval, faisant osciller le sillage alternativement entre le corps et le disque, et à l'aval de ce dernier (voir figure 20).

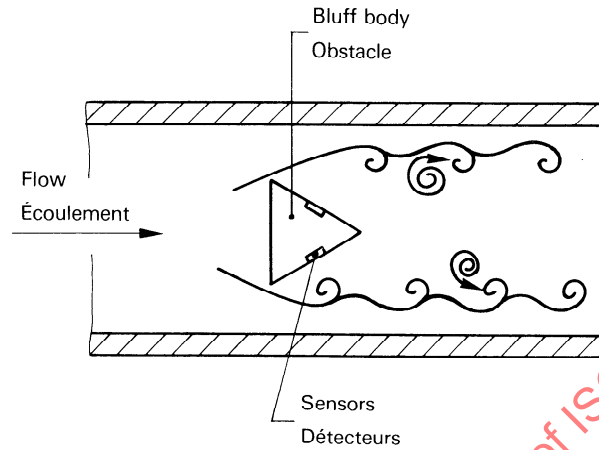


Figure 18 — Principle of operation of the vortex-shedding meter
Figure 18 — Principe de fonctionnement du débitmètre à décollement de tourbillons

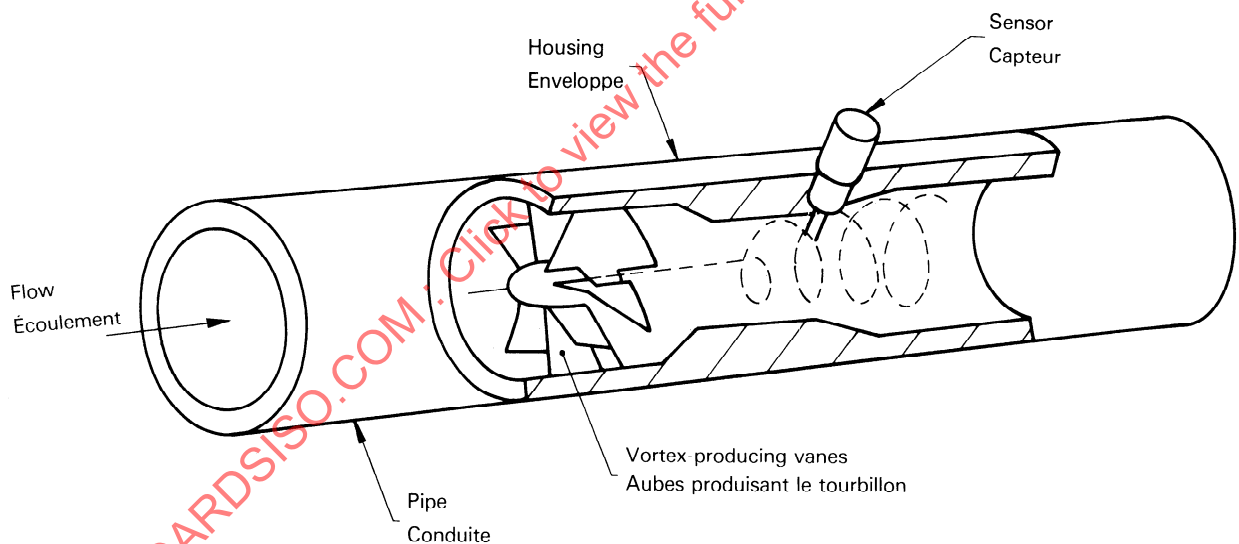


Figure 19 — Principle of operation of the vortex precession meter
Figure 19 — Principe de fonctionnement du débitmètre à précession de tourbillon

