

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
534-2**

Première édition
First edition
1978

Vannes de régulation des processus industriels

Deuxième partie:

Capacité d'écoulement

Section un: Equations de dimensionnement
des vannes de régulation pour l'écoulement
des fluides incompressibles dans les conditions
d'installation

Industrial-process control valves

Part 2:

Flow capacity

Section One: Sizing equations for incompressible
fluid flow under installed conditions



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 534-2: 1978

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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 publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, 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 end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
534-2**

Première édition
First edition
1978

Vannes de régulation des processus industriels

Deuxième partie:

Capacité d'écoulement

Section un: Equations de dimensionnement
des vannes de régulation pour l'écoulement
des fluides incompressibles dans les conditions
d'installation

Industrial-process control valves

Part 2:

Flow capacity

Section One: Sizing equations for incompressible
fluid flow under installed conditions

© CEI 1978 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 pro-
cédé, 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

L

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Installation	6
4. Nomenclature	8
5. Equations générales de dimensionnement	10
6. Détermination des facteurs de correction	12

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60634-2:1978

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Installation	7
4. Nomenclature	9
5. General sizing equations	11
6. Determination of correction factors	13

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60634-2:1978

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Deuxième partie: Capacité d'écoulement

SECTION UN — ÉQUATIONS DE DIMENSIONNEMENT DES VANNES DE RÉGULATION
POUR L'ÉCOULEMENT DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES
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 Moscou en 1975. Un projet révisé, document 65B(Bureau Central)10, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pologne
Belgique	Roumanie
Bulgarie	Royaume-Uni
Canada	Suisse
Egypte	Turquie
France	Yougoslavie
Hongrie	

La présente norme constitue la deuxième partie, section un, 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 ou compressibles (à l'étude), s'appliquent intégralement à la présente norme.

La première partie constitue un document de référence général pour la présente norme, à l'exception du troisième article de la présente norme qui a remplacé le cinquième article de la première partie.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES

Part 2: Flow capacity

**SECTION ONE — SIZING EQUATIONS FOR INCOMPRESSIBLE 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 Moscow in 1975. A revised draft, Document 65B(Central Office)10, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Poland
Bulgaria	Romania
Canada	South Africa (Republic of)
Egypt	Switzerland
France	Turkey
Germany	United Kingdom
Hungary	Yugoslavia
Japan	

This standard is Part 2, Section One, 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 (under consideration) apply completely.

Part 1 is a general reference for this standard, except that Clause 3 of this standard supersedes Clause 5 of Part 1.

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Deuxième partie: Capacité d'écoulement

SECTION UN — ÉQUATIONS DE DIMENSIONNEMENT DES VANNES DE RÉGULATION POUR L'ÉCOULEMENT DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES DANS LES CONDITIONS D'INSTALLATION

1. Domaine d'application

Les équations présentées dans cette section de la norme sont basées sur l'équation de Bernoulli pour les fluides newtoniens incompressibles. Elles ne sont pas destinées à être utilisées pour des fluides non newtoniens, des mélanges de fluides, des boues ou des systèmes de transport de particules solides en suspension dans un liquide.

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*

Écoulement limite ou maximal qui se produit par suite de la vaporisation du liquide s'écoulant dans la vanne.

Note. — Dans des conditions fixées à l'entrée (amont), il se manifeste par l'impossibilité d'augmenter la pression différentielle en augmentant davantage le débit. L'écoulement engorgé est accompagné soit de cavitation, soit de « flashing » ou vaporisation partielle instantanée. La cavitation se produit si la pression aval est supérieure à la tension de vapeur du liquide. Le « flashing » ou vaporisation partielle instantanée se produit si la pression aval est égale ou inférieure à la tension de vapeur du liquide.

2.2 *Raccord*

Tout dispositif tel que réducteur (convergent), extenseur (divergent), coude, té ou courbe directement solidaire d'une vanne de régulation.

3. Installation

Dans beaucoup d'applications industrielles, des réducteurs ou autres raccords sont fixés aux vannes de régulation. L'effet de ces types de raccords n'est habituellement pas négligeable sur le coefficient de débit nominal. Il est donc nécessaire d'introduire un facteur de correction. Des facteurs supplémentaires sont introduits pour tenir compte des caractéristiques du fluide qui influencent la capacité d'écoulement d'une vanne de régulation.

