

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
534-8-4**

Première édition  
First edition  
1994-05

---

---

**Vannes de régulation des processus industriels –**

**Partie 8:**

Considérations sur le bruit –

Section 4: Prédiction du bruit créé par  
un écoulement hydrodynamique

**Industrial-process control valves –**

**Part 8:**

Noise considerations –

Section 4: Prediction of noise generated  
by hydrodynamic flow



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 534-8-4: 1994

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
534-8-4**

Première édition  
First edition  
1994-05

---

---

**Vannes de régulation des processus industriels –**

**Partie 8:**

Considérations sur le bruit –

Section 4: Prédiction du bruit créé par  
un écoulement hydrodynamique

**Industrial-process control valves –**

**Part 8:**

Noise considerations –

Section 4: Prediction of noise generated  
by hydrodynamic flow

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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.

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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**M**

● Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
Articles	
1 Domaine d'application .....	6
2 Références normatives .....	6
3 Définitions .....	8
4 Symboles .....	8
5 Bases de calcul .....	10
6 Calcul du niveau de puissance sonore interne $NWS_i$ .....	10
7 Emission du bruit aérien .....	16
8 Limites d'application .....	20
Annexe A – Bibliographie .....	24

## CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Definitions .....	9
4 Symbols .....	9
5 Basis of calculation .....	11
6 Calculation of the internal sound power level $L_{wi}$ .....	11
7 Airborne noise emission .....	17
8 Application limits .....	21
Annex A – Bibliography .....	24

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS –

**Partie 8: Considérations sur le bruit –  
Section 4: Prédiction du bruit créé par  
un écoulement hydrodynamique**

## AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente section de la Norme internationale CEI 534-8 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
65B(BC)86	65B(BC)89

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES –

**Part 8: Noise considerations –  
Section 4: Prediction of noise generated  
by hydrodynamic flow**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

This section of International Standard IEC 534-8 has been prepared by sub-committee 65B: Elements of systems, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

The text of this standard is based on the following documents:

DIS	Report on Voting
65B(CO)86	65B(CO)89

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annex A is for information only.

## VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS –

### Partie 8: Considérations sur le bruit – Section 4: Prédiction du bruit créé par un écoulement hydrodynamique

#### 1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 534-8 permet aux concepteurs et aux opérateurs d'usines de processus industriel de déterminer, à un emplacement donné, le bruit créé par un écoulement hydrodynamique dans les vannes de régulation. La puissance sonore émise vers l'intérieur de la tuyauterie ainsi que le bruit aérien émis par la vanne et la tuyauterie peuvent être prédits au moyen de coefficients définissant les caractéristiques spécifiques de la vanne et d'une méthode de calcul unique.

Actuellement, les utilisateurs de vannes souhaitent généralement connaître le niveau de pression sonore à l'extérieur de la tuyauterie, particulièrement à 1 m en aval de la vanne et à 1 m de la paroi de la tuyauterie. Cette section propose une méthode pour établir cette valeur.

Cette section pourvoit aussi au calcul du niveau de puissance sonore interne.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 534-8. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 534-8 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 534-1: 1987, *Vannes de régulation des processus industriels – Première partie: Terminologie des vannes de régulation et considérations générales*

CEI 534-2: 1978, *Vannes de régulation des processus industriels – Deuxième partie: Capacité d'écoulement – Section un: Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides incompressibles dans les conditions d'installation*

CEI 534-2-3: 1983, *Vannes de régulation des processus industriels – Deuxième partie: Capacité d'écoulement – Section trois: Procédures d'essai*

CEI 534-8-2: 1991, *Vannes de régulation des processus industriels – Partie 8: Considérations sur le bruit – Section 2: Mesure en laboratoire du bruit créé par un écoulement hydrodynamique dans une vanne de régulation*

## INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES –

### Part 8: Noise considerations – Section 4: Prediction of noise generated by hydrodynamic flow

#### 1 Scope

This section of IEC 534-8 permits the designers and operators of industrial process plants to determine for a defined location the noise generated by hydrodynamic flow through control valves. The sound power emitted into the pipe, as well as the airborne noise emitted by the valve and piping system, can be predicted by means of coefficients that define valve specific characteristics and a unified calculation method.

At present, a common requirement by valve users is the knowledge of the sound pressure level outside the pipe, typically 1 m downstream of the valve and 1 m from the pipe wall. This section offers a method to establish this value.

This section also provides for calculating the internal sound power level.

#### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 534-8. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 534-8 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 534-1: 1987, *Industrial-process control valves – Part 1: Control valve terminology and general considerations*

IEC 534-2: 1978, *Industrial process control valves – Part 2: Flow capacity – Section One: Sizing equations for incompressible fluid flow under installed conditions*

IEC 534-2-3: 1983, *Industrial process control valves – Part 2: Flow capacity – Section Three: Test procedures*

IEC 534-8-2: 1991, *Industrial process control valves – Part 8: Noise considerations – Section 2: Laboratory measurement of noise generated by hydrodynamic flow through control valves.*

### 3 Définitions

Dans cette section, le terme vanne est utilisé pour désigner les vannes de régulation définies par la CEI 534-1. Toutes les définitions données dans les autres parties de la CEI 534 sont applicables.

### 4 Symboles

Symbole	Définition	Unité
$A_v$	Coefficient de débit (voir note 1)	$m^2$
$c_F$	Vitesse du son dans le fluide	m/s
$c_p$	Vitesse du son des ondes longitudinales dans la paroi de la tuyauterie	m/s
$C_v$	Coefficient de débit (voir note 1)	$l/(\min Pa^{1/2})$ (US gallon/(min (psi) <sup>1/2</sup> ))
$d_i$	Diamètre intérieur de la tuyauterie en aval	m
$d_o$	Diamètre extérieur de la tuyauterie en aval	m
$f$	Fréquence	Hz
$f_m$	Fréquence centrale de l'octave (voir tableau 1)	Hz
$f_r$	Fréquence d'anneau	Hz
$F_F$	Facteur de rapport de pression critique du liquide	Sans dimension
$F_L$	Facteur de récupération de pression du liquide	Sans dimension
$K_v$	Coefficient de débit (voir note 1)	$m^3/h$
$l_o$	Longueur de référence de la tuyauterie = 1	m
$l_p$	Longueur de tuyauterie	m
$NPSA_o$	Niveau de pression sonore en pondération A, externe à la tuyauterie	dB(A) (réf $P_o$ )
$NWSA_n$	Niveau de puissance sonore de la n <sup>ième</sup> bande d'octave, en pondération A	dB(A) (réf $W_o$ )
$NWS_o$	Niveau de puissance sonore externe (non pondéré)	dB (réf $W_o$ )
$NWSA_o$	Niveau de puissance sonore en pondération A, externe à la tuyauterie	dB(A) (réf $W_o$ )
$NWS_i$	Niveau de puissance sonore interne (non pondéré)	dB (réf $W_o$ )
$\Delta L_F$	Valeur du coefficient de correction spécifique de la vanne	dB
$\dot{m}$	Débit massique	kg/s
$P_o$	Pression sonore de référence = $2 \times 10^{-5}$	Pa (voir note 2)
$p_v$	Pression absolue de valeur du fluide à la température d'entrée	Pa
$p_1$	Pression absolue à l'entrée de la vanne	Pa
$p_2$	Pression absolue à la sortie de la vanne	Pa
$\Delta p$	Pression différentielle entre l'amont et l'aval ( $P_1 - P_2$ )	Pa
$T_1$	Température absolue à l'entrée	K
$T_L$	Affaiblissement acoustique (non pondéré)	dB
$t$	Épaisseur de la tuyauterie	m

NOTES

1 Se référer à la CEI 534-1 pour la signification des coefficients de débit  $A_v$ ,  $K_v$  et  $C_v$ , et leurs unités.

2  $10^5$  Pa =  $10^2$  kPa = 1 bar.

### 3 Definitions

Valves in the meaning of this section are control valves as defined in IEC 534-1. All of the definitions given in other parts of IEC 534 shall apply.