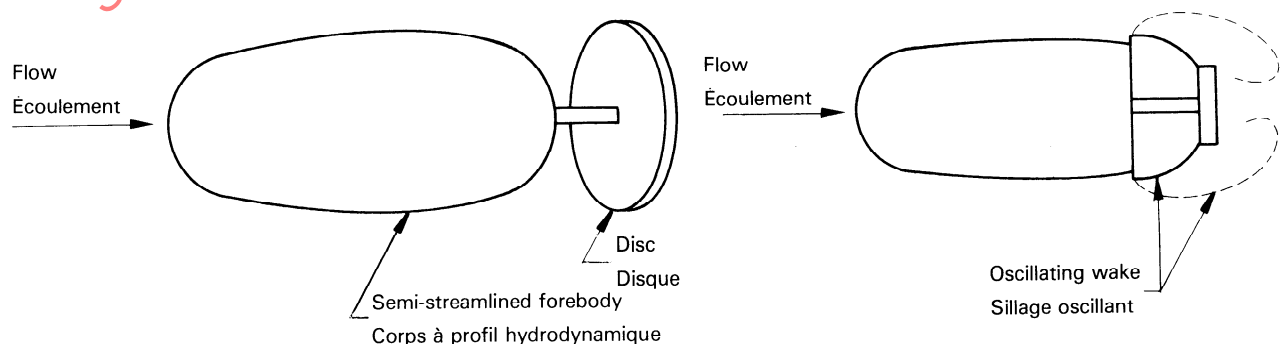


Figure 20 — Diagram of a wake oscillator
Figure 20 — Schéma d'un oscillateur de sillage

13.4 bluff body: Non-streamlined body used in vortex flowmeters to shed vortices. The body may be prismatic, a semi-elliptical modified parabola, a semi-streamlined cylinder or modified triangle, or any combination of these forms.

13.4 obstacle: Corps non hydrodynamique introduit dans les débitmètres à vortex pour créer un décollement de tourbillons. Parmi les diverses formes d'obstacles on peut citer le prisme, la parabole modifiée semi-elliptique, le cylindre semi-hydrodynamique, le triangle modifié ou toute combinaison de ces formes.

14 Variable-area methods

14 Méthodes de mesure par débitmètres à section variable

Variable-area methods are methods in which flow passes through a space (usually, but not always, an annular space) between two elements. These elements are so arranged that fluid-dynamic forces move one element relative to the other against the action of a restraining force (gravitational, or elastic) in such a manner that the cross-sectional area of the space increases as the flow-rate increases. The readout of the instrument is either a measure of the displacement of the movable element from the "no flow" position or a measure of the differential pressure across the variable area (see figure 21).

Les méthodes de mesure par débitmètres à section variable sont des méthodes dans lesquelles l'écoulement passe dans un espace (de forme généralement annulaire mais pas obligatoirement) compris entre deux éléments dont l'un se déplace par rapport à l'autre sous l'effet de la poussée hydrodynamique équilibrée par une force contraire (gravité, tension élastique) de telle manière que plus le débit augmente, plus la section transversale de l'écoulement s'accroît. L'indication délivrée par l'instrument est soit une mesure du déplacement de l'élément mobile à partir de la position "débit nul", soit une mesure de la pression différentielle de part et d'autre de la section variable (voir figure 21).

14.1 constant-head meter: Flowmeter where the differential pressure is kept constant and the area of the annular space is allowed to vary.

14.1 débitmètre à charge constante: Débitmètre dans lequel la pression différentielle demeure constante alors que la section de l'orifice varie.

14.2 variable-head meter: Flowmeter where both the differential pressure and the area of the annular space are allowed to vary, so giving a wide range of measurement.

14.2 débitmètre à charge variable: Débitmètre dans lequel la pression différentielle et la section peuvent varier, ce qui assure une grande étendue de mesure.

- Key
Légende
- A Buoyancy thrust
Poussée d'Archimède
 - W Dynamic thrust
Poussée dynamique
 - G Weight
Poids

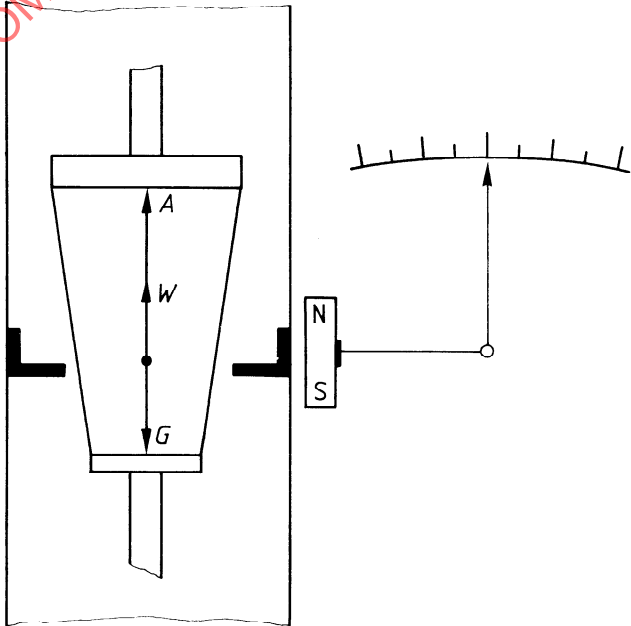


Figure 21 — Variable-area meter
Figure 21 — Débitmètre à section variable

14.3 cone-and-float meter: Flowmeter in which a float of circular cross-section can move freely up and down in a vertical tapered tube under the action of fluid-dynamic forces and gravity. The variable area consists of the annular space between the float and the tube. Flow is always in a vertical direction. The readout is in terms of the vertical displacement of the float (see figure 22).

