

Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols

The European Standard EN 24006:1993 has the status of a
British Standard

UDC 532.57:532.542:001.4

Committees responsible for this British Standard

The preparation of this British Standard was entrusted by the Industrial-process Measurement and Control Standards Policy Committee (PCL/-) to Technical Committee PCL/2, upon which the following bodies were represented:

- British Compressed Air Society
- British Gas plc
- Department of Energy (Gas and Oil Measurement Branch)
- Department of Trade and Industry (National Engineering Laboratory)
- Electricity Industry in United Kingdom
- Energy Industries Council
- GAMBICA (BEAMA Ltd.)
- Institute of Measurement and Control
- Institute of Petroleum
- Institute of Trading Standards Administration
- Institution of Gas Engineers
- Institution of Mechanical Engineers
- Society of British Gas Industries
- Water Services Association of England and Wales

This British Standard, having been prepared under the direction of the Industrial-process Measurement and Control Standards Policy Committee, was published under the authority of the Standards Board and comes into effect on 31 October 1991

© BSI 07-1999

First published March 1980
Second edition October 1991

The following BSI references relate to the work on this standard:
Committee reference PCL/2
Draft for comment 88/26611 DC

ISBN 0 580 20141 4

Amendments issued since publication

Amd. No.	Date	Comments
7978	October 1993	Indicated by a sideline in the margin

Contents

	Page
Committees responsible	Inside front cover
National foreword	iii
Foreword	2
Introduction	3
1 Scope	4
2 Symbols	5
3 Subscripts	7
4 General terms in fluid mechanics	7
5 Uncertainties	12
6 General terms related to the devices	18
7 Differential pressure devices	20
8 Critical flow measurement	26
9 Velocity-area methods	27
10 Tracer methods	30
11 Electromagnetic methods	31
12 Weighing and volumetric methods	32
13 Instability methods	37
14 Variable-area methods	39
15 Ultrasonic methods	43
16 Other methods	46
17 Meters (for the measurement of the volume of fluids)	48
Annex A (informative) Bibliography	52
Alphabetical index	53
Figure 1 — Diagram illustrating the terms relating to pressure	9
Figure 2 — Diagram illustrating the terms relating to errors and uncertainties	18
Figure 3 — Square-edged orifice plate with piezometer ring	22
Figure 4 — Orifice plates	23
Figure 5 — Nozzles	24
Figure 6 — Classical Venturi tube	24
Figure 7 — Truncated and conventional Venturi nozzle	25
Figure 8 — Toroidal throat Venturi nozzle	27
Figure 9 — Cylindrical throat Venturi nozzle	27
Figure 10 — Propeller-type current-meter	28
Figure 11 — Example of a Pitot static tube	29
Figure 12 — Piston provers	34
Figure 13 — Bell prover	35
Figure 14 — Liquid displacement system	35
Figure 15 — Soap-film burette	36
Figure 16 — Ring balance	36
Figure 17 — Principle of operation of a fluidic flowmeter, shown with the flow in one of the alternative modes	37
Figure 18 — Principle of operation of the vortex-shedding meter	38
Figure 19 — Principle of operation of the vortex precession meter	38
Figure 20 — Diagram of a wake oscillator	38
Figure 21 — Variable-area meter	39
Figure 22 — Principle of operation of a cone-and-float meter	40
Figure 23 — Orifice-and-plug meter	41
Figure 24 — Gate-type meter	42

	Page
Figure 25 — Spring-loaded variable-area variable-head meter	43
Figure 26 — Principle of operation of the single-path diagonal-beam meter	44
Figure 27 — Principle of operation of the multi-path diagonal-beam meter	45
Figure 28 — Arrangement of transducers in a four-path diagonal-beam meter	45
Figure 29 — Principle of operation of the cross-correlation ultrasonic meter	47
Figure 30 — Principle of operation of the Doppler ultrasonic meter	47
Figure 31 — Examples of rotary displacement meters	49
Figure 32 — Gas turbine meter	51
Publication(s) referred to	Inside back cover

National foreword

This British Standard has been prepared under the direction of the Industrial-process Measurement and Control Standards Policy Committee. It is identical with ISO 4006:1991 “*Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols*”, published by the International Organization for Standardization (ISO) and supersedes BS 5875:1980, which is withdrawn.

In 1993 the European Committee for Standardization (CEN) accepted ISO 4006:1991 as European Standard EN 24006:1993. As a consequence of implementing the European Standard this British Standard is renumbered as BS EN 24006 and any reference to BS 5875:1991 should be read as a reference to BS EN 24006.

Both the English and French texts are given in this British Standard, as presented in the original ISO 4006, to facilitate production.

Cross-references

International standard	Corresponding British Standard
ISO 3534:1977 ^a	BS 5532 <i>Statistical terminology</i> Part 1:1978 <i>Glossary of terms relating to probability and general terms relating to statistics</i> (Identical)
ISO 5167:1980 ^b	BS 1042 <i>Measurement of fluid flow in closed conduits</i> Section 1.1:1981 <i>Specification for square-edged orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross section conduits running full</i> (Technically equivalent)
ISO 5168:1978 ^c	BS 5844:1980 <i>Methods of measurement of fluid flow: estimation of uncertainty of a flow rate measurement</i> (Identical)

^a Reference in the text to ISO 3534-1 is to the revised edition currently in preparation. It is envisaged that, when the revised edition of ISO 3534 (numbered ISO 3534-1) is published, a revised edition of BS 5532-1 will be published.

^b Reference in the text to ISO 5167-1 is to the revised edition currently in preparation. It is envisaged that, when the revised edition of ISO 5167 (numbered ISO 5167-1) is published, a revised edition of BS 1042-1.1 will be published.

^c Reference in the text to ISO 5168 is to the revised edition currently in preparation. It is envisaged that, when the revised edition of ISO 5168 is published, a revised edition of BS 5844 will be published.

A related British Standard to ISO 772:1988 is BS 3680 “*Measurement of liquid flow in open channels. Part 1:1983 Glossary of terms*”¹⁾.

A British Standard does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users of British Standards are responsible for their correct application.

Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.

Summary of pages

This document comprises a front cover, an inside front cover, pages i to iv, the EN title page, pages 2 to 54, an inside back cover and a back cover.

This standard has been updated (see copyright date) and may have had amendments incorporated. This will be indicated in the amendment table on the inside front cover.

¹⁾ A revised edition of BS 3680-1 is in preparation.

UDC 532.57:532.542:001.4

Descriptors: Liquid flow, pipe flow, flow measurement, vocabulary, symbols

English version

Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols

(ISO 4006:1991)

Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles
(ISO 4006:1991)

Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen
(ISO 4006:1991)

This European Standard was approved by CEN on 1993-06-18. CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CEN

European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brussels

© 1993 Copyright reserved to CEN members

Foreword

In 1991, ISO 4006:1991 *Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols* was submitted to the CEN Primary Questionnaire procedure.

Following Resolution BT C 42/1992, ISO 4006:1991 was submitted to the formal vote; the result was positive.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by December 1993, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by December 1993.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

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	Ecart 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	Sr	Nombre de Strouhal	⁴⁾	
5.9	Experimental standard deviation	s	Ecart-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 Termes généraux de mécanique des fluides

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

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

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

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

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

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

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

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 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.

4.3.1 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 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.

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

4.4 flow profile: Graphic representation of the velocity distribution.

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

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

4.5 écoulement giratoire: Ecoulement dans lequel les vitesses présentent des composantes axiales et circonférentielles.

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 mesurage de la composante axiale des vitesses locales) à l'aire de la section de mesurage.

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 à $\frac{1}{2}\rho v^2$, 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.

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

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

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

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

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.

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

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

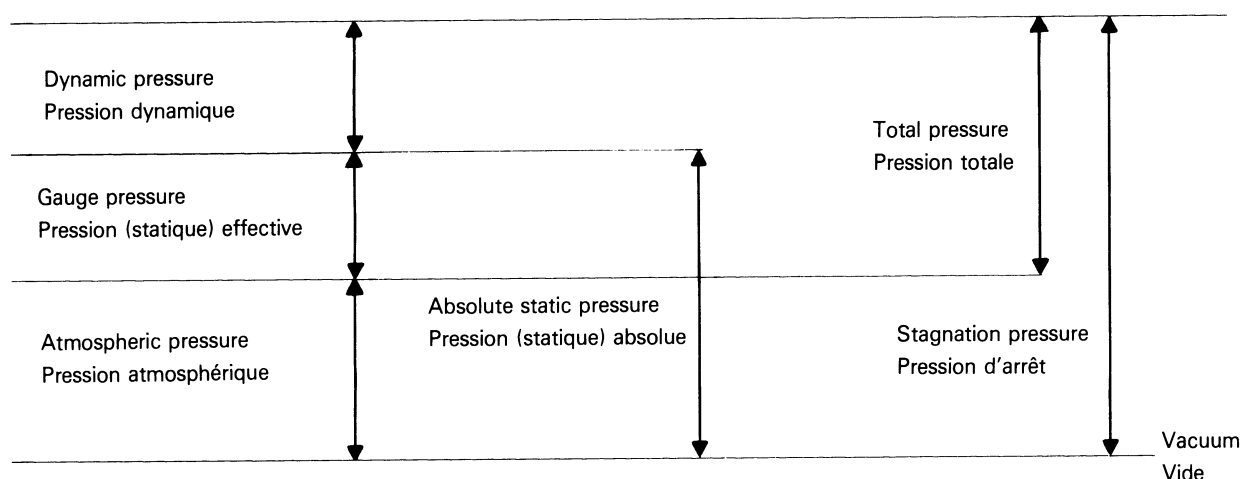


Figure 1 — Diagram illustrating the terms relating to pressure
Figure 1 — Schéma illustrant les termes relatifs à la pression

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: Ecoulement 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: Ecoulement 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.