Dans le dimensionnement des vannes de régulation, en utilisant les relations présentées ci-après, les coefficients de débits calculés sont supposés inclure toutes les pertes de charge entre les prises de pression disposées comme le montre la figure 1, page 8. Il y a lieu de noter que la distance entre les prises amont et aval a été fixée aux limites maximales mentionnées dans la figure 3 de la Publication 534-1 de la CEI. Ces coefficients de débit sont normalement à comparer avec ceux spécifiés dans les fiches techniques des fabricants de vannes de régulation qui tiennent compte de toutes les pertes de charge comprises 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.

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES

Part 2: Flow capacity

SECTION ONE — SIZING EQUATIONS FOR INCOMPRESSIBLE FLUID FLOW UNDER INSTALLED CONDITIONS

1. Scope

The equations presented in this section of the standard are based on the Bernoulli equation for Newtonian incompressible fluids. They are not intended for use when non-Newtonian fluids, fluid mixtures, slurries, or liquid-solid conveyance systems are encountered.

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 limiting, or maximum, flow condition that occurs as a result of vaporization of the liquid flowing within the valve.

Note. — With fixed inlet (upstream) conditions, it is manifested by the failure of increasing pressure differentials to produce further increases in the flow rate. Choked flow will be accompanied by either cavitation or flashing. If the downstream pressure is greater than the liquid vapour pressure, cavitation occurs. Flashing occurs if the downstream pressure is equal to or less than the liquid vapour pressure.

2.2 Fitting

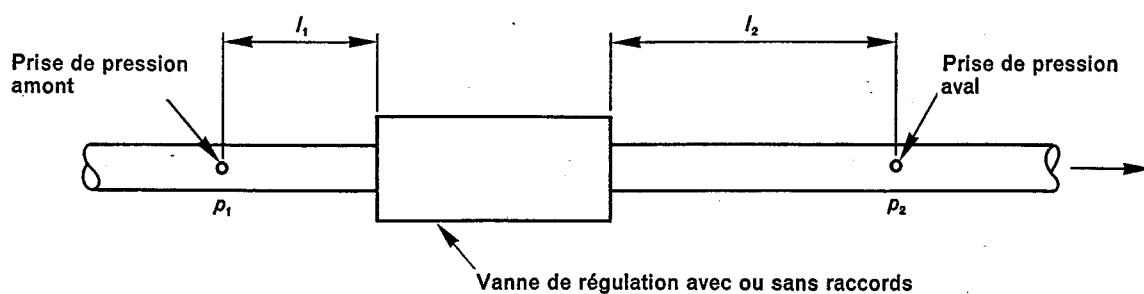
Any device such as a reducer, expander, elbow, T-piece, or bend, which is attached directly to a control valve.

3. Installation

In many industrial applications, reducers or other fittings are attached to the control valves. The effect of these types of fittings on the nominal flow coefficient of the control valve is usually not negligible. It is therefore necessary to introduce a correction factor. Additional factors are introduced to take account of the fluid property characteristics that influence the flow capacity of a control valve.

In sizing control valves, using the relationships presented herein, the flow coefficients calculated are assumed to include all head losses between pressure taps located as shown in Figure 1, page 9. It should be noted that the locations of the upstream and downstream pressure taps have been fixed at the outer limits shown in IEC Publication 534-1, Figure 3. These flow coefficients will normally be compared with those listed in valve manufacturers' literature which also includes all head losses from two pipe diameters upstream through six diameters downstream of the control valve.

Une pression différentielle maximale admissible a été introduite pour faciliter le dimensionnement, en permettant de spécifier l'écoulement engorgé (voir paragraphe 2.1).



302/78

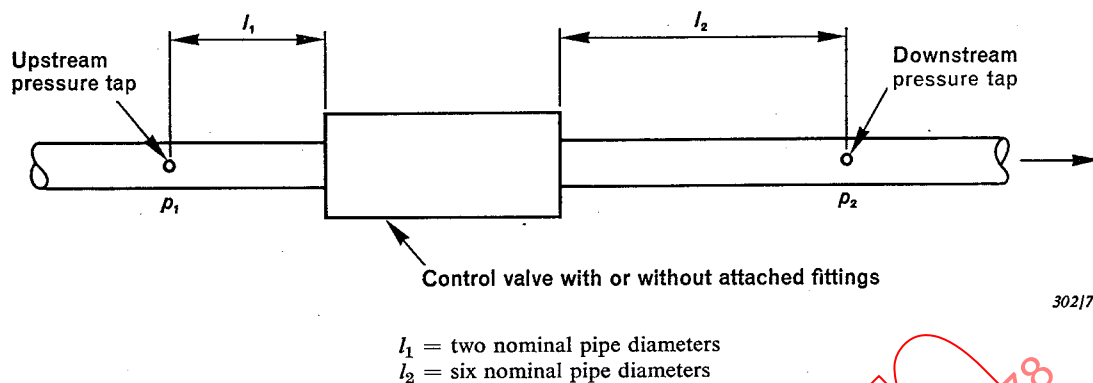
l_1 = deux fois le diamètre nominal de la tuyauterie
 l_2 = six fois le diamètre nominal de la tuyauterie

FIG. 1. — Emplacements des prises de pression.