14.3 débitmètre conique à flotteur: Débitmètre dans lequel un flotteur de section circulaire peut monter et descendre librement dans un tube conique vertical sous l'action des forces hydrodynamiques et de la gravité. La section variable est constituée par l'espace annulaire entre le flotteur et le tube. L'écoulement est toujours vertical. La mesure est donnée par le déplacement vertical du flotteur (voir figure 22).

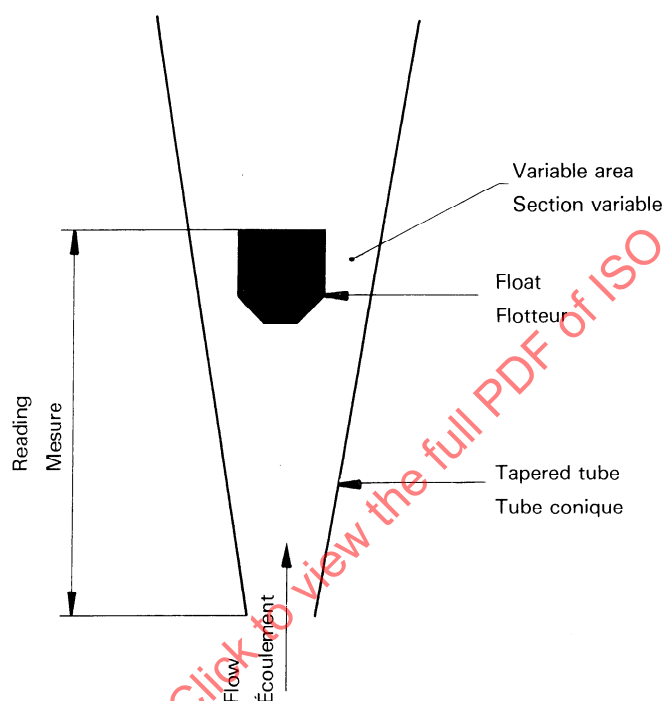


Figure 22 — Principle of operation of a cone-and-float meter

Figure 22 — Principe du débitmètre conique à flotteur

14.4 orifice-and-plug meter: Flowmeter in which a tapered plug fits into a circular orifice in such a way that the area of the annular space is proportional to the lift of the plug (see figure 23).

14.4 débitmètre à obturateur: Débitmètre dans lequel un obturateur conique vient s'adapter sur un orifice circulaire de telle façon que la section de l'espace annulaire soit proportionnelle à la levée de l'obturateur (voir figure 23).

14.5 cone-and-disc meter: Variation of the orifice-and-plug meter in which the plug is replaced by a disc which is mounted in a conical tube; this configuration reduces the effect of changes in fluid viscosity.

14.5 débitmètre à disque: Variante du débitmètre à obturateur dans lequel l'obturateur est remplacé par un disque monté dans un tube conique afin de réduire l'influence des variations de viscosité du fluide.

14.6 gate-type meter: Flowmeter in which a gate is moved so as to maintain a constant pressure drop across the device (see figure 24).

14.6 débitmètre à opercule: Débitmètre dans lequel un opercule se déplace de manière à maintenir constante la perte de pression dans le dispositif (voir figure 24).

14.7 spring-loaded variable-head meter: Flowmeter in which the force tending to close the orifice is provided by a spring instead of by gravity, so that the flowmeter can be installed with its axis horizontal. In some models the displacement of the plug provides the readout, and in others the readout is the differential pressure (see figure 25).

14.7 débitmètre à ressort: Débitmètre dans lequel l'effort d'obturation de l'orifice est exercé non plus par la gravité mais par un ressort, ce qui permet d'installer le débitmètre horizontalement. Dans certains modèles, l'information est donnée par le déplacement de l'obturateur, dans d'autres, par la différence de pression (voir figure 25).

