

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 546

Première édition — First edition

1976

**Méthodes d'évaluation des performances des régulateurs à signaux analogiques
utilisés dans les processus industriels**

**Methods of evaluating the performance of controllers with analogue signals
for use in industrial process control**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

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 utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

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.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

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 used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

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.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

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

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 546

Première édition — First edition

1976

**Méthodes d'évaluation des performances des régulateurs à signaux analogiques
utilisés dans les processus industriels**

**Methods of evaluating the performance of controllers with analogue signals
for use in industrial process control**



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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
AVANT-PROPOS	6
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Relations fondamentales	6
4. Définitions	10
5. Conditions générales d'essais	12
6. Ecart total permanent	16
7. Affichages et graduations d'échelle	18
8. Action des grandeurs d'influence	22
9. Caractéristiques du circuit de sortie et consommation de puissance	32
10. Réponse harmonique	34
11. Essais divers	36
12. Documentation	38
13. Examen technique	38
14. Rapport d'évaluation	38
15. Présentation des résultats	40
FIGURES	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
INTRODUCTION	7
1. Scope	7
2. Object	7
3. Basic relations	7
4. Definitions	11
5. General test conditions	13
6. Offset	17
7. Dial markings and scale values	19
8. Effect of influence quantities	23
9. Output characteristics and power consumption	33
10. Frequency response	35
11. Miscellaneous tests	37
12. Documentary information	39
13. Technical examination	39
14. Evaluation report	39
15. Presentation of controller data	41
FIGURES	46

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES RÉGULATEURS
À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS**

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 projet fut discuté lors de la réunion tenue à Munich en 1973 et soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure Accélérée en mai 1974, à la suite de quoi le document 65B(Bureau Central)4 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1974.

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

Afrique du Sud (République d')	Israël
Allemagne	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Pologne
Danemark	Portugal
Espagne	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Hongrie	Tchécoslovaquie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications nos 68-2-6: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, deuxième partie: Essais, Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales).
- 68-2-31: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, deuxième partie: Essais, Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels.
- 160: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures.
- 348: Règles de sécurité pour les appareils de mesure électroniques.
- 381: Signaux analogiques à courant continu pour des systèmes de conduite de processus.
- 382: Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF EVALUATING THE PERFORMANCE OF CONTROLLERS
WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN INDUSTRIAL PROCESS CONTROL**

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 draft was discussed at the meeting held in Munich in 1973 and submitted to the National Committees for approval under the Accelerated Procedure in May 1974, as a result of which Document 65B(Central Office)4 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Poland
Czechoslovakia	Portugal
Denmark	South Africa (Republic of)
France	Spain
Germany	Sweden
Hungary	Switzerland
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 68-2-6: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Fc: Vibration (Sinusoidal).

- 68-2-31: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Ec: Drop and Topple, Primarily for Equipment-type Specimens.
- 160: Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes.
- 348: Safety Requirements for Electronic Measuring Apparatus.
- 381: Analogue D.C. Current Signals for Process Control Systems.
- 382: Analogue Pneumatic Signal for Process Control Systems.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES RÉGULATEURS À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

AVANT-PROPOS

Les méthodes d'évaluation données dans la présente norme sont destinées à être utilisées par les constructeurs pour déterminer les performances de leurs produits et par les utilisateurs, ou tout organisme d'essai indépendant, pour vérifier les performances spécifiées par le constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme, comme la plage de température ambiante, l'alimentation, etc., correspondent à l'usage le plus courant. Par conséquent, les valeurs spécifiées ici sont à prendre en considération en l'absence d'indication contraire du constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme ne sont pas forcément suffisants pour des instruments spécialement adaptés à des conditions exceptionnellement sévères; inversement, une série d'essais plus restreinte peut convenir à des instruments prévus pour fonctionner dans des conditions plus limitées.

Une liaison des plus étroites entre le constructeur et un organisme d'essai est souhaitable. Les spécifications du constructeur sont prises en considération lors de l'élaboration du programme des essais, et le constructeur sera invité à commenter tant le programme des essais que leurs résultats.

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux régulateurs pneumatiques et électriques des processus industriels utilisant des signaux analogiques continus conformes aux normes internationales en vigueur*.

Bien que les essais décrits ci-après concernent les régulateurs ayant de tels signaux, on notera qu'ils peuvent en principe être appliqués à des régulateurs ayant des signaux différents, à condition que ces signaux soient continus.

2. Objet

La présente norme a pour objet de spécifier des méthodes d'essais uniformes pour l'évaluation des performances des régulateurs des processus industriels à signaux analogiques d'entrée et de sortie.

Lorsqu'une évaluation complète en accord avec la présente norme n'est pas nécessaire, les essais demandés devront être effectués et leurs résultats présentés conformément aux paragraphes correspondants de cette norme. Le programme d'essais sera fixé par accord mutuel entre constructeur et acheteur, en tenant compte de la nature et de l'importance particulière du matériel concerné.

3. Relations fondamentales

3.1 Relations entrée/sortie d'un régulateur idéalisé

Sous sa forme la plus simple, la relation entrée/sortie peut être donnée par une équation que l'on présente généralement sous l'une des formes suivantes:

$$Y - Y_o = K_p (X - W) + K_I \int_0^t (X - W) dt + K_D \frac{d(X - W)}{dt} \quad (1)$$

* Publication 381 de la CEI: Signaux analogiques à courant continu pour des systèmes de conduite de processus, et Publication 382 de la CEI: Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus.

METHODS OF EVALUATING THE PERFORMANCE OF CONTROLLERS WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN INDUSTRIAL PROCESS CONTROL

INTRODUCTION

The methods of evaluation given in this standard are intended for use by manufacturers to determine the performance of their products and by users, or independent testing establishments, to verify manufacturer's performance specifications.

