

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 534-2-2
Première édition - First edition
1980

Vannes de régulation des processus industriels

Deuxième partie : Capacité d'écoulement

Section deux – Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides compressibles dans les conditions d'installation

Industrial-process control valves

Part 2: Flow capacity

Section Two – Sizing equations for compressible fluid flow under installed conditions



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse



Documents

Document Sharing Hub

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**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **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 (V.E.I.), 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 V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., 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 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres 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**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), 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 I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 534-2-2
Première édition - First edition
1980

Vannes de régulation des processus industriels

Deuxième partie : Capacité d'écoulement

Section deux – Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides compressibles dans les conditions d'installation

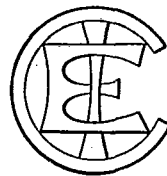
Industrial-process control valves

Part 2: Flow capacity

Section Two – Sizing equations for compressible fluid flow under installed conditions

Mots clés: commande et mesure dans les processus industriels; régulateurs de débit; rhéomètres; marquage des propriétés par symboles littéraux; définitions; équations.

Key words: industrial-process control and measurement; flow regulators; rheometers; marking of properties by means of letter symbols; definitions; equations.



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

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Prix
Price Fr. s. 42.-



Documents

Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Installation	8
4. Nomenclature	8
5. Equations de dimensionnement	10
6. Facteur F_p résultant de la géométrie de la tuyauterie	12
7. Facteur de détente Y	14
8. Facteur de rapport de pression différentielle x_T ou x_{TP}	16
9. Facteur de rapport des chaleurs spécifiques F_γ	18
10. Facteur de compressibilité Z	18
ANNEXE A	22
ANNEXE B	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Installation	9
4. Nomenclature	9
5. Sizing equations	11
6. Piping geometry factor F_p	13
7. Expansion factor Y	15
8. Pressure differential ratio factor x_T or x_{TP}	17
9. Specific heat ratio factor F_γ	19
10. Compressibility factor Z	19
APPENDIX A	23
APPENDIX B	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Deuxième partie: Capacité d'écoulement

SECTION DEUX — ÉQUATIONS DE DIMENSIONNEMENT POUR L'ÉCOULEMENT
DES FLUIDES COMPRESSIBLES DANS LES CONDITIONS D'INSTALLATION

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-comité 65B: Eléments des systèmes, du Comité d'Etudes N° 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Budapest en 1976. Un projet révisé, document 65B(Bureau Central)14, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1978.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication.

Afrique du Sud (République d')	Danemark	Pays-Bas
Belgique	Etats-Unis d'Amérique	Pologne
Brésil	Egypte	Royaume-Uni
Bulgarie	Hongrie	Suisse
Canada	Italie	Turquie
Corée (République de)	Japon	

La présente norme constitue la section deux de la deuxième partie de la Publication 534 de la CEI: Vannes de régulation des processus industriels. La première partie: Considérations générales, est, d'une façon générale, applicable à la présente norme. Les articles appropriés de la deuxième partie, section trois: Procédures d'essai de la capacité d'écoulement des vannes de régulation pour fluides incompressibles et fluides compressibles, qui est encore en préparation, contiennent les instructions pour déterminer les divers facteurs utilisés dans les équations contenues dans cette section.

— 5 —

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES

Part 2: Flow capacity

SECTION TWO — SIZING EQUATIONS FOR COMPRESSIBLE FLUID FLOW
UNDER INSTALLED CONDITIONS

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 65B: Elements of Systems, of IEC Technical Committee No. 65: Industrial-process Measurement and Control.

A first draft was discussed at the meeting held in Budapest in 1976. A revised draft, Document 65B(Central Office)14, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Hungary	South Africa (Republic of)
Brazil	Italy	Switzerland
Bulgaria	Japan	Turkey
Canada	Korea (Republic of)	United Kingdom
Denmark	Netherlands	United States of America
Egypt	Poland	

This standard forms Section Two of Part 2 of IEC Publication 534: Industrial-process Control Valves. Part 1: General Considerations, applies in general. Appropriate clauses of Part 2, Section Three: Control Valve Capacity Test Procedures for Incompressible and Compressible Fluids, which is in preparation, contain instructions for determining the various factors used in the equations contained in this section.