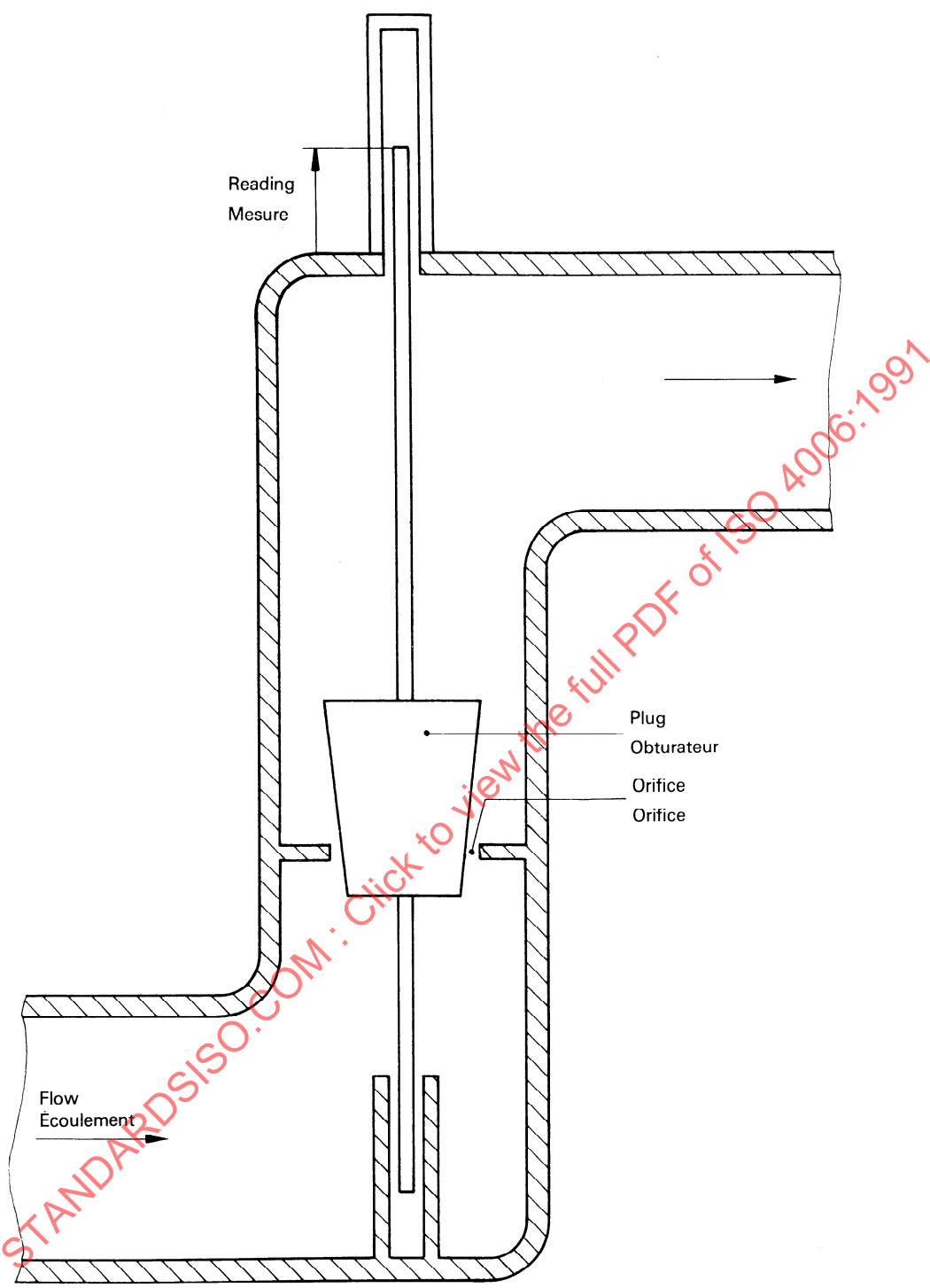


Figure 23 — Orifice-and-plug meter
Figure 23 — Débitmètre à obturateur

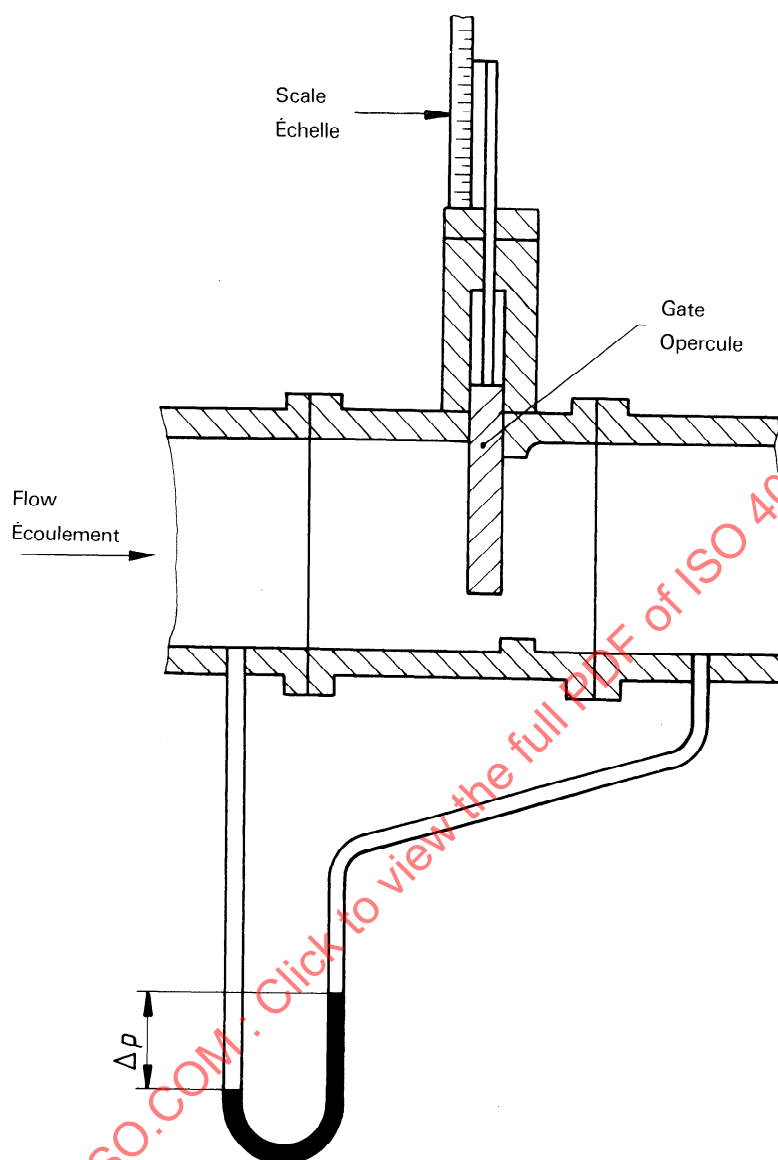


Figure 24 — Gate-type meter