### 4 Symbols

Symbol	Description	Unit
$A_v$	Flow coefficient (see note 1)	$m^2$
$c_f$	Speed of sound in the fluid	m/s
$c_p$	Speed of sound of the longitudinal waves in the pipe wall	m/s
$C_v$	Flow coefficient (see note 1)	$l/(\text{min Pa}^{1/2})$ (US gallon/(min (psi) <sup>1/2</sup> ))
$d_i$	Inside diameter of the downstream pipe	m
$d_o$	Outside diameter of the downstream pipe	m
$f$	Frequency	Hz
$f_m$	Octave centre frequency (see table 1)	Hz
$f_r$	Ring frequency	Hz
$F_F$	Liquid critical pressure ratio factor	Dimensionless
$F_L$	Liquid pressure recovery factor	Dimensionless
$K_v$	Flow coefficient (see note 1)	$m^3/h$
$l_o$	Reference length of pipe = 1	m
$l_p$	Length of pipe	m
$L_{pAe}$	A-weighted sound pressure level external of pipe	dB(A) (ref $P_o$ )
$L_{WA_n}$	A-weighted sound power level of the $n^{\text{th}}$ octave band	dB(A) (ref $W_o$ )
$L_{W_e}$	External sound power level (unweighted)	dB (ref $W_o$ )
$L_{WA_e}$	A-weighted sound power level external of pipe	dB(A) (ref $W_o$ )
$L_{W_i}$	Internal sound power level (unweighted)	dB (ref $W_o$ )
$\Delta L_F$	Valve specific correction value	dB
$\dot{m}$	Mass flow rate	kg/s
$P_o$	Reference sound pressure = $2 \times 10^{-5}$	Pa (see note 2)
$p_v$	Absolute vapour pressure of fluid at inlet temperature	Pa
$p_1$	Valve inlet absolute pressure	Pa
$p_2$	Valve outlet absolute pressure	Pa
$\Delta p$	Differential pressure between upstream and downstream ( $p_1 - p_2$ )	Pa
$T_1$	Inlet absolute temperature	K
$T_L$	Transmission loss (unweighted)	dB
$t$	Thickness of wall pipe	m

#### NOTES

- See IEC 534-1 for an explanation of flow coefficients  $A_v$ ,  $K_v$  and  $C_v$ , and their units.
- $10^5 \text{ Pa} = 10^2 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$ .

Symbole	Définition	Unité
$U_2$	Vitesse du fluide à la sortie de la vanne	m/s
$W_m$	Puissance dissipée dans la vanne	W
$W_o$	Puissance sonore de référence = $10^{-12}$	W
$x$	Rapport de la pression différentielle à la pression absolue à l'entrée ( $\Delta p / p_1$ )	Sans dimension
$x_F$	Rapport des pressions différentielles ( $\Delta p / (p_1 - p_v)$ )	Sans dimension
$x_{Fz}$	Rapport des pressions caractéristiques	Sans dimension
$x_{Fz,\Phi}$	Rapport des pressions caractéristiques à $\Phi$	Sans dimension
$\Phi$	Coefficient de débit relatif	Sans dimension
$\eta_F$	Facteur de rendement acoustique pour les liquides (à $\Phi = 0,75$ )	Sans dimension
$\rho_F$	Masse volumique du fluide à $p_1$ et $T_1$	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_p$	Masse volumique du matériau de la tuyauterie	kg/m <sup>3</sup>

## 5 Bases de calcul

Les valeurs calculées sont des niveaux de puissance sonore ou leurs dérivés, les niveaux de pression sonore, dans la gamme de fréquences des bandes d'octave de 500 Hz à 8 000 Hz. Dans ces bandes d'octave, l'influence de la fréquence sur le bruit de la vanne est bien établie, tandis que l'effet de fréquence au-dessous ou au-dessus de cette gamme n'est pas significatif dans le cadre de la protection contre les émissions. Cela est dû à la pondération A, à un rayonnement plus faible de la tuyauterie aux basses fréquences et à une absorption plus importante aux hautes fréquences.

De nombreuses mesures sur des vannes et des tuyauteries ont montré que le bruit susceptible d'être émis par une vanne pouvait être calculé avec une précision suffisante si toutes les quantités limitantes significatives étaient connues. Cependant, il est de règle que les valeurs caractéristiques du bruit soient déterminées selon la CEI 534-8-2.

## 6 Calcul du niveau de puissance sonore interne $NWS_i$

La figure 1 présente la courbe typique du niveau de bruit pour une détente de liquide en fonction du rapport des pressions différentielles  $x_F = \Delta p / (p_1 - p_v)$ .

Dans le domaine des écoulements laminaires (par exemple à grande viscosité, à faible pression différentielle ou à coefficient de débit très petit), le niveau de bruit créé est négligeable. Seule la formation d'un écoulement turbulent en aval de la *vena contracta* apportera une augmentation du niveau sonore proportionnelle à la puissance de l'écoulement.

Au rapport des pressions différentielles  $x_F \geq x_{Fz}$ , la vanne commence à caviter, et le bruit de cavitation résultant de l'implosion statistique temporelle des bulles se superpose au bruit de l'écoulement créé par les turbulences.

Symbol	Description	Unit
$U_2$	Fluid velocity at outlet of valve	m/s
$W_m$	Fluid power loss in the valve	W
$W_o$	Reference sound power = $10^{-12}$	W
$x$	Ratio of differential pressure to inlet absolute pressure ( $\Delta p/p_1$ )	Dimensionless
$x_F$	Differential pressure ratio ( $\Delta p / p_1 - p_v$ )	Dimensionless
$x_{Fz}$	Characteristic pressure ratio	Dimensionless
$x_{Fz,\Phi}$	Characteristic pressure ratio at $\Phi$	Dimensionless
$\Phi$	Relative flow coefficient	Dimensionless
$\eta_F$	Acoustical efficiency factor for liquid (at $\Phi = 0,75$ )	Dimensionless
$\rho_F$	Density (specific mass) at $p_1$ and $T_1$	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_p$	Density (specific mass) of pipe material	kg/m <sup>3</sup>

## 5 Basis of calculation

The calculated values are sound power levels, or sound pressure levels derived from them, in the frequency range of the octave bands 500 Hz through 8 000 Hz. In these octave bands, the dependency of valve noise on frequency is sufficiently addressed, whereas the effect of the frequency below and above this range is not significant with respect to emission protection. This is due to A-weighting, decreased pipe radiation at low frequencies, and increased absorption at high frequencies.

Extensive measurements with valves and pipes have shown that the expected sound emission of a valve can be calculated with sufficient accuracy if all the significant limiting quantities are known. However, the requirement is that the sound determining characteristic values are determined according to IEC 534-8-2.

## 6 Calculation of the internal sound power level $L_{wi}$

The typical sound level curve for throttling liquids is presented in figure 1 as a function of the differential pressure ratio  $x_F = \Delta p / (p_1 - p_v)$ .

In the range of laminar flow (e.g., at a large viscosity, a small differential pressure or a very small flow coefficient value), no relevant sound level is produced. Only with the formation of turbulent flow downstream of the *vena contracta* does the sound level increase proportional to the stream power.

At the differential pressure ratio  $x_F \geq x_{Fz}$ , the valve starts to cavitate, and the cavitation noise resulting from the temporal statistical collapse of bubbles is superimposed on the flow noise resulting from the turbulence.

### 6.1 Données spécifiques de la vanne

Les valeurs caractéristiques  $F_L$ ,  $x_{Fz}$ ,  $\eta_F$  et  $\Delta L_F$  mentionnées ci-dessous doivent être déterminées par le fabricant à un coefficient de débit relatif  $\Phi = 0,75$  et doivent apparaître dans la documentation technique. Lorsque les conditions pour lesquelles une valeur est donnée dévient par rapport à cette règle, ces conditions doivent être précisées, par exemple  $x_{Fz, 0,5}$  pour un coefficient de débit relatif  $\Phi = 0,5$ .