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Deuxième partie: Capacité d'écoulement

SECTION DEUX — ÉQUATIONS DE DIMENSIONNEMENT POUR L'ÉCOULEMENT DES FLUIDES COMPRESSIBLES DANS LES CONDITIONS D'INSTALLATION

1. Domaine d'application

Cette section de la deuxième partie traite des équations qui sont applicables en vue du dimensionnement des vannes de régulation des processus industriels lorsque les milieux en écoulement sont des fluides compressibles. Aux très basses valeurs du rapport de la pression différentielle à la pression absolue d'entrée ($\Delta p/p_1$), les fluides compressibles se comportent de manière analogue aux fluides incompressibles. Dans de telles conditions, les équations de dimensionnement présentées dans cette section peuvent être déduites de celles de l'équation de base de Bernoulli pour les fluides newtoniens incompressibles. Cependant, lorsque, pour des valeurs croissantes de $\Delta p/p_1$ les effets de la compressibilité se font sentir, il est nécessaire de modifier l'équation fondamentale en y introduisant des facteurs de correction appropriés. Les équations présentées s'appliquent aux gaz ou vapeurs, mais ne conviennent pas pour les fluides multiphasiques tels que les mélanges gaz-liquide, vapeur-liquide ou gaz-solide.

2. Définitions

Toutes les définitions données dans l'article 2 de la Publication 534-1 de la CEI sont applicables ainsi que les suivantes:

2.1 *Écoulement engorgé*

Condition limite maximale d'écoulement que peut atteindre un fluide compressible en traversant une vanne de régulation.

Note. — Pour des conditions fixées à l'entrée (amont), cela se manifeste par l'impossibilité d'augmenter le débit en augmentant la pression différentielle.

2.2 *Rapport de pression différentielle critique*

Valeur maximale du rapport de la pression différentielle à la pression absolue d'entrée, qui intervient dans toutes les équations de dimensionnement des vannes.

Note. — L'écoulement engorgé, tel qu'il est défini au paragraphe 2.1, se produit lorsque la valeur maximale du rapport a été atteinte.

2.3 *Raccord*

Tout dispositif tel que réduction (convergent), augmentation (divergent), coude, té ou courbe, directement solidaire d'un embout d'une vanne de régulation.

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES

Part 2: Flow capacity

SECTION TWO — SIZING EQUATIONS FOR COMPRESSIBLE FLUID FLOW UNDER INSTALLED CONDITIONS

1. Scope

This section of Part 2 covers equations suitable for use in sizing industrial-process control valves when the flowing media are compressible fluids. At very low ratios of pressure differential to absolute inlet pressure ($\Delta p/p_1$), compressible fluids behave similarly to incompressible fluids. Under such conditions the sizing equations presented in this section can be traced to the basic Bernoulli equation for Newtonian incompressible fluids. However, increasing values of $\Delta p/p_1$ result in compressibility effects which require that the basic equations be modified by appropriate correction factors. The equations presented are for use with gas or vapour and are not intended for use with multiphase streams such as gas-liquid, vapour-liquid or gas-solid mixtures.

2. Definitions

All of the definitions given in Clause 2 of IEC Publication 534-1 shall apply with the addition of the following:

2.1 Choked flow

A maximum limiting flow condition which compressible fluids can reach in passing through control valves.

Note. — With fixed inlet (upstream) conditions, choked flow is evidenced by the failure of increasing pressure differential to produce further increase in the flow rate.

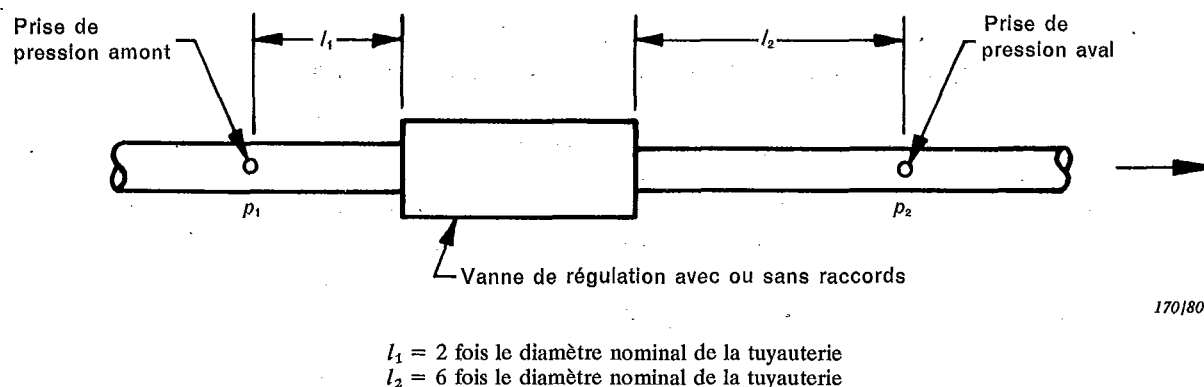
2.2 Critical differential pressure ratio