Figure 24 — Débitmètre à opérucule

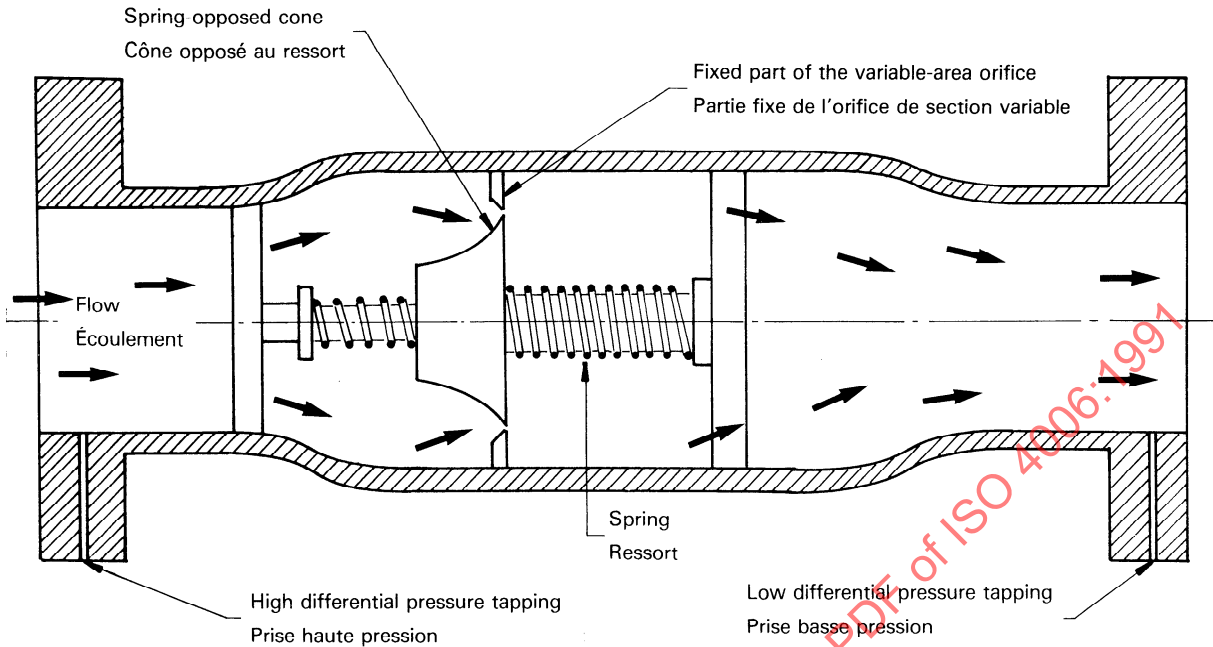


Figure 25 — Spring-loaded variable-area variable-head meter
Figure 25 — Débitmètre à ressort, à section et perte de charge variables