#### 6.1.1 Facteur de récupération de pression $F_L$

La valeur de  $F_L$  est déterminée à partir d'une mesure de capacité de débit dans des conditions «d'écoulement engorgé» selon la CEI 534-2-3.

Dans des conditions d'écoulement sans limitation de débit,  $F_L$  représente la racine carrée du rapport de la pression différentielle aux bornes de la vanne, à la pression différentielle entre l'amont et la *vena contracta*.

#### 6.1.2 Rapport des pressions caractéristiques $x_{Fz}$

La valeur du rapport des pressions caractéristiques  $x_{Fz}$  est déterminée avec une dépendance par rapport à la charge de la vanne selon la CEI 534-8-2. Le rapport de pression caractéristique établit le rapport de pression auquel la cavitation est détectée acoustiquement.

#### 6.1.3 Facteur de rendement acoustique $\eta_F$

Le facteur de rendement acoustique  $\eta_F$  est le rapport de la puissance sonore à la puissance de l'écoulement en régime exempt de cavitation. Il est principalement lié aux conditions géométriques à la *vena contracta* et derrière celle-ci, et il doit donc être établi en fonction de la forme et de la capacité de débit de la vanne. Pour les vannes à soupape monoétagées, la meilleure valeur connue à ce jour est de  $10^{-8}$ .

#### 6.1.4 Valeur du coefficient de correction $\Delta L_F$ (pour un écoulement cavitant)

La valeur du coefficient de correction  $\Delta L_F$  traduit un écart par rapport au calcul pour la vanne considérée:

$$\Delta L_F = NWS_{i, \text{mesuré}} - NWS_{i, \text{calculé}} \quad (1)$$

NOTE –  $NWS_{i, \text{calculé}}$  est déterminé à partir de l'équation (5) avec  $\Delta L_F = 0$ .

Tout écart par rapport à une vanne de régulation de référence peut être corrigé par le  $\Delta L_F$  de la vanne.

La vanne de régulation de référence dont le  $\Delta L_F = 0$  est définie comme suit:

- taille: de DN 50 à DN 100;
- pression nominale: de PN 10 à PN 40;
- monoétagée;
- vanne à soupape à guidage par le haut, et à entrée et sortie coaxiales;
- clapet parabolique profilé;
- équipement interne de dimension nominale;

## 6.1 Valve specific data

The characteristic values  $F_L$ ,  $x_{Fz}$ ,  $\eta_F$  and  $\Delta L_F$  cited below shall be determined by the manufacturer at a relative flow coefficient of  $\Phi = 0,75$  and shall be stated in the technical documentation. Deviating data shall be labelled, e.g.,  $x_{Fz, 0,5}$  for a relative flow coefficient of  $\Phi = 0,5$ .

### 6.1.1 Pressure recovery factor $F_L$

The  $F_L$  value is determined by a flow capacity measurement under "choked flow" conditions, according to IEC 534-2-3.

At flow conditions without flow limitation,  $F_L$  represents the square root of the ratio of the differential pressure across the valve to the pressure difference between upstream and the *vena contracta*.

### 6.1.2 Characteristic pressure ratio $x_{Fz}$

The valve specific characteristic pressure ratio  $x_{Fz}$  is determined with dependency on the valve load according to IEC 534-8-2. It identifies the pressure ratio at which the cavitation is acoustically detected.

### 6.1.3 Acoustical efficiency factor $\eta_F$

The acoustical efficiency factor  $\eta_F$  is the ratio of the sound power to the stream power for non-cavitating flow. It is mainly determined by the geometric conditions at and behind the *vena contracta* and has, therefore, to be stated with dependency on the design and flow capacity. For typical single-stage globe valves, the best known value at this time is  $10^{-8}$ .

### 6.1.4 Correction value $\Delta L_F$ (for cavitating flow)

The correction value  $\Delta L_F$  identifies a deviation from the calculation for the value under consideration:

$$\Delta L_F = L_{wi, \text{ measured}} - L_{wi, \text{ calculated}} \quad (1)$$

NOTE -  $L_{wi, \text{ calculated}}$  is determined from equation (5) using  $\Delta L_F = 0$ .

Any deviation from a reference control valve can be corrected by the valve  $\Delta L_F$ .

The reference control valve which has a  $\Delta L_F = 0$  is defined as follows:

- size in the range DN 50 to DN 100;
- nominal pressure in the range PN 10 to PN 40;
- single stage;
- top guided globe valve whose inlet and outlet are coaxial;
- contoured, parabolic plug;
- full area trim;

fluide tend à ouvrir;

$F_L$ : de 0,8 à 0,9;

$\Phi = 0,75$ .

La condition d'essai de référence associée à la vanne de régulation de référence est que le fluide utilisé soit de l'eau à une température comprise entre 5 °C et 40 °C.

La valeur du coefficient de correction  $\Delta L_F$  doit être établie en fonction du coefficient de débit relatif et du rapport de pressions différentielles  $x_F$ .

## 6.2 Niveau de puissance sonore interne

Le calcul de niveau de puissance sonore interne nécessite de distinguer les écoulements non cavitants et les écoulements cavitants.

### 6.2.1 Ecoulement non cavitant

La puissance dissipée dans la vanne est calculée comme suit:

$$W_m = \frac{\dot{m} \cdot \Delta p}{\rho_F} \quad (2)$$

Pour un service exempt de cavitation ( $x_F < x_{Fz}$ ) dans les bandes d'octave de 500 Hz à 8 000 Hz, le niveau de puissance sonore interne rayonné  $NWS_i$  est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$NWS_i = 10 \lg \frac{\eta_F \cdot \dot{m} \cdot \Delta p}{\rho_F W_0} \quad (3)$$

L'équation (3) peut être réécrite sous la forme suivante avec  $W_0 = 10^{-12}$  W:

$$NWS_i = 120 + 10 \lg \eta_F + 10 \lg \dot{m} + 10 \lg \Delta p - 10 \lg \rho_F \quad (4)$$

### 6.2.2 Ecoulement cavitant

La cavitation doit être systématiquement évitée mais, en cas d'impossibilité,  $NWS_i$  peut être calculé comme suit: pour un fonctionnement avec cavitation ( $x_F \geq x_{Fz}$ ), le niveau de puissance sonore interne rayonné, dans la gamme des bandes d'octave de 500 Hz à 8 000 Hz, est calculé à l'aide de l'équation (5) utilisant  $\eta_F$ . L'équation (5) est composée de deux parties: la première qui suppose un écoulement exempt de cavitation (tirée de l'équation (4)), et la seconde qui représente l'effet de la cavitation. Cette dernière représente la portion de courbe de la figure 1 correspondant à un écoulement cavitant.

flow to open;

$F_L$  in the range 0,8 to 0,9;

$\Phi = 0,75$ .

The reference testing condition associated with the reference control valve is water within a temperature range of 5 °C to 40 °C.

The correction value  $\Delta L_F$  has to be stated as a function of the relative flow coefficient and differential pressure ratio  $x_F$ .

## 6.2 Internal sound power level

The calculation of the internal sound power level must differentiate between the non-cavitating and cavitating flows.

### 6.2.1 Non-cavitating flow

The stream power is calculated as follows:

$$W_m = \frac{\dot{m} \cdot \Delta p}{\rho_F} \quad (2)$$

For non-cavitating service ( $x_F < x_{FZ}$ ) in the octave band range 500 Hz through 8 000 Hz, the radiated internal sound power level  $L_{wi}$  is calculated according to the following equation:

$$L_{wi} = 10 \lg \frac{\eta_F \cdot \dot{m} \cdot \Delta p}{\rho_F W_o} \quad (3)$$

Equation (3) may be rewritten in the following form, where  $W_o = 10^{-12}$  W:

$$L_{wi} = 120 + 10 \lg \eta_F + 10 \lg \dot{m} + 10 \lg \Delta p - 10 \lg \rho_F \quad (4)$$

### 6.2.2 Cavitating flow

Cavitation should be avoided under all circumstances, but if this is not possible, then  $L_{wi}$  may be calculated as follows. For cavitating service ( $x_F \geq x_{FZ}$ ) in the octave band range 500 Hz through 8 000 Hz, the radiated internal sound power level is determined from equation (5) using  $\eta_F$ . Equation (5) contains two parts, one as if there were no cavitation (taken from equation (4)), and another which represents the effects of cavitation. The latter represents the portion of the curve in figure 1 corresponding to cavitating flow.

$$NWS_i = 120 + 10 \lg \eta_F + 10 \lg \dot{m} + 10 \lg \Delta p - 10 \lg \rho_F + \Delta L_F$$

$$+ 180 \cdot \frac{(x_{Fz, \Phi})^{0,0625}}{(x_F)^{x_{Fz, \Phi}}} \cdot (1 - x_F)^{0,8} \cdot \lg \left[ \frac{1 - x_{Fz, \Phi}}{1 - x_F} \right] \quad (5)$$

NOTE – La constante 180 de l'équation (5) représente la moyenne de plusieurs mesures sur une vanne de régulation de référence dont la valeur du coefficient de correction  $\Delta L_F$  est nulle (voir 6.1.4).