The maximum ratio of differential pressure to inlet absolute pressure that is effective in all of the valve sizing equations.

Note. — Choked flow as defined in Sub-clause 2.1 occurs when this maximum ratio has been reached.

2.3 Fitting

Any device such as a reducer, expander, elbow, T-piece, or bend, which is attached directly to an end connection of a control valve.



170/80

FIG. 1. — Emplacement des prises de pression.

3. Installation

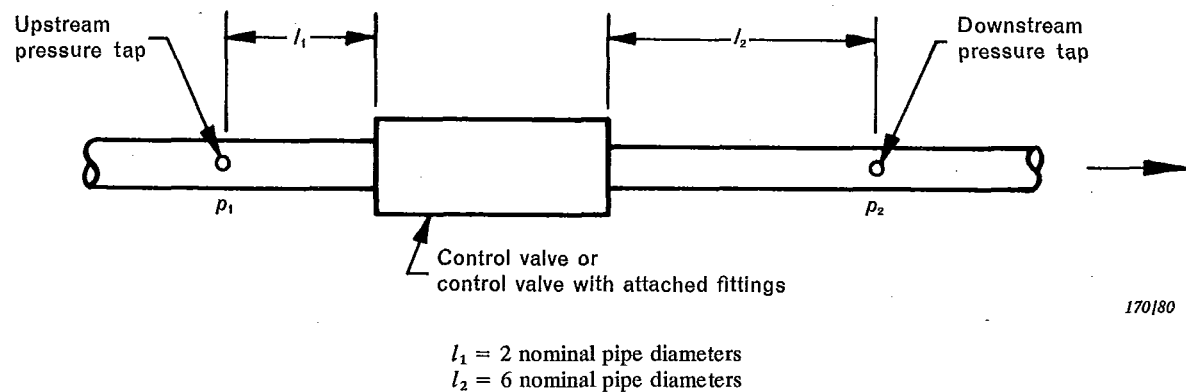
Dans beaucoup d'applications industrielles, les vannes de régulation sont installées en utilisant divers types de raccords de tuyauteries solidaires des raccordements amont et aval de la vanne. Ces raccords ont habituellement un effet de réduction notable sur le coefficient de dimensionnement de la vanne dans les conditions d'installation; pour tenir compte de ces effets, il est nécessaire d'introduire un facteur de correction.

Dans le dimensionnement des vannes de régulation, en utilisant les relations présentées ci-après, les coefficients de débit calculés sont supposés inclure toutes les pertes de charge entre les prises de pression disposées comme le montre la figure 1. Il y a lieu de noter que les emplacements des prises de pression amont et aval ont été fixés aux limites maximales mentionnées dans la figure 3 de la Publication 534-1 de la CEI: Vannes de régulation des processus industriels, Première partie: Considérations générales. Ces coefficients de débit calculés sont normalement comparés aux coefficients de débit nominaux inscrits dans la documentation des constructeurs. Les coefficients de débit nominaux englobent toutes les pertes de charge du tronçon compris entre deux fois le diamètre de la tuyauterie en amont et six fois le diamètre de la tuyauterie en aval de la vanne de régulation, lorsque celle-ci est installée sans raccords adjacents.