14.8 annular space: Area between the tapered tube and the float, which normally increases as the float rises.

14.8 espace annulaire: Section comprise entre le tube conique et le flotteur et qui normalement augmente quand le flotteur monte.

14.9 float; sinker: Freely moving element of a variable-area meter, which is made of a material denser than the fluid being measured and which rises or falls with changes in flow-rate.

14.9 flotteur; plongeur: Élément mobile libre d'un débitmètre à section variable fabriqué en un matériau plus dense que le fluide mesuré et qui monte ou descend avec les variations de débit.

15 Ultrasonic methods

Ultrasonic methods are methods in which the effect of the fluid flow on an ultrasonic beam (or pulse) is measured and related to the flow-rate.

15 Méthodes de mesure ultrasoniques (ou acoustiques)

Les méthodes ultrasoniques (ou acoustiques) sont des méthodes dans lesquelles on mesure l'effet de l'écoulement d'un fluide sur un faisceau d'ultrasons (ou une impulsion ultrasonore) et on le rapporte au débit.

15.1 ultrasonic flowmeter: Flowmeter which generates ultrasound signals and receives them again after they have been influenced by the flow in such a way that the observed result can be used as a measure of the flow-rate.

15.1 débitmètre à ultrasons: Débitmètre qui émet des signaux à ultrasons et qui les reçoit à nouveau après qu'ils ont été influencés par l'écoulement de telle manière que le résultat obtenu puisse être utilisé comme mesure du débit.

An ultrasonic flowmeter normally consists of one or more ultrasonic transducers and equipment which derives the flow-rate measurement from the generated and received ultrasonic signals and converts it to a standard output signal proportional to the flow-rate.

Un débitmètre à ultrasons est normalement constitué d'un ou de plusieurs transducteurs à ultrasons et d'un équipement qui permet de faire la mesure de débit à partir des signaux ultrasonores émis et reçus, et de convertir cette mesure en un signal de sortie normalisé proportionnel au débit.

15.2 primary device (of an ultrasonic flowmeter): Device consisting of

- a meter tube through which the fluid to be measured flows, and
- a set of ultrasonic transducers used to measure the flow-rate.

15.3 ultrasonic transducer: A source or receiver of ultrasonic energy.

NOTE — This term is valid only for ultrasonic flow measurements.

15.4 clamp-on meter: Flowmeter in which the transducers are fixed on the outside of the conduit in which the flow-rate is to be measured.

15.5 diagonal beam: Path followed by an ultrasonic beam when an ultrasonic transmitter and receiver are so placed that the ultrasonic signal is transmitted diagonally across the conduit.

15.6 single-path diagonal-beam meter: Ultrasonic flowmeter which sends an ultrasonic signal between two transducers. Either the phase shift or the difference in time of flight between the beams emitted upstream and downstream is measured and used to calculate the flow-rate (see figure 26).

15.2 élément primaire (d'un débitmètre à ultrasons): Ensemble comprenant:

- un tube de mesurage à travers lequel s'écoule le fluide à mesurer,
- l'ensemble des transducteurs à ultrasons servant à mesurer le débit.

15.3 transducteur à ultrasons: Source ou récepteur d'énergie ultrasonore.

NOTE — Ce terme n'est valable que pour les mesures de débit par ultrasons.

15.4 débitmètre externe: Débitmètre dont les transducteurs sont placés à l'extérieur du conduit dans lequel le débit doit être mesuré.

15.5 parcours oblique: Trajet d'un faisceau acoustique lorsque l'émetteur et le récepteur sont placés de telle sorte que le signal est émis obliquement par rapport à la tuyauterie.

15.6 débitmètre monocorde à parcours oblique: Débitmètre à ultrasons émettant un signal ultrasonore entre deux transducteurs. Le débit est calculé à partir de la mesure soit du déphasage, soit de la différence des temps de parcours des deux faisceaux émis vers l'amont et vers l'aval (voir figure 26).