Le terme  $10 \lg \Delta p$  est limité de la façon suivante:

Si  $\Delta p \leq F_L^2 (\rho_1 - F_F \rho_v)$ : utiliser la  $\Delta p$  réelle;  
 Si  $\Delta p > F_L^2 (\rho_1 - F_F \rho_v)$ : la  $\Delta p$  doit être limitée à  $\Delta p = F_L^2 (\rho_1 - F_F \rho_v)$ .

Dans la détermination de  $x_F$ , la valeur réelle de  $\Delta p$  doit être utilisée. Le rapport des pressions caractéristiques est limité à 0,95.

### 6.2.3 Spectre de fréquence interne du niveau de puissance sonore

La distribution spectrale du niveau de puissance sonore interne dépend de la forme, du rapport de pression, du coefficient de débit relatif et de la valeur du  $x_{Fz}$  de la vanne.

La distribution spectrale pour l'utilisation pratique dans la gamme des bandes d'octave de 500 Hz à 8 000 Hz est évaluée approximativement, indépendamment des conditions de service, par un spectre de bruit qui décroît de 3 dB par octave. Le spectre moyen relatif est calculé de la façon suivante:

$$NWS_i(f) = NWS_i - 10 \lg \frac{f_m}{500} - 2,9 \quad (6)$$

Le spectre normalisé de l'équation (6) est basé sur des tests à l'eau pour une vanne à soupape monoétagée à simple siège, de taille comprise entre DN 25 et DN 150. Les spectres qui s'en éloignent, incluant les conditions d'essais pour tous les autres types et diamètres de vanne, doivent être précisés par le fabricant.

## 7 Emission du bruit aérien

Le bruit émis dans l'air environnant est caractérisé soit par le niveau de puissance sonore externe, soit par le niveau de pression sonore externe, à une distance définie en considérant les conditions acoustiques du champ externe.

### 7.1 Niveau de puissance externe (non pondéré)

Pour une vanne installée sur une tuyauterie, le niveau de puissance sonore externe est déterminé à partir du niveau de puissance sonore interne, en tenant compte de l'affaiblissement acoustique de la tuyauterie.

Dans un écoulement liquide à l'air libre, la transmission du son à l'air est réduite en raison du changement d'impédance relativement important; aussi les bruits de jets sont-ils prépondérants.

$$L_{wi} = 120 + 10 \lg \eta_F + 10 \lg \dot{m} + 10 \lg \Delta p - 10 \lg \rho_F + \Delta L_F$$

$$+ 180 \cdot \frac{(x_{Fz, \Phi})^{0,0625}}{(x_F)^{x_{Fz, \Phi}}} \cdot (1 - x_F)^{0,8} \cdot \lg \left[ \frac{1 - x_{Fz, \Phi}}{1 - x_F} \right] \quad (5)$$

NOTE – The constant 180 in equation (5) represents the average of several measurements for a reference control valve with a correction value of  $\Delta L_F = 0$  (see 6.1.4).

The term  $10 \lg \Delta p$  must be limited as follows:

If  $\Delta p \leq F_L^2 (p_1 - F_F p_v)$ : then use the actual  $\Delta p$ ;  
 If  $\Delta p > F_L^2 (p_1 - F_F p_v)$ : then  $\Delta p$  shall be limited to  $\Delta p = F_L^2 (p_1 - F_F p_v)$ .

In determining  $x_F$ , the actual  $\Delta p$  shall be used. The characteristic pressure ratio  $x_F$  is limited to 0,95.

### 6.2.3 Internal frequency spectrum of the sound power level

The spectral distribution of the internal sound power depends on the design, pressure ratio, relative flow coefficient, and  $x_{Fz}$  value of the valve.

The spectral distribution for the practical application in the octave band range of 500 Hz through 8 000 Hz is approximated, independent of the service conditions, through a noise spectrum, which decreases with 3 dB per octave. The relative mean spectrum is calculated as follows:

$$L_{wi}(f) = L_{wi} - 10 \lg \frac{f_m}{500} - 2,9 \quad (6)$$

The standardized spectrum for equation (6) is based on water tests for single-seated, single-stage globe valves in the size range DN 25 to DN 150. Deviating spectrums, including the test conditions for all other types and sizes of valves, must be stated by the manufacturer.

## 7 Airborne noise emission

Characterization of the noise emitted into the surrounding air results from either the external sound power level, or the external sound pressure level at a defined distance, with consideration of the acoustical conditions of the outer field.

### 7.1 External sound power level (unweighted)

For a valve installed in a pipe, the external sound power level will be determined from the internal sound power level, considering the pipe transmission loss.

When liquids are flowing into the open, the sound transmission to air is restricted because of the relatively large impedance change; therefore, the jet noises are predominant.

Quand les pertes sont négligées, le niveau de puissance sonore externe  $NWS_e$  est déterminé à partir du niveau de puissance sonore interne en tenant compte de l'affaiblissement acoustique de la tuyauterie  $TL$ , de la longueur spécifiée de la tuyauterie  $l_p$  et du diamètre extérieur de la tuyauterie  $d_o$ .  $NWS_i$  et  $TL$  dépendant de la fréquence, un calcul spectral (bandes d'octave de 500 Hz à 8 000 Hz) est nécessaire:

$$NWS_e(f) = NWS_i(f) - 17,37 \frac{l_p}{2 \cdot d_o} \cdot 10^{-0,1 \cdot TL(f)} - TL(f) + 10 \lg \frac{4 \cdot l_p}{d_o} \quad (7)$$

La longueur minimale requise pour  $l_p$  est de 3 m.

$TL$  est calculé comme suit:

$$TL(f) = 10 + 10 \lg \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot t}{c_F \cdot \rho_F \cdot d_o} + 10 \lg \left[ \frac{f_r}{f} + \left( \frac{f}{f_r} \right)^{1,5} \right]^2 \quad (8)$$

La fréquence d'anneau se déduit comme suit:

$$f_r = \frac{c_p}{\pi \cdot d_o} \quad (9)$$

L'affaiblissement acoustique normalisé est représenté à la figure 2.

Les valeurs des vitesses du son et des masses volumiques peuvent être trouvées dans des ouvrages spécialisés. Pour  $c_F$  et  $\rho_F$ , prendre les valeurs correspondant aux conditions en aval.

### 7.2 Niveau de puissance sonore externe pondéré A

Le niveau pondéré A est obtenu en ajoutant au niveau de puissance sonore externe non pondéré par bande d'octave, les valeurs de correction définies dans le tableau 1 relatives à chaque bande d'octave.

Le niveau de puissance sonore pondéré A résulte de:

$$NWSA_e = 10 \lg \sum_{n=1}^5 10^{0,1 \cdot NWSA_n} \quad (10)$$

où  $NWSA_n$  est le niveau de puissance sonore externe pondéré A de la  $n^{\text{ième}}$  bande d'octave.