4. Nomenclature

Symboles	Description	Unités
C	Coefficient de débit (A_v , K_v , C_v)	Diverses (Voir Publication 534-1)
d	Dimension nominale de la vanne	mm
D	Diamètre intérieur de la tuyauterie	mm
F_d	Facteur de correction résultant de la présence de raccords fixés à la vanne	Sans dimension
F_F	Facteur de rapport de pression critique du liquide	Sans dimension
F_L	Facteur de récupération de pression du liquide dans une vanne de régulation sans raccords adjacents	Sans dimension
F_{LP}	Facteur combiné de récupération de pression du liquide et de géométrie de la tuyauterie d'une vanne de régulation avec raccords adjacents	Sans dimension
F_P	Facteur résultant de la géométrie de la tuyauterie	Sans dimension
F_R	Facteur du nombre de Reynolds	Sans dimension
N_1, N_2, N_4	Constantes numériques	Diverses (Voir note 1)
p_c	Pression thermodynamique critique absolue	kPa ou bar (Voir note 2)
p_v	Pression de vapeur du liquide à la température d'entrée absolue	kPa ou bar
p_1	Pression absolue d'entrée mesurée à la prise de pression amont	kPa ou bar
p_2	Pression absolue de sortie mesurée à la prise de pression aval	kPa ou bar
Δp	Pression différentielle entre les prises de pression amont et aval ($p_1 - p_2$)	kPa ou bar

For sizing purposes, a maximum allowable pressure differential has been introduced to identify choked flow (see Sub-clause 2.1).



302/78

FIG. 1. — Pressure tap locations.

4. Nomenclature

Symbols	Description	Unit
C	Flow coefficient (A_v , K_v , C_v)	Various (See Publication 534-1)
d	Nominal valve size	mm
D	Internal diameter of the piping	mm
F_d	Valve style modifier	Dimensionless
F_F	Liquid critical pressure ratio factor	Dimensionless
F_L	Liquid pressure recovery factor of a control valve without attached fittings	Dimensionless
F_{LP}	Combined liquid pressure recovery factor and piping geometry factor of a control valve with attached fittings	Dimensionless
F_P	Piping geometry factor	Dimensionless
F_R	Reynolds number factor	Dimensionless
N_1, N_2, N_4	Numerical constants	Various (See Note 1)
p_c	Absolute thermodynamic critical pressure	kPa or bar (See Note 2)
p_v	Absolute vapour pressure of the liquid at inlet temperature	kPa or bar
p_1	Inlet absolute pressure measured at the upstream pressure tap	kPa or bar
p_2	Outlet absolute pressure measured at the downstream pressure tap	kPa or bar
Δp	Differential pressure between upstream and downstream pressure taps ($p_1 - p_2$)	kPa or bar

Symboles	Description	Unités
$\Delta p_{\max (L)}$	Pression différentielle maximale admissible aux fins de dimensionnement d'une vanne de régulation sans raccords adjacents	kPa ou bar
$\Delta p_{\max (LP)}$	Pression différentielle maximale admissible aux fins de dimensionnement d'une vanne de régulation avec raccords adjacents	kPa ou bar
Q	Débit volumétrique	m ³ /h
$Q_{\max (L)}$	Débit volumétrique maximal dans les conditions d'écoulement engorgé sans raccords adjacents	m ³ /h
$Q_{\max (LP)}$	Débit volumétrique maximal dans les conditions d'écoulement engorgé avec raccords adjacents	m ³ /h
Re_v	Nombre de Reynolds de la vanne	Sans dimension
ζ	Coefficient de perte de charge d'un réducteur ou divergent	Sans dimension
ν	Viscosité cinématique (en centistokes)	10 ⁻⁶ m ² /s (Voir note 3)
ρ/ρ_0	Densité massique ($\rho/\rho_0 = 1$ pour de l'eau à 15,5 °C)	Sans dimension
Notes 1. — Pour déterminer les unités des constantes numériques, on peut effectuer l'analyse dimensionnelle des équations (1), (9) et (14) en se servant des unités données dans le tableau I.		
2. — 1 bar = 10 ⁵ kPa = 10 ⁵ Pa.		
3. — 1 centistoke = 10 ⁻⁶ m ² /s.		