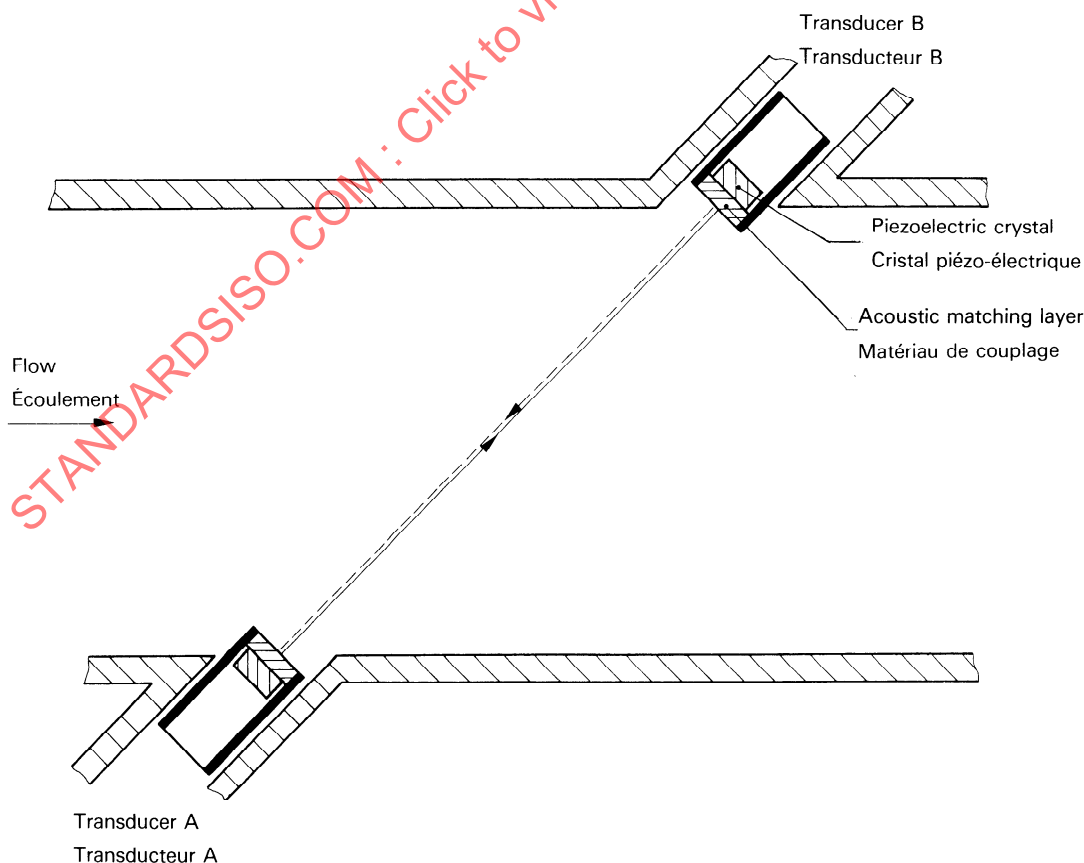


Figure 26 — Principle of operation of the single-path diagonal-beam meter
Figure 26 — Principe du débitmètre monocorde à parcours oblique

15.7 multi-path diagonal-beam meter: Ultrasonic flow-meter which works on the same principle as a single-path diagonal-beam meter but which emits several beams (often four) to compensate for fluctuations in the velocity distribution (see figures 27 and 28).

15.7 débitmètre multicorde à parcours oblique: Débitmètre à ultrasons fonctionnant sur le même principe que le débitmètre monocorde, mais émettant plusieurs faisceaux d'ondes (souvent quatre) pour compenser les fluctuations de la répartition des vitesses (voir figures 27 et 28).

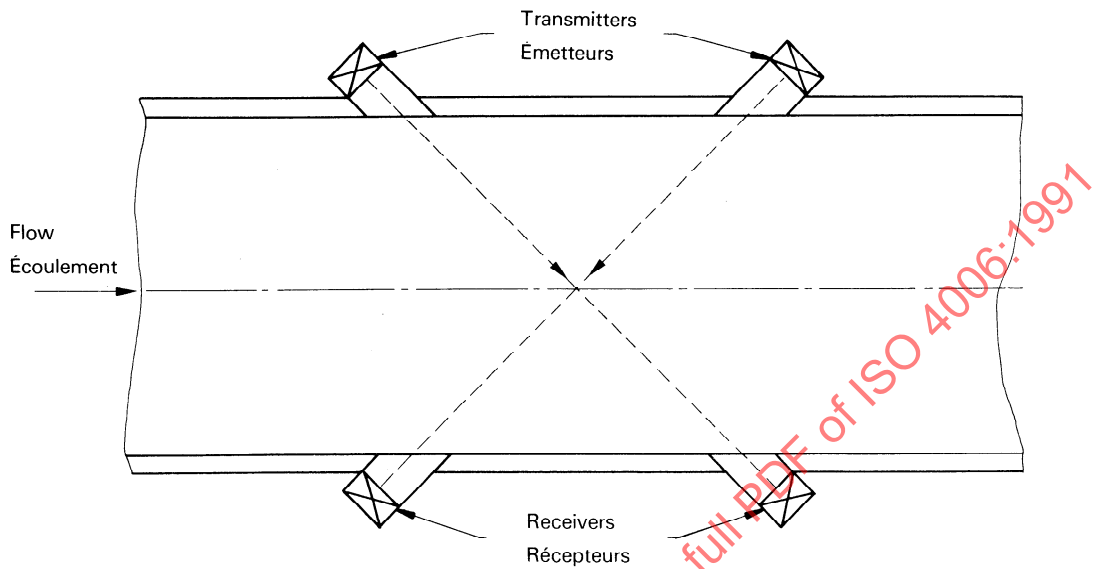


Figure 27 — Principle of operation of the multi-path diagonal-beam meter
Figure 27 — Principe du débitmètre multicorde à parcours oblique

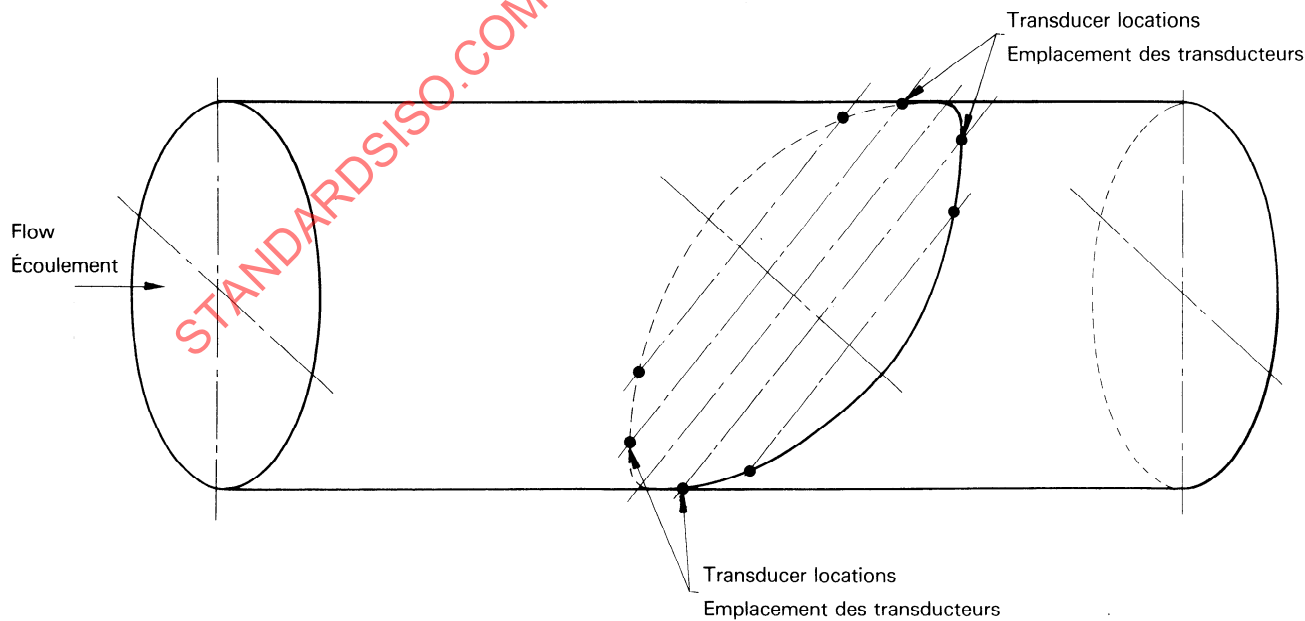


Figure 28 — Arrangement of transducers in a four-path diagonal-beam meter
Figure 28 — Montage des transducteurs dans un débitmètre à quatre cordes à parcours oblique