### 7.3 Niveau de pression sonore externe pondéré A

En considérant des conditions de champ libre et un rayonnement cylindrique, le niveau de pression sonore, à 1 m en aval de la bride de sortie de la vanne et à 1 m latéralement de la tuyauterie, est approximativement:

When losses are neglected, the external sound power level  $L_{Wa}$  is determined from the internal sound power level when considering the sound transmission  $TL$ , the specified length of the pipe  $l_p$ , and the outside diameter of the pipe  $d_o$ . Since  $L_{Wi}$  and  $TL$  depends on the frequency, a spectral calculation (octave bands 500 Hz through 8 000 Hz) is required:

$$L_{We}(f) = L_{Wi}(f) - 17,37 \frac{l_p}{2 \cdot d_o} \cdot 10^{-0,1 \cdot TL(f)} - TL(f) + 10 \lg \frac{4 \cdot l_p}{d_o} \quad (7)$$

The minimum required length for  $l_p$  is 3 m.

$TL$  is calculated as follows:

$$TL(f) = 10 + 10 \lg \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot t}{c_F \cdot \rho_F \cdot d_o} + 10 \lg \left[ \frac{f_r}{f} + \left( \frac{f}{f_r} \right)^{1,5} \right]^2 \quad (8)$$

The ring frequency results from

$$f_r = \frac{c_p}{\pi \cdot d_o} \quad (9)$$

The sound transmission loss is shown normalized in figure 2.

Values for the speed of sound and densities can be found in reference books. For  $c_F$  and  $\rho_F$ , the downstream values have to be used.

### 7.2 External A-weighted sound power level

From the unweighted external power level per octave, the A-weighted level is obtained by adding the octave band related corrections according to table 1.

The A-weighted sound power level results from:

$$L_{WAe} = 10 \lg \sum_{n=1}^5 10^{0,1 \cdot L_{WAN}} \quad (10)$$

where  $L_{WAN}$  is the external A-weighted sound power level of the nth octave band.

### 7.3 External A-weighted sound pressure level

The sound pressure level 1 m downstream of the outlet flange and 1 m lateral of the pipe, considering open field conditions and cylindrical radiation, follows approximately from:

$$NPSA_e = NWSA_e - 10 \lg \left[ \frac{\pi \cdot l_p}{l_o} \left( \frac{d_i}{d_o} + 1 \right) \right] \quad (11)$$

où  $l_p = 3 \text{ m}$ .

## 8 Limites d'application

Cette norme de calcul de bruit pour les liquides ne considère que le bruit créé par les phénomènes hydrodynamiques dans les vannes et les tuyauteries. Le bruit créé par des réflexions, des résonances ou des pièces de l'équipement interne présentant du jeu n'est pas pris en considération. Les cas d'écoulement laminaire ou de vaporisation ne sont pas couverts. Voir le tableau 2 pour les limites de validité de la norme.

Tableau 1 – Valeurs de correction pour les niveaux sonores pondérés A

$f_m$ , Hz	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Valeurs de correction, dB	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	- 1,1

Tableau 2 – Valeurs limites

Terme	Valeurs limites	Unité
$U_2$	$\leq 10$	m/s
$A_v$	$2,78 \times 10^{-6}$ à $1,67 \times 10^{-1}$	$\text{m}^2$
$K_v$	1,0 à $6 \times 10^3$	$\text{m}^3/\text{h}$
$C_v$	$5,29 \times 10^{-3}$ à $3,16 \times 10^2$ ( $1,16 \times 10^{-1}$ à $6,94 \times 10^3$ )	$\text{l}/(\text{min Pa}^{1/2})$ (US gallons/(min (psi) <sup>1/2</sup> ))
$x_F$	0,01 à 0,95	-
$L_{wi}$	$\geq 40$	dB

NOTES

- 1 La limite sur la vitesse  $U_2$  s'applique à un écoulement non cavitant.
- 2 Se référer à la CEI 534-1 pour une explication des coefficients de débit  $A_v$ ,  $K_v$  et  $C_v$ , et leurs unités.

$$L_{pAe} = L_{WAe} - 10 \lg \left[ \frac{\pi \cdot l_p}{l_o} \left( \frac{d_i}{d_o} + 1 \right) \right] \quad (11)$$

where  $l_p = 3$  m.

## 8 Application limits

The noise calculation in accordance with this standard for liquids considers only the noise generation by hydrodynamic processes in valves and in the connected piping. Noise which may be generated by reflections, resonances or loose trim parts is not considered. Laminar flow conditions and flashing are not covered. The limits of table 2 are valid.

Table 1 – Correction values for the A-weighting of sound levels

$f_m$ , Hz	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Correction values, dB	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	- 1,1

Table 2 – Limiting values

Term	Limiting values	Unit
$U_2$	$\leq 10$	m/s
$A_v$	$2,78 \times 10^{-6}$ to $1,67 \times 10^{-1}$	$m^2$
$K_v$	1,0 to $6 \times 10^3$	$m^3/h$
$C_v$	$5,29 \times 10^{-3}$ to $3,16 \times 10^2$ ( $1,16 \times 10^{-1}$ to $6,94 \times 10^3$ )	$l/(\text{min Pa}^{1/2})$ (US gallons/(min (psi) <sup>1/2</sup> ))
$x_F$	0,01 to 0,95	-
$L_{wi}$	$\geq 40$	dB

### NOTES

- 1 The limit on velocity  $U_2$  applies to non-cavitating flow.
- 2 See IEC 534-1 for an explanation of flow coefficients  $A_v$ ,  $K_v$  and  $C_v$ , and their units.

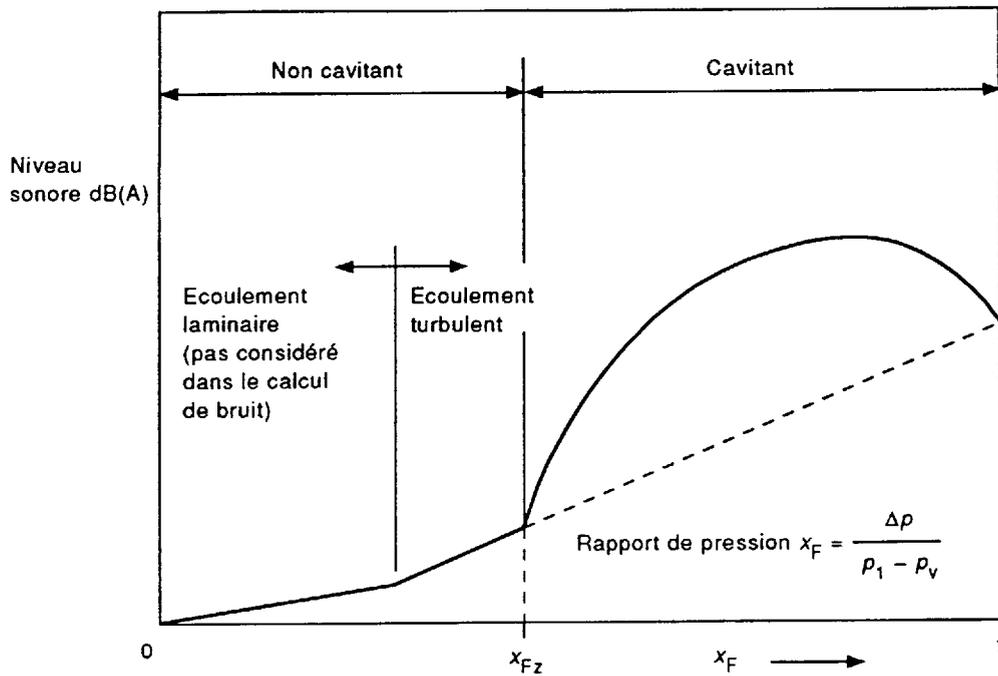


Figure 1 – Emission du bruit en fonction du rapport des pressions différentielles

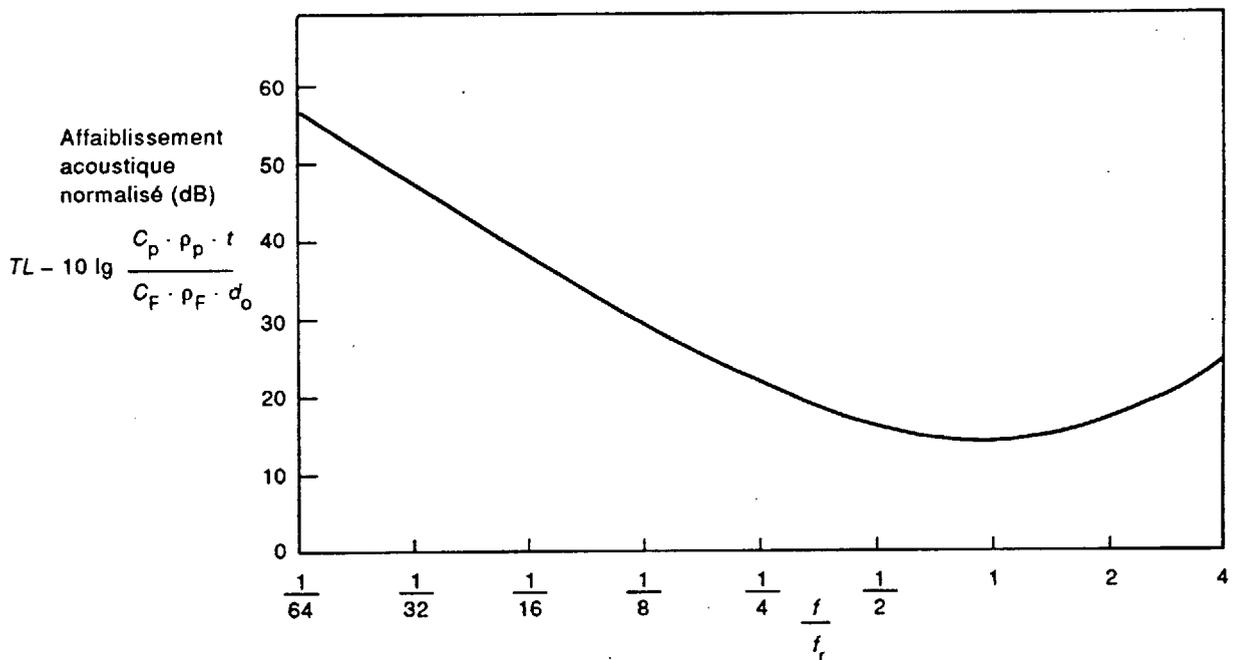


Figure 2 – Affaiblissement acoustique normalisé en fonction des fréquences normalisées

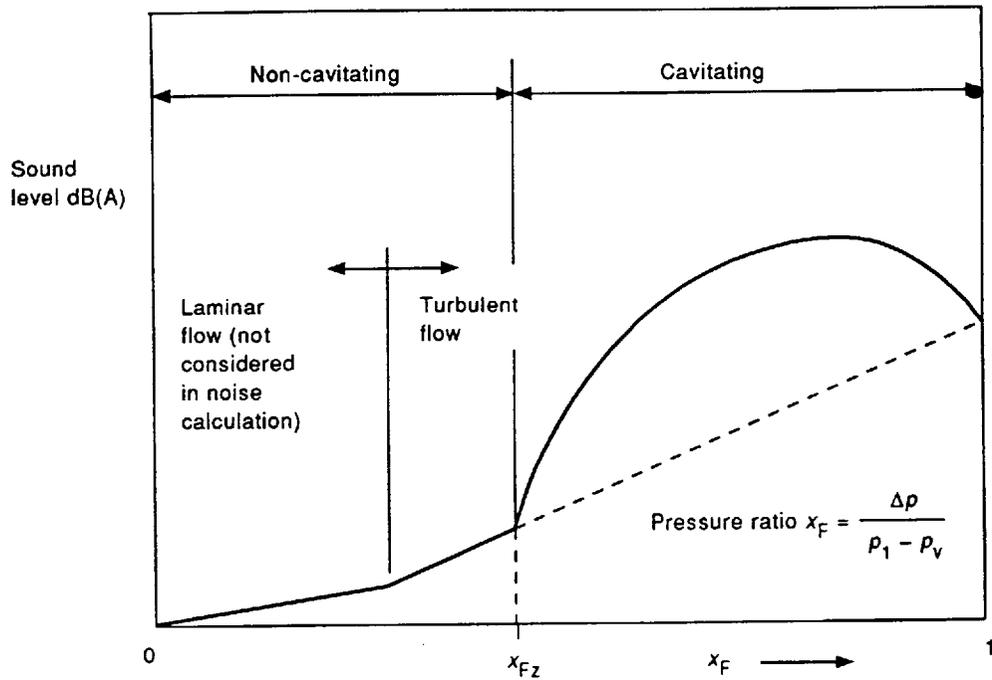
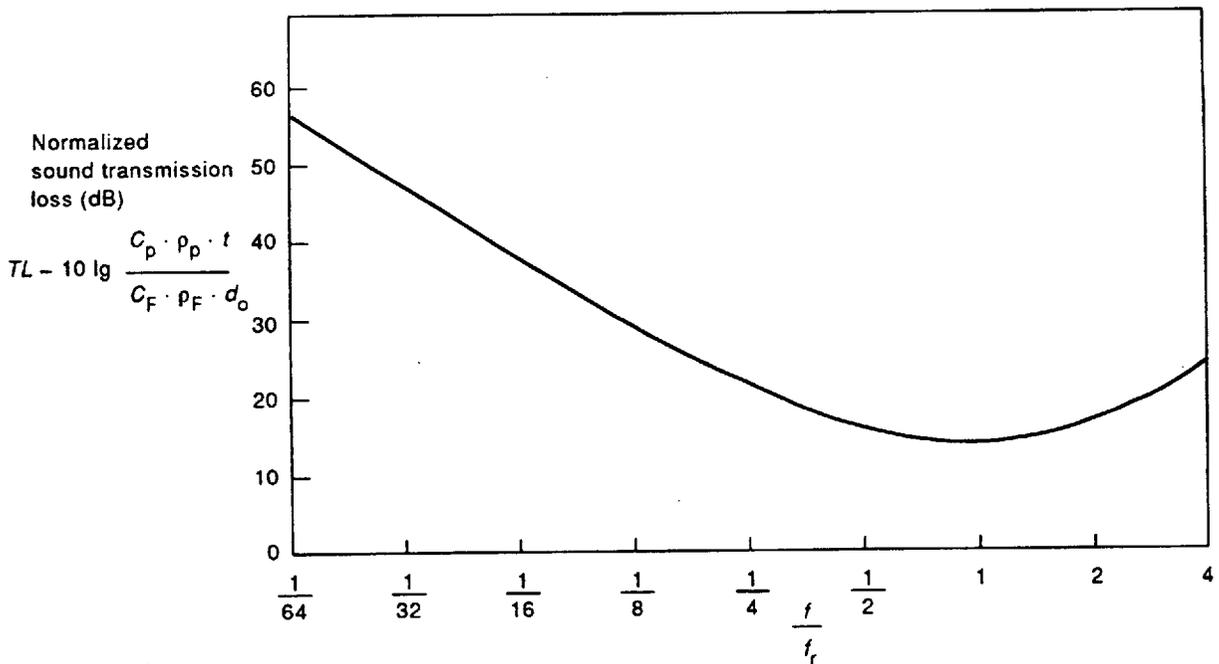
Figure 1 – Noise emission as a function of differential pressure ratio  $x_F$ 

Figure 2 – Normalized sound transmission loss as a function of normalized frequency

## Annexe A / Annex A (informative)

### Bibliographie / Bibliography

Ackert, J., "Experimentelle und Theoretische Untersuchungen über Hohlraumbildung im Wasser", *Techn. Mechanik und Thermodynamik*, Vol. 1, No. 1, Berlin, January 1930.

Baumann, H.D., "The Introduction of a Critical Flow Factor for Valve Sizing", paper presented at ISA Annual Conference, October 1962.

Becker, R., and Döring, W., "Kinetische Behandlung in übersättigten Dämpfen", in Vollmer, H., *Kinetik der Phasenbildung*, Verlag Steinkopf, Leipzig, 1939, pp. 156-165.

Berger, J., *Kavitationserosion und Massnahmen zu ihrer Vermeidung in Hydraulikanlagen für HFA-Flüssigkeiten*, Dissertation, TH Aachen, 1983.

Briggs, L.J., "The Limiting Negative Pressure of Water", *Journal of Applied Physica*, Vol. 21, July 1950, pp. 721-722.

DIN 45635, *Geräuschmessungen an Maschinen, Blatt 50: Luftschallemission, Hüllflächenverfahren, Armaturen*, August 1987.

Garcia, R., and Hamitt, F.G., "Cavitation Damage and Correlations with Material and Fluid Properties", *Journal of Basic Engineering*, December 1967, pp. 753-763.

Güth, W., "Zur Entstehung der Stosswellen bei der Kavitation", *Acustica*, Vol. 6, 1956, pp. 526-531.

Harvey, E.N., McElroy, W.D. and Whitely, A.H., "On Cavity Formation in Water", *Journal of Applied Physics*, Vol. 18, February 1947, pp. 162-172.

Jeschke, N. and Gruner, K., *Geräuschverhalten von Stellventilen*, Regelungstechnische Praxis, May 1975.

Knapp, R. and Dailey, J., *Cavitation*, McGraw Hill Book Company, New York, 1970, pp. 343-347.

Knapp, R.T., "Recent Investigations of Cavitation and Cavitation Damage", *Transactions ASME*, Vol. 77, 1955, pp. 1045-1054.

Lauterborn, W., "Kavitation durch Laserlicht", *Acustica*, Vol. 31, 1974, pp. 51-78.

Lehman, A.F. and Young, J.O., "Experimental Investigations of Incipient and Desinent Cavitation", *Journal of Basic Engineering*, June 1964, pp. 275-284.

Lyamshev, L.M., "On the Theory of Hydrodynamic Cavitation Noise", *Soviet Physiks-Acoustics*, Vol. 14, No. 4, April-June 1970.

Oldenziel, D.M., *Bubble Cavitation in Relation to Liquid Quality*, Delft Hydraulics Laboratory, Publication No. 21, May 1979, pp. 224-240.

Plesset, M.S., and Chapman, R.S., "Collapse of an Initially Spherical Vapour Cavity in the Neighborhood of a Solid Boundary", *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 47, Part 2, pp. 283-290.

Rayleigh, L., "On the Pressure Developed in a Liquid During the Collapse of a Spherical Cavity", *Phil. Mag.*, Vol. 34, 1917, pp. 94-98.

Stiles, G.F., "Sizing Control Valves for Choked Conditions Due to Cavitation or Flashing", *ISA Handbook of Control Valves*, Instrument Society of America, 1976.

*VDMA-Einheitsblatt 24422. Richtlinien für die Geräuschberechnung bei Regel und Absperrarmaturen*, Beuth Verlag, Berlin, Januar 1989.

Wijngaarden, L., "Sound and Shock Waves in Bubbly Liquids", in Lauterhorn, W., *Cavitation and Inhomogeneities* in Springer Series in Elektrophysics 4, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 1980, pp. 127-140.

---

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 65**

- 381: – Signaux analogiques pour systèmes de commande de processus.  
381-1 (1982) Première partie: Signaux à courant continu.  
381-2 (1978) Deuxième partie: Signaux en tension continue.  
382 (1991) Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus.  
528 (1975) Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs infrarouges de contrôle de la qualité de l'air.
- 534: – Vannes de régulation des processus industriels.  
534-1 (1987) Première partie: Terminologie des vannes de régulation et considérations générales.  
534-2 Deuxième partie: Capacité d'écoulement.  
534-2 (1978) Section un: Equations de dimensionnement des vannes de régulation pour l'écoulement des fluides incompressibles dans les conditions d'installation.  
534-2-2 (1980) Section deux: Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides compressibles dans les conditions d'installation.  
534-2-3 (1983) Section trois: Procédures d'essais.  
534-2-4 (1989) Section quatre: Caractéristiques intrinsèques de débit et coefficient intrinsèque de réglage.  
534-3 (1976) Troisième partie: Dimensions – Section un: Ecartements hors brides des vannes de régulation deux voies, à soupape et à brides.  
534-3-2 (1984) Troisième partie: Dimensions – Section deux: Ecartements des vannes de régulation sans brides à l'exception des vannes à papillon à insérer entre brides.  
534-4 (1982) Quatrième partie: Inspection et essais individuels. Modification n° 1 (1986).  
534-5 (1982) Cinquième partie: Marquage.  
534-6 (1985) Sixième partie: Détails d'assemblage pour le montage des positionneurs sur les servomoteurs de vannes de régulation.  
534-7 (1989) Septième partie: Grille de définition de vanne de régulation.  
534-8 Huitième partie: Considérations sur le bruit.  
534-8-1 (1986) Section un: Mesure en laboratoire du bruit créé par un débit aérodynamique à travers une vanne de régulation.  
534-8-2 (1991) Section deux: Mesure en laboratoire du bruit créé par un écoulement hydrodynamique dans une vanne de régulation.  
534-8-4 (1994) Section 4: Prédiction du bruit créé par un écoulement hydrodynamique.  
546: – Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des processus industriels.  
546-1 (1987) Première partie: Méthodes d'évaluation des performances.  
546-2 (1987) Deuxième partie: Guide pour les essais d'inspection et les essais individuels de série.  
584: – Couples thermoélectriques.  
584-1 (1977) Première partie: Tables de référence. Modification n° 1 (1989).  
584-2 (1982) Deuxième partie: Tolérances. Modification n° 1 (1989).

(suite)

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 65**

- 381: – Analogue signals for process control systems.  
381-1 (1982) Part 1: Direct current signals.  
381-2 (1978) Part 2: Direct voltage signals.  
382 (1991) Analogue pneumatic signal for process control systems.  
528 (1975) Expression of performance of air quality infra-red analyzers.  
534: – Industrial-process control valves.  
534-1 (1987) Part 1: Control valve terminology and general considerations.  
534-2 Part 2: Flow capacity.  
534-2 (1978) Section One: Sizing equations for incompressible fluid flow under installed conditions.  
534-2-2 (1980) Section Two: Sizing equations for compressible fluid flow under installed conditions.  
534-2-3 (1983) Section Three: Test procedures.  
534-2-4 (1989) Section Four: Inherent flow characteristics and rangeability.  
534-3 (1976) Part 3: Dimensions – Section One: Face-to-face dimensions for flanged, two-way, globe-type control valves.  
534-3-2 (1984) Part 3: Dimensions – Section Two – Face-to-face dimensions for flangeless control valves except wafer butterfly valves.  
534-4 (1982) Part 4: Inspection and routine testing. Amendment No. 1 (1986).  
534-5 (1982) Part 5: Marking.  
534-6 (1985) Part 6: Mounting details for attachments of positioners to control valve actuators.  
534-7 (1989) Part 7: Control valve data sheet.  
534-8 Part 8: Noise considerations.  
534-8-1 (1986) Section One: Laboratory measurement of noise generated by aerodynamic flow through control valves.  
534-8-2 (1991) Section Two: Laboratory measurement of noise generated by hydrodynamic flow through control valves.  
534-8-4 (1994) Section 4: Prediction of noise generated by hydrodynamic flow.  
546: – Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems.  
546-1 (1987) Part 1: Methods of evaluating the performance.  
546-2 (1987) Part 2: Guidance for inspection and routine testing.  
584: – Thermocouples.  
584-1 (1977) Part 1: Reference tables. Amendment No. 1 (1989).  
584-2 (1982) Part 2: Tolerances. Amendment No. 1 (1989).

(continued)

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 65 (suite)**

- 584-3 (1989) Troisième partie: Câbles d'extension et de compensation – Tolérances et système d'identification.
- 625: – Instruments de mesurage programmables – Systèmes d'interface (bits parallèles, octets série).
- 625-1 (1993) Partie 1: Spécifications fonctionnelles, électriques et mécaniques, application du système et règles pour le constructeur et l'utilisateur.
- 625-2 (1993) Partie 2: Codes, formats, protocoles et instructions communes.
- 654: – Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels.
- 654-1 (1993) Partie 1: Conditions climatiques.
- 654-2 (1979) Deuxième partie: Alimentation. Amendement 1 (1992).
- 654-3 (1983) Troisième partie: Influences mécaniques.
- 654-4 (1987) Quatrième partie: Influence de la corrosion et de l'érosion.
- 668 (1980) Dimensions des surfaces et des ajourages à prévoir pour les appareils de mesure et de commande montés en tableaux ou en tiroirs dans les processus industriels.
- 746: – Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques.
- 746-1 (1982) Première partie: Généralités.
- 746-2 (1982) Deuxième partie: Mesure du pH.
- 746-3 (1985) Troisième partie: Conductivité électrolytique.
- 746-4 (1992) Partie 4: Oxygène dissous dans de l'eau mesuré par des capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane.
- 746-5 (1992) Partie 5: Potentiel d'oxydo-réduction ou potentiel redox.
- 751 (1983) Capteurs industriels à résistance thermométrique de platine. Modification n° 1 (1986).
- 770 (1984) Méthodes d'évaluation des caractéristiques de fonctionnement des transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels.
- 770-2 (1989) Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels – Deuxième partie: Guide pour l'inspection et les essais individuels de série.
- 801: – Compatibilité électromagnétique pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels.
- 801-1 (1984) Première partie: Introduction générale.
- 801-2 (1991) Partie 2: Prescriptions relatives aux décharges électrostatiques.
- 801-3 (1984) Troisième partie: Prescriptions relatives aux champs de rayonnements électromagnétiques.
- 801-4 (1988) Partie 4: Prescriptions relatives aux transitoires électriques rapides en salves.
- 873 (1986) Méthodes d'évaluation des performances des enregistreurs analogiques électriques et pneumatiques sur papier diagramme, utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels.
- 877 (1986) Procédures d'assurance de la propreté d'un matériel de mesure et de commande dans les processus industriels en service en contact avec de l'oxygène.
- 902 (1987) Mesure et commande dans les processus industriels – Termes et définitions.

(suite)

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 65 (continued)**

- 584-3 (1989) Part 3: Extension and compensating cables – Tolerances and identification system.
- 625: – Programmable measuring instruments – Interface system (byte serial, bit parallel).
- 625-1 (1993) Part 1: Functional, electrical and mechanical specifications, system applications and requirements for the designer and user.
- 625-2 (1993) Part 2: Codes, formats, protocols and common commands.
- 654: – Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment.
- 654-1 (1993) Part 1: Climatic conditions.
- 654-2 (1979) Part 2: Power Amendment 1 (1992).
- 654-3 (1983) Part 3: Mechanical influences.
- 654-4 (1987) Part 4: Corrosive and erosive influences.
- 668 (1980) Dimensions of panel areas and cut-outs for panel and rack-mounted industrial-process measurement and control instruments.
- 746: – Expression of performance of electrochemical analyzers.
- 746-1 (1982) Part 1: General.
- 746-2 (1982) Part 2: pH value.
- 746-3 (1985) Part 3: Electrolytic conductivity.
- 746-4 (1992) Part 4: Dissolved oxygen in water measured by membrane covered amperometric sensors.
- 746-5 (1992) Oxidation-reduction potential or redox potential
- 751 (1983) Industrial platinum resistance thermometer sensors. Amendment No. 1 (1986).
- 770 (1984) Methods of evaluating the performance of transmitters for use in industrial-process control systems.
- 770-2 (1989) Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 2: Guidance for inspection and routine testing.
- 801: – Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment.
- 801-1 (1984) Part 1: General introduction.
- 801-2 (1991) Part 2: Electrostatic discharge requirements.
- 801-3 (1984) Part 3: Radiated electromagnetic field requirements.
- 801-4 (1988) Part 4: Electrical fast transient/burst requirements.
- 873 (1986) Methods of evaluating the performance of electrical and pneumatic analogue chart recorders for use in industrial-process control systems.
- 877 (1986) Procedures for ensuring the cleanliness of industrial-process measurement and control equipment in oxygen service.
- 902 (1987) Industrial-process measurement and control – Terms and definitions.

(continued)

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 65 (suite)**

- 946 (1988) Signaux logiques de mesure et de commande dans les processus industriels.
- 954 (1990) Bus de données de processus, types A et B (PROWAY A et B), pour systèmes distribués de commande de processus industriels.
- 955 (1989) Bus de données de processus, type C (PROWAY C), pour systèmes distribués de commande de processus industriels.  
Amendement I (1992).
- 1003: – Processus industriels – Instruments avec entrées analogiques et sorties à deux ou plusieurs états.
- 1003-1 (1991) Première partie: Méthodes d'évaluation des performances.
- 1069: – Mesure et commande dans les processus industriels – Appréciation des propriétés d'un système en vue de son évaluation.
- 1069-1 (1991) Partie 1: Considérations générales et méthodologie.
- 1069-2 (1993) Partie 2: Méthodologie à appliquer pour l'évaluation.
- 1081 (1991) Instruments pneumatiques alimentés par le gaz du processus associé – Sécurité de l'installation et procédures d'exploitation – Règles générales.
- 1115 (1992) Expression des qualités de fonctionnement des systèmes de manipulation d'échantillon pour analyseurs de processus.
- 1131: – Automates programmables.
- 1131-1 (1992) Partie 1: Informations générales.
- 1131-2 (1992) Partie 2: Spécifications et essais des équipements.
- 1131-3 (1993) Partie 3: Langages de programmation.
- 1152 (1992) Dimensions des éléments thermométriques sous gaine métallique.
- 1153 (1992) Enregistreurs analogiques électriques et pneumatiques utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels – Guide pour les essais d'inspection et les essais individuels de série.
- 1158: – Bus de Terrain utilisé dans les systèmes de contrôle industriels
- 1158-2 (1993) Partie 2: Spécification de la couche physique et définition du service.
- 1207: – Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs de gaz.
- 1207-1 (1994) Partie 1: Généralités.
- 1207-2 (1994) Partie 2: Oxygène contenu dans le gaz (utilisant des capteurs électrochimiques à haute température).
- 1207-6 (1994) Partie 6: Analyseurs photométriques.

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 65 (continued)**

- 946 (1988) Binary direct voltage signals for process measurement and control systems.
- 954 (1990) Process data highway, Types A and B (PROWAY A and B), for distributed process control systems.
- 955 (1989) Process data highway, Type C (PROWAY C), for distributed process control systems.  
Amendment I (1992).
- 1003: – Industrial-process control systems – Instruments with analogue inputs and two- or multi-state outputs.
- 1003-1 (1991) Part 1: Methods of evaluating the performance.
- 1069: – Industrial-process measurement and control – Evaluation of system properties for the purpose of system assessment.
- 1069-1 (1991) Part 1: General considerations and methodology.
- 1069-2 (1993) Part 2: Assessment methodology.
- 1081 (1991) Pneumatic instruments driven by associated process gas – Safe installation and operating procedures – Guidelines.
- 1115 (1992) Expression of performance of sample handling systems for process analyzers.
- 1131: – Programmable controllers:
- 1131-1 (1992) Part 1: General information.
- 1131-2 (1992) Part 2: Equipment requirements and tests.
- 1131-3 (1993) Part 3: Programming languages.
- 1152 (1992) Dimensions of metal-sheathed thermometer elements.
- 1153 (1992) Electrical and pneumatic analogue chart recorders for use in industrial-process control systems – Guidance for inspection and routine testing.
- 1158:– Fieldbus standard for use in industrial control systems.
- 1158-2 (1993) Part 2: Physical layer specification and service definition.
- 1207: – Expression of performance of gas analyzers.
- 1207-1 (1994) Part 1: General.
- 1207-2 (1994) Part 2: Oxygen in gas (utilizing high-temperature electrochemical sensors).
- 1207-6 (1994) Part 6: Photometric analyzers.