5. Equations générales de dimensionnement

5.1 Ecoulement non engorgé

L'équation du débit d'un liquide newtonien considéré isolément à travers une vanne de régulation, lorsqu'elle fonctionne dans des conditions de non-engorgement, est dérivée de la formule de base donnée au paragraphe 2.3 de la Publication 534-1 de la CEI. Le débit doit être calculé comme suit:

$$Q = N_1 \cdot F_P \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho/\rho_0}} \quad (1)$$

D'où le coefficient de débit C (coefficient de dimensionnement de la vanne) qui sera déterminé par:

$$C = \frac{Q}{N_1 \cdot F_P \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho/\rho_0}{\Delta p}} \quad (2)$$

Note. — F_P est égal à 1 lorsque la vanne de régulation est installée sans raccords adjacents. F_R est égal à 1 lorsque l'écoulement s'effectue en régime turbulent. Voir les paragraphes 6.1 et 6.2 en ce qui concerne respectivement la détermination de ces facteurs. La constante numérique N_1 dépend des unités utilisées dans l'équation générale de dimensionnement et du type de coefficient de débit: A_v , K_v ou C_v . Les valeurs de N_1 sont données dans le tableau I.

5.2 Ecoulement engorgé

5.2.1 Sans raccords adjacents

Le débit maximal qui passe dans une vanne de régulation dans des conditions d'écoulement engorgé, lorsqu'elle est installée sans raccords adjacents, doit être calculé comme suit:

<i>Symbols</i>	<i>Description</i>	<i>Unit</i>
$\Delta p_{\max (L)}$	Maximum allowable pressure differential for control valve sizing purposes without attached fittings	kPa or bar
$\Delta p_{\max (LP)}$	Maximum allowable pressure differential for control valve sizing purposes with attached fittings	kPa or bar
Q	Volumetric flow rate	m ³ /h
$Q_{\max (L)}$	Maximum volumetric flow rate in choked conditions without attached fittings	m ³ /h
$Q_{\max (LP)}$	Maximum volumetric flow rate in choked conditions with attached fittings	m ³ /h
Re_v	Valve Reynolds number	Dimensionless
ζ	Head loss coefficient of a reducer or expander	Dimensionless
ν	Kinematic viscosity (in centistokes)	10 ⁻⁶ m ² /s (See Note 3)
ρ/ρ_o	Relative density ($\rho/\rho_o = 1.0$ for water at 15.5 °C)	Dimensionless

Notes 1. — To determine the units for the numerical constants, dimensional analysis may be performed on equations (1), (9), and (14) using the units given in Table I.

2. — 1 bar = 10² kPa = 10⁵ Pa.

3. — 1 centistoke = 10⁻⁶ m²/s.

5. General sizing equations

5.1 Non-choked flow

The equation for the flow rate of a single Newtonian liquid through a control valve when operating under non-choked conditions is derived from the basic formula as given in Sub-clause 2.3 of IEC Publication 534-1. The flow rate shall be calculated as follows:

$$Q = N_1 \cdot F_P \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho/\rho_o}} \quad (1)$$

Hence, the flow coefficient C (valve sizing coefficient) shall be determined by:

$$C = \frac{Q}{N_1 \cdot F_P \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho/\rho_o}{\Delta p}} \quad (2)$$

Note. — F_P is unity when the control valve is installed without attached fittings. F_R will be unity when turbulent flow conditions exist. See Sub-clauses 6.1 and 6.2 respectively for discussions regarding determination of these factors. N_1 , the numerical constant, depends on the units used in the general sizing equation and the type of flow coefficient: A_v , K_v , or C_v . Values for N_1 are given in Table I.

5.2 Choked flow

5.2.1 Choked flow (without attached fittings)

The maximum rate at which flow will pass through a control valve at choked flow conditions when installed without attached fittings shall be calculated as follows:

$$Q_{\max(L)} = N_1 \cdot F_L \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho / \rho_0}} \quad (3)$$

D'où:

$$C = \frac{Q_{\max(L)}}{N_1 \cdot F_L \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho / \rho_0}{p_1 - F_F p_v}} \quad (4)$$

Note. — La pression différentielle maximale admissible adoptée pour le dimensionnement de la vanne de régulation (c'est-à-dire la pression différentielle minimale à laquelle le débit maximal se produit) avec la vanne de régulation installée sans raccords adjacents peut être calculée comme suit:

$$\Delta p_{\max(L)} = F_L^2 (p_1 - F_F p_v) \quad (5)$$

5.2.2 Avec raccords adjacents

Le débit maximal qui passe dans une vanne de régulation dans des conditions d'écoulement engorgé, lorsqu'elle est installée avec des raccords adjacents, doit être calculé comme suit:

$$Q_{\max(LP)} = N_1 \cdot F_{LP} \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho / \rho_0}} \quad (6)$$

D'où:

$$C = \frac{Q_{\max(LP)}}{N_1 \cdot F_{LP} \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho / \rho_0}{p_1 - F_F p_v}} \quad (7)$$

Note. — La pression différentielle maximale admissible adoptée pour le dimensionnement de la vanne de régulation (c'est-à-dire la pression différentielle minimale à laquelle le débit maximal se produit) avec la vanne de régulation installée avec raccords adjacents peut être calculée comme suit:

$$\Delta p_{\max(LP)} = \left[\frac{F_{LP}}{F_P} \right]^2 (p_1 - F_F p_v) \quad (8)$$

6. Détermination des facteurs de correction

6.1 Facteur F_P résultant de la géométrie de la tuyauterie

Le facteur F_P de géométrie de la tuyauterie est nécessaire pour tenir compte des raccords installés en amont et/ou en aval d'un corps de vanne de régulation. Le facteur F_P est le rapport du débit dans une vanne de régulation installée avec des raccords adjacents au débit qui passerait si la même vanne de régulation était installée sans raccords adjacents et essayée dans des conditions identiques de débit non engorgé dans l'un et l'autre cas (voir figure 1, page 8). Pour satisfaire à un écart maximal admissible de $\pm 5\%$, le facteur F_P doit être déterminé par essai. La pression différentielle sera limitée à des valeurs telles qu'aucun engorgement de l'écoulement ne se produise.

Lorsqu'il est permis de se servir de valeurs estimées, l'équation suivante peut être utilisée:

$$F_P = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Sigma \zeta}{N_2} \left(\frac{C}{d^2} \right)^2}} \quad (9)$$

Note. — Les valeurs de N_2 sont données dans le tableau I.

Dans cette équation, le facteur $\Sigma \zeta$ est la somme algébrique de tous les coefficients de charge dynamique réelle de tous les raccords adjacents à la vanne de régulation. Le coefficient de charge dynamique de la vanne de régulation elle-même n'est pas inclus.

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_{B1} - \zeta_{B2} \quad (10)$$

où:

- ζ_1 = coefficient de résistance amont
- ζ_2 = coefficient de résistance aval
- ζ_{B1} = coefficient de Bernoulli à l'entrée
- ζ_{B2} = coefficient de Bernoulli à la sortie

$$Q_{\max(L)} = N_1 \cdot F_L \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho/\rho_o}} \quad (3)$$

Hence:

$$C = \frac{Q_{\max(L)}}{N_1 \cdot F_L \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho/\rho_o}{p_1 - F_F p_v}} \quad (4)$$

Note. — The maximum allowable pressure differential for control valve sizing purposes (i.e. the minimum pressure differential at which the maximum flow rate occurs) with the control valve installed without attached fittings may be calculated as follows:

$$\Delta p_{\max(L)} = F_L^2 (p_1 - F_F p_v) \quad (5)$$

5.2.2 Choked flow (with attached fittings)

The maximum rate at which flow will pass through a control valve when installed with attached fittings shall be calculated as follows:

$$Q_{\max(LP)} = N_1 \cdot F_{LP} \cdot F_R \cdot C \sqrt{\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho/\rho_o}} \quad (6)$$

Hence:

$$C = \frac{Q_{\max(LP)}}{N_1 \cdot F_{LP} \cdot F_R} \sqrt{\frac{\rho/\rho_o}{p_1 - F_F p_v}} \quad (7)$$

Note. — The maximum allowable pressure differential for control valve sizing purposes (i.e. the minimum pressure differential at which the maximum flow rate occurs) with the control valve installed with attached fittings may be calculated as follows:

$$\Delta p_{\max(LP)} = \left[\frac{F_{LP}}{F_F} \right]^2 (p_1 - F_F p_v) \quad (8)$$

6. Determination of correction factors

6.1 Piping geometry factor F_P

F_P , the piping geometry factor, is necessary to account for fittings attached upstream and/or downstream to a control valve body. The F_P factor is the ratio of the flow rate through a control valve installed with attached fittings to the flow rate that would result if the control valve were installed without attached fittings and tested under identical conditions which will not produce choked flow in either installation (see Figure 1, page 9). To meet a maximum permissible deviation of $\pm 5\%$, the F_P factor shall be determined by test. The pressure differential shall be limited to values such that no choking of the flow occurs.

When estimated values are permissible, the following equation may be used:

$$F_P = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Sigma \zeta}{N_2} \left(\frac{C}{d^2} \right)^2}} \quad (9)$$

Note. — Values for N_2 are given in Table I.

In this equation, the factor $\Sigma \zeta$ is the algebraic sum of all of the effective velocity head coefficients of all fittings attached to the control valve. The velocity head coefficient of the control valve itself is not included.

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_{B1} - \zeta_{B2} \quad (10)$$

where:

- ζ_1 = upstream resistance coefficient
- ζ_2 = downstream resistance coefficient
- ζ_{B1} = inlet Bernoulli coefficient
- ζ_{B2} = outlet Bernoulli coefficient

Lorsque les diamètres des raccords à l'entrée et à la sortie de la vanne de régulation sont identiques, $\zeta_{B1} = \zeta_{B2}$ ces coefficients s'éliminent dans l'équation. Dans les cas où les diamètres des tuyauteries, en amont et en aval de la vanne de régulation, sont différents, les coefficients ζ_B sont calculés comme suit:

$$\zeta_B = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4$$

Si les raccords à l'entrée et à la sortie sont constitués par des réducteurs concentriques, de longueur réduite, disponibles commercialement, les coefficients ζ_1 et ζ_2 peuvent être estimés approximativement comme suit:

$$\text{Réducteur d'entrée seulement: } \zeta_1 = 0,5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (11)$$

$$\text{Réducteur de sortie (divergent) seulement: } \zeta_2 = 1,0 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (12)$$

Réducteurs d'entrée et de sortie de même dimension:

$$\zeta_1 + \zeta_2 = 1,5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (13)$$

Les valeurs de F_P calculées avec les facteurs ζ ci-dessus conduisent généralement au choix de vannes de régulation de capacités légèrement supérieures à celles qui sont nécessaires. Un calcul par itération est nécessaire.

Lorsque les raccords à l'entrée et à la sortie sont différents de ceux décrits ci-dessus, les coefficients de résistance ζ_1 et ζ_2 doivent être obtenus par essai puisqu'ils ne sont pas facilement connus.

6.2 Facteur F_R du nombre de Reynolds

Lorsque, par suite d'une faible pression différentielle, d'un fluide de haute viscosité, d'un coefficient de débit très petit ou de la combinaison de ces conditions, il s'établit dans une vanne de régulation un régime d'écoulement non turbulent, il y a lieu d'introduire le facteur F_R du nombre de Reynolds.

Le facteur F_R est déterminé en divisant le coefficient de débit obtenu en régime d'écoulement non turbulent par le coefficient de débit mesuré en régime d'écoulement turbulent dans les mêmes conditions d'installation.

Si aucun résultat d'essai n'est disponible, F_R peut être déterminé à partir de la courbe de la figure 2, page 20, en utilisant pour la vanne un nombre de Reynolds calculé d'après l'équation suivante:

$$Re_v = \frac{N_4 \cdot F_d \cdot Q}{v [F_P \cdot F_L \cdot C]}^{1/2} \cdot \left[\frac{F_P^2 \cdot F_L^2 \cdot C^2}{N_2 \cdot D^4} + 1 \right]^{1/4} \quad (14)$$

Un calcul par itération est nécessaire.

La quantité entre crochets dans l'équation ci-dessus rend compte de la « vitesse d'approche ». A l'exception des vannes de régulation à tournant sphérique ou à papillon, en position d'ouverture complète, ce facteur correctif influe très peu sur la valeur calculée de Re_v et peut généralement être pris égal à 1.

Note. — Les valeurs de N_2 et N_4 sont indiquées dans le tableau I.

Les valeurs de F_d sont:

- 0,7 pour les vannes de régulation à deux passages d'écoulement en parallèle, telles que les vannes à double siège et les vannes à papillon;
- 1,0 pour les vannes à simple siège, à clapet en V ou à tournant sphérique.

Les valeurs de F_d pour d'autres types de vannes ne sont pas connues actuellement.

When the diameters of inlet and outlet fittings are identical, $\zeta_{B1} = \zeta_{B2}$ and drop out of the equation. In those cases in which the piping diameters approaching and leaving the control valve are different, the ζ_B coefficients are calculated as follows:

$$\zeta_B = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4$$

If the inlet and outlet fittings are short-length, commercially available, concentric reducers, the ζ_1 and ζ_2 coefficients may be approximated as follows:

$$\text{Inlet reducer only: } \zeta_1 = 0.5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (11)$$

$$\text{Outlet reducer (expander) only: } \zeta_2 = 1.0 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (12)$$

Inlet and outlet reducers of equal size:

$$\zeta_1 + \zeta_2 = 1.5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right]^2 \quad (13)$$

The F_P values calculated with the above ζ factors generally lead to selection of valve capacities slightly larger than required. This calculation requires iteration.

When the inlet and outlet fittings are other than those described above, the resistance coefficients, ζ_1 and ζ_2 , must be obtained by test since they are not readily available.

6.2 Reynolds number factor F_R

F_R , the Reynolds number factor, is required when non-turbulent flow conditions are established through a control valve because of a low pressure differential, a high viscosity fluid, a very small flow coefficient, or a combination thereof.

The F_R factor is determined by dividing the flow coefficient when non-turbulent flow conditions exist by the flow coefficient measured in the same installation under turbulent conditions.

If no test results are available, F_R may be determined from the curve given in Figure 2, page 20, using a valve Reynolds number calculated from the following equation:

$$Re_v = \frac{N_4 \cdot F_d \cdot Q}{\nu [F_P \cdot F_L \cdot C]} \cdot \left[\frac{F_P^2 \cdot F_L^2 \cdot C^2}{N_2 \cdot D^4} + 1 \right]^{1/4} \quad (14)$$

This calculation will require iteration.

The bracketed quantity in the above equation accounts for the "velocity of approach". Except for wide-open ball or butterfly valves, this refinement has only a slight effect on the Re_v calculation and can generally be taken as unity.

Note. — Values for N_2 and N_4 are listed in Table I.

Values for F_d are:

— 0.7 for control valves with two parallel flow paths such as double-ported globe and butterfly valves;

— 1.0 for V-notch, ball, and single-ported globe valves.

Values for F_d for other valve styles are not known at this time.

6.3 Facteurs de récupération de pression du liquide

6.3.1 Facteur F_L de récupération de pression du liquide en l'absence de raccords adjacents

F_L est le facteur de récupération de pression du liquide traversant une vanne ne comportant pas de raccords adjacents. Ce facteur tient compte de l'influence de la géométrie interne de la vanne sur la capacité de débit de celle-ci en écoulement engorgé. Il est défini par le rapport du débit maximal réel en régime d'écoulement engorgé au débit théorique dans des conditions d'écoulement non engorgé calculé en prenant comme pression différentielle la différence entre la pression à l'entrée de la vanne et la pression apparaissant à la « vena contracta » en écoulement engorgé.

Le facteur F_L est calculé à partir de données d'essais effectuées avec de l'eau à une température comprise entre 5 °C et 40 °C comme spécifié dans la procédure d'essai (Publication 534-2 de la CEI, section trois [à l'étude]) et en utilisant l'équation suivante:

$$F_L = \frac{Q_{\max(L)}}{N_1 \cdot C} \sqrt{\frac{1}{p_1 - 0,96 p_v}} \quad (15)$$

6.3.2 Facteur combiné F_{LP} de récupération de pression du liquide et de géométrie de la tuyauterie avec raccords adjacents

F_{LP} résulte de la combinaison du facteur de récupération du liquide et du facteur dépendant de la géométrie de la tuyauterie pour une vanne de régulation avec raccords adjacents. Il est obtenu de la même manière que le facteur F_L .

Le facteur F_{LP} est calculé à partir de données d'essais effectuées avec de l'eau entre 5 °C et 40 °C et en utilisant l'équation suivante:

$$F_{LP} = \frac{Q_{\max(LP)}}{N_1 \cdot C} \sqrt{\frac{1}{p_1 - 0,96 p_v}} \quad (16)$$

Pour parvenir à un écart maximal admissible de $\pm 5\%$, le facteur F_{LP} doit être déterminé par essais. Lorsqu'il est permis de se servir de valeurs estimées, une précision raisonnable peut être obtenue en utilisant l'équation suivante:

$$F_{LP} = \frac{F_L}{\sqrt{1 + \frac{F_L^2}{N_2} \left(\Sigma \zeta_1 \right) \left(\frac{C}{d^2} \right)^2}} \quad (17)$$

Ici $\Sigma \zeta_1$ est le coefficient de charge dynamique, $\zeta_1 + \zeta_{B1}$, du raccord monté en amont de la vanne, mesuré entre la prise de pression amont et l'entrée du corps de la vanne de régulation. L'effet d'un raccord devant une vanne peut produire des erreurs de dimensionnement supérieures à 5%.

6.4 Facteur F_F de rapport de pression critique du liquide

F_F est le facteur de rapport de pression critique du liquide. Ce facteur est le rapport de la pression apparaissant à la « vena contracta » en régime d'écoulement engorgé à la pression de vapeur du liquide à la température d'entrée. Pour des pressions de vapeur voisines de zéro, ce facteur est 0,96.

Les valeurs de F_F peuvent être déterminées à partir de la courbe de la figure 3, page 21, ou estimées approximativement à l'aide de l'équation suivante:

$$F_F = 0,96 - 0,28 \sqrt{\frac{p_v}{p_e}} \quad (18)$$

6.3 Liquid pressure recovery factors

6.3.1 Liquid pressure recovery factor without attached fittings F_L

F_L is the liquid pressure recovery factor of the valve without attached fittings. This factor accounts for the influence of the valve internal geometry on the valve capacity at choked flow. It is defined as the ratio of the actual maximum flow rate under choked flow conditions to a theoretical, non-choked flow rate which would be calculated if the pressure differential used was the difference between the valve inlet pressure and the apparent “vena contracta” pressure at choked flow conditions.

Using water between 5 °C and 40 °C as specified in the test procedure (IEC Publication 534-2, Section Three [under consideration]), F_L is calculated from test data using the following equation:

$$F_L = \frac{Q_{\max(L)}}{N_1 \cdot C} \sqrt{\frac{1}{p_1 - 0.96 p_v}} \quad (15)$$

6.3.2 Combined liquid pressure recovery factor and piping geometry factor with attached fittings F_{LP}

F_{LP} is the combined liquid pressure recovery factor and piping geometry factor for a control valve installed with attached fittings. It is obtained in the same manner as F_L .

From test data where the fluid is water between 5 °C and 40 °C, F_{LP} is calculated using the following equation:

$$F_{LP} = \frac{Q_{\max(LP)}}{N_1 \cdot C} \sqrt{\frac{1}{p_1 - 0.96 p_v}} \quad (16)$$

To meet a maximum permissible deviation of $\pm 5\%$, F_{LP} must be determined by testing. When estimated values are permissible, reasonable accuracy may be obtained by use of the following equation:

$$F_{LP} = \frac{F_L}{\sqrt{1 + \frac{F_L^2}{N_2^2} \left(\sum \zeta_1 \right) \left(\frac{C}{d^2} \right)^2}} \quad (17)$$

Here $\sum \zeta_1$ is the velocity head coefficient, $\zeta_1 + \zeta_{B1}$, of the fitting attached upstream of the valve as measured between the upstream pressure tap and the control valve body inlet. The effect of a fitting ahead of a valve may produce sizing errors greater than 5%.

6.4 Liquid critical pressure ratio factor F_F

F_F is the liquid critical pressure ratio factor. This factor is the ratio of the apparent “vena contracta” pressure at choked flow conditions to the vapour pressure of the liquid at inlet temperature. At vapour pressures near zero, this factor is 0.96.

Values of F_F may be determined from the curve given in Figure 3, page 21, or approximated from the following equation:

$$F_F = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{p_v}{p_e}} \quad (18)$$

TABLEAU I
Constantes numériques N

Constantes	Coefficients d'écoulement C			Unités			
	A_v	K_v	C_v	Q	d, D	$p_1, p_2, p_v, \Delta p$	ρ
N_1	$3,6 \times 10^3$	1×10^{-1}	$8,65 \times 10^{-2}$	m ³ /h	mm	kPa	kg/m ³
	$3,6 \times 10^4$	1×10^0	$8,65 \times 10^{-1}$	m ³ /h	mm	bar	kg/m ³
N_2	$1,23 \times 10^{-12}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$2,14 \times 10^{-3}$	—	mm	—	—
N_4	$3,72 \times 10^2$	$7,07 \times 10^4$	$7,6 \times 10^4$	m ³ /h	—	—	—

Note. — L'utilisation des constantes numériques données dans ce tableau avec les unités métriques spécifiées permet d'exprimer les coefficients d'écoulement dans les unités, suivant lesquelles ils sont définis.