4. Nomenclature

Symboles	Description	Unités
C	Coefficient de débit (A_v , K_v , C_v)	Diverses (voir note 1)
d	Dimension nominale de la vanne (DN)	mm
D	Diamètre intérieur de la tuyauterie	mm
F_p	Facteur résultant de la géométrie de la tuyauterie	Sans dimension
F_γ	Facteur de rapport des chaleurs spécifiques	Sans dimension
M	Masse moléculaire du fluide en écoulement	—
$N_2, N_5,$ N_6, N_8, N_9	Constantes numériques	Diverses

— 9 —



170/80

FIG. 1. — Pressure tap locations

3. Installation

In many industrial applications, control valves are installed using a variety of piping fittings attached to the upstream and downstream connections on the valve. These fittings usually have a significant reducing effect on the installed valve sizing coefficient. A correction factor is introduced to account for these effects.

In sizing control valves, using the relationships presented herein, the flow coefficients calculated include all head losses between pressure taps located as shown in Figure 1. It should be noted that the locations of the upstream and downstream pressure taps have been fixed at the outer limits shown in Figure 3 of IEC Publication 534-1: Industrial-process Control Valves, Part 1: General Considerations. These calculated flow coefficients will normally be compared with rated flow coefficients listed in valve manufacturers' literature. Rated coefficients also include all head losses from two pipe diameters upstream through six pipe diameters downstream but where the control valve has been installed without fittings attached.

4. Nomenclature

Symbols	Description	Unit
C	Flow coefficient (A_v , K_v , C_v)	Various (see Note 1)
d	Nominal valve size (DN)	mm
D	Internal diameter of the piping	mm
F_p	Piping geometry factor	Dimensionless
F_γ	Specific heat ratio factor	Dimensionless
M	Molecular mass of flowing fluid	—
$N_2, N_5,$ N_6, N_8, N_9	Numerical constants	Various

<i>Symboles</i>	<i>Description</i>	<i>Unités</i>
p_1	Pression absolue d'entrée, mesurée à la prise de pression amont	kPa ou bar (voir note 2)
p_2	Pression absolue de sortie, mesurée à la prise de pression aval	kPa ou bar
p_c	Pression thermodynamique critique absolue	kPa ou bar
p_r	Pression réduite (p_1/p_c)	Sans dimension
Δp	Pression différentielle ($p_1 - p_2$) entre prises de pression amont et aval	kPa ou bar
Q	Débit volumétrique	m ³ /h (voir note 3)
T_1	Température absolue d'entrée (°C + 273)	K
T_c	Température thermodynamique critique absolue	K
T_r	Température réduite (T_1/T_c)	Sans dimension
T_s	Température absolue de référence pour le mètre cube standard	K (voir note 3)
W	Débit massique	kg/h
x	Rapport de la pression différentielle à la pression absolue d'entrée ($\Delta p/p_1$)	Sans dimension
x_T	Facteur du rapport de pression différentielle d'une vanne de régulation sans raccords adjacents	Sans dimension
x_{TP}	Facteur du rapport de pression différentielle d'une vanne de régulation avec raccords adjacents	Sans dimension
Y	Facteur de détente	Sans dimension
Z	Facteur de compressibilité — rapport de la masse volumique théorique à la masse volumique réelle à l'entrée (fonction de p_r , T_r)	Sans dimension
γ	Rapport des chaleurs spécifiques	Sans dimension
ρ_1	Masse volumique du fluide à p_1 et T_1	kg/m ³
ξ	Coefficient de perte de charge, d'une réduction, d'une augmentation ou d'un autre type de raccord adjacent à la vanne de régulation	Sans dimension

Notes 1. — Voir la publication 534-1 de la CBI, voir aussi la note 4 de l'article 5.

2. — 10^5 Pa = 10^2 kPa = 1 bar.

3. — Les débits volumétriques en mètres cubes par heure, identifiés par le symbole Q , se réfèrent aux conditions standard. Le mètre cube standard est pris à 1 013,25 mbar et soit à 273 K ou à 288,5 K (voir tableau I).

5. Equations de dimensionnement

Les équations énumérées ci-dessous établissent les relations entre les débits, les coefficients de débit, les facteurs de l'installation concernée et les conditions de service appropriées applicables aux vannes de régulation véhiculant des fluides compressibles. Les débits des fluides compressibles peuvent être exprimés soit en unités de masse, soit en unités de volume, c'est pourquoi il est nécessaire de donner les équations pour les deux cas. Les débits peuvent être calculés en utilisant l'équation appropriée choisie parmi les suivantes: