

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)



Documents
Document Sharing Hub

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	$ML^{-3} \text{ } ^{3)}$	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	diameter of the head of a Pitot tube		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 — referred to D — referred to d	Re_D Re_d	Nombre de Reynolds — rapporté à D — rapporté à d	$^{4)}$	
4.17	Strouhal number	Sr	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 <i>t</i> distribution	<i>t</i>	Distribution <i>t</i> de Student	4)	
5.26	Uncertainty	<i>U</i>	Incertitude	4)	
4.7	Mean axial fluid velocity	<i>U</i>	Vitesse débitante	LT ⁻¹	m/s
5.26.1	Random uncertainty	<i>U_r</i>	Incertitude aléatoire	4)	
5.26.2	Systematic uncertainty	<i>U_s</i>	Incertitude systématique	4)	
Figure 2	Upper and lower limits of a non-symmetrical uncertainty	<i>U⁺, U⁻</i>	Limites supérieure et inférieure d'un intervalle d'incertitude non symétrique	4)	
4.21	Friction velocity	<i>u[*]</i>	Vitesse de frottement	LT ⁻¹	m/s
4.17	Local velocity of the fluid	<i>v</i>	Vitesse locale du fluide	LT ⁻¹	m/s
4.8	Non-dimensional [relative] velocity	<i>v[*]</i>	Vitesse adimensionnelle [relative]	4)	
	Component of the local velocity parallel to the pipe axis	<i>v_x</i>	Composante de la vitesse locale selon l'axe de la conduite	LT ⁻¹	m/s
5.11	Weight of measurement	<i>w_i</i>	Coefficient de pondération	4)	
7.15	Acoustic ratio	<i>X</i>	Rapport acoustique	4)	
7.13	Differential pressure ratio	<i>x</i>	Pression différentielle relative	4)	
5.1	Average value (of a variable <i>x</i>)	$\bar{x}$	Valeur moyenne (d'une variable <i>x</i>)	4)	
5.11.1	Arithmetic weighted mean; weighted average	$\bar{x}_w$	Moyenne arithmétique pondérée	4)	
9.1	Index of asymmetry	<i>Y</i>	Indice de dissymétrie de l'écoulement	4)	
	Distance from a measurement point to the wall	<i>y</i>	Distance d'un point de mesure à la paroi	L	m
	Non-dimensional distance from a measurement point to the wall	<i>y[*]</i>	Distance adimensionnelle d'un point de mesure à la paroi	4)	
4.33	Compressibility factor	<i>Z</i>	Facteur de compressibilité	4)	
7.18	Flow coefficient	<i>α</i>	Coefficient de débit	4)	
4.10	Kinetic energy coefficient	<i>α</i>	Coefficient d'énergie cinétique	4)	
7.4	Diameter ratio	<i>β</i>	Rapport de diamètres	4)	
4.31	Ratio of the specific heat capacities	<i>γ</i>	Rapport des capacités thermiques massiques	4)	
7.19	Expansibility [expansion] factor	<i>ε</i>	Coefficient de détente	4)	
	Fluid temperature, in degrees Celsius	<i>θ</i>	Température du fluide selon l'échelle Celsius	Θ	°C
4.6	Angle between the local velocity vector and the conduit axis	<i>θ</i>	Angle de la vitesse locale avec l'axe de la conduite		rad
5.2	Sensitivity [influence] coefficient	<i>θ_x</i>	Coefficient de sensibilité (d'influence)	4)	
4.32	Isentropic exponent	<i>κ</i>	Exposant isentropique	4)	
4.20	Universal head loss coefficient	<i>λ</i>	Coefficient universel de perte de charge	4)	
	Dynamic viscosity of the fluid	μ (or/ou <i>η</i>)	Viscosité dynamique du fluide	ML ⁻¹ T ⁻¹	Pa·s
4.15	Kinematic viscosity of the fluid	<i>ν</i>	Viscosité cinématique du fluide	L ² T ⁻¹	m ² /s
5.7	Number of degrees of freedom	<i>ν</i>	Nombre de degrés de liberté	4)	
4.32	Density of the fluid	<i>ρ</i>	Masse volumique du fluide	ML ⁻³	kg/m ³
7.14	Pressure ratio	<i>τ</i>	Rapport des pressions	4)	
4.21	Wall shear stress	<i>τ_o</i>	Contrainte de frottement à la paroi	ML ⁻¹ T ⁻²	Pa
	Included angle of the divergent	<i>φ</i>	Angle au sommet du divergent		rad
	Angle between the local velocity vector and the axis of the metering device	<i>φ</i>	Angle de la vitesse locale avec l'axe de l'appareil de mesure		rad

1) Symbols shown in parentheses are non-preferred.

2) M = mass, L = length, T = time, Θ = temperature.

3) The concentration can also be expressed as a dimensionless quantity.

4) Dimensionless quantity.

5) The dimension of this parameter is the dimension of the quantity to which it relates.

1) Les symboles entre parenthèses sont des symboles non préférés.

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

3) La concentration peut également être exprimée comme une grandeur sans dimension.

4) Sans dimension.

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: Écoulement 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 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.

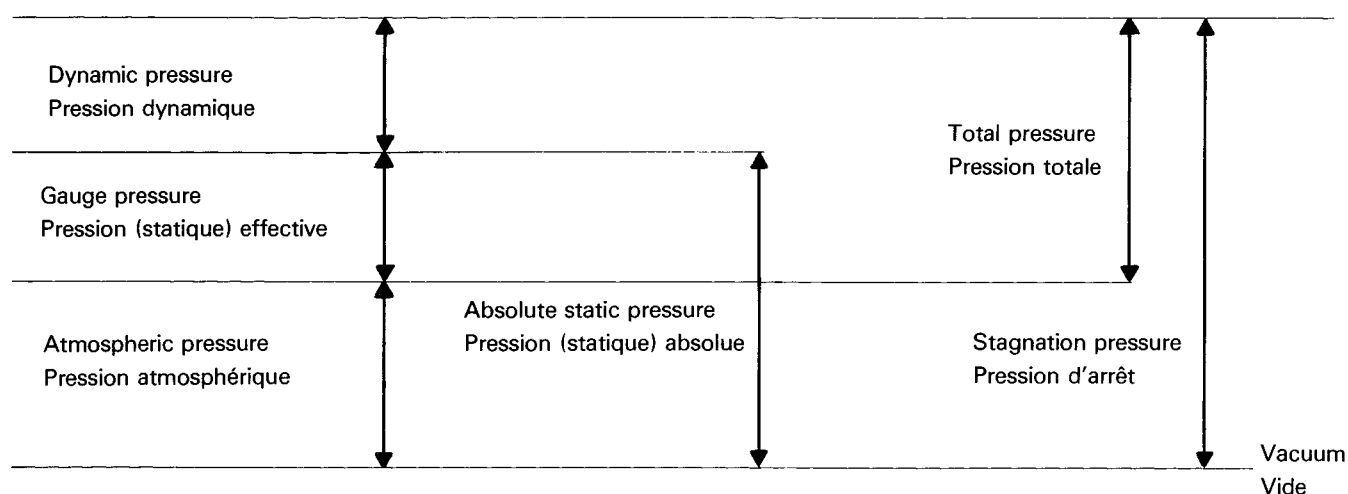


Figure 1 — Diagram illustrating the terms relating to pressure
Figure 1 — Schéma illustrant les termes relatifs à la pression

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 mesurande, 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 mesurande, varie d'une façon imprévisible.

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