The tests specified in this standard, e.g. the range of ambient temperatures, power supply, etc., represent those which commonly arise in use. Consequently, the values specified herein shall be used where no other values are specified by the manufacturer.

The tests specified in this standard are not necessarily sufficient for instruments specifically designed for unusually arduous duties; conversely, a restricted series of tests may be suitable for instruments designed to perform within a more limited range of conditions.

It will be appreciated that the closest liaison should be maintained between an evaluating body and the manufacturer. Note shall be taken of the manufacturer's specifications for the instrument when the test programme is being decided, and the manufacturer should be invited to comment on both the test programme and the results.

1. Scope

This standard applies to pneumatic and electric industrial-process controllers using analogue continuous signals which are in accordance with current international standards.*

It should be noted that whilst the tests specified herein cover controllers having such signals, they can be applied in principle to controllers having different but continuous signals.

2. Object

This standard is intended to specify uniform methods of tests for the evaluation of the performance of industrial-process controllers with analogue input and output signals.

When a full evaluation in accordance with this standard is not required, those tests which are required shall be performed and the results reported in accordance with those parts of the standard which are relevant. The testing programme should be subject to agreement between manufacturer and purchaser, depending on the nature and the extent of the equipment dealt with.

3. Basic relations

3.1 Input/output relations of idealized controllers

In the most simple form, the relationship may be given by an equation generally presented in one of the following forms:

$$Y - Y_o = K_P (X - W) + K_I \int_0^t (X - W) dt + K_D \frac{d(X - W)}{dt} \quad (1)$$

* IEC Publication 381, Analogue D.C. Current Signals for Process Control Systems, and IEC Publication 382, Analogue Pneumatic Signal for Process Control Systems.

ou:

$$Y - Y_o = K_p \left[(X - W) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (X - W) dt + T_D \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (2)$$

Ces équations sont applicables aux régulateurs pour lesquels il n'y a pas d'interaction entre les coefficients K_p , K_I et K_D . Si l'on tient compte de cette interaction, l'équation du régulateur idéalisé peut s'écrire comme suit:

$$Y - Y_o = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt} (X - W) \right] \quad (3)$$

Dans cette formule, A est le facteur d'interaction qui dépend de la structure du régulateur. On peut souvent l'exprimer de la façon suivante:

$$A = 1 + \frac{T_D}{T_I} \quad (4)$$

où:

- t = temps en minutes
- Y = signal de sortie
- Y_o = signal de sortie au temps $t = 0$ (sortie du régulateur équilibrée)
- X = valeur de la mesure
- W = valeur de la consigne
- K_p = coefficient d'action proportionnelle
- K_I = coefficient d'action intégrale
- K_D = coefficient d'action dérivée

T_I = temps de dosage d'intégration $\left(T_I = \frac{K_p}{K_I} \right)$

T_D = temps de dosage de dérivation $\left(T_D = \frac{K_D}{K_p} \right)$

$\frac{d}{dt}$ = opérateur de dérivation

Notes 1. — La présente norme est limitée aux régulateurs P, PI, PD et PID.

2. — Les coefficients K_p , K_I et K_D peuvent avoir le signe « plus » ou « moins »; on associe généralement « l'action directe » au signe plus, et « l'action inverse » au signe moins.

Il existe d'autres types de régulateurs, correspondant à d'autres structures; c'est le cas, par exemple, du régulateur dans lequel la dérivation est appliquée, non pas à $(X - W)$, mais uniquement à la valeur de mesure X .

L'équation (3) devient dans ce cas:

$$Y - Y_o = K_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T_D}{A} \frac{d}{dt} X \right] \quad (5)$$

3.2 Limitations

Les équations décrivant la performance d'un régulateur réel sont habituellement différentes des équations (1) à (5) parce qu'elles comportent des constantes de temps et des limitations.

Deux différences typiques par rapport aux équations d'un régulateur idéalisé peuvent être exprimées comme suit:

a) Gain maximal d'action intégrale V_I

Le gain par intégration des régulateurs réels n'étant pas infini, la partie intégrale des équations (1) et (2) est une approximation de la réponse réelle dans le seul cas de fréquences suffisamment élevées. Aux fréquences basses, l'intégrale d'un régulateur (soit les termes d'intégration de l'équation (2)) peut être exprimée dans le domaine des fréquences comme suit:

$$F = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (6)$$

or:

$$Y - Y_o = K_p \left[(X - W) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (X - W) dt + T_D \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (2)$$

These equations are valid for controllers with no interaction between the factors K_p , K_I and K_D . The equation for idealized controllers with interaction taken into account may be written as:

$$Y - Y_o = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt} (X - W) \right] \quad (3)$$

In this formula, A is the interaction factor that depends on the structure of the controller. It can often be written as:

$$A = 1 + \frac{T_D}{T_I} \quad (4)$$

where:

t = time, in minutes

Y = output signal

Y_o = output signal at time $t = 0$ (controller output balance)

X = measured value

W = set point value

K_p = proportional action factor

K_I = integral action factor

K_D = derivative action factor

T_I = integral action time $\left(T_I = \frac{K_p}{K_I} \right)$

T_D = derivative action time $\left(T_D = \frac{K_D}{K_p} \right)$

$\frac{d}{dt}$ = differential operator

Notes 1. — This standard is limited to P, PI, PD and PID controllers.

2. — The factors K_p , K_I and K_D may have the sign “plus” or “minus”; it is usual to associate “direct action” with the positive sign and “reverse action” with the negative sign.

There are controllers with still other structures, for example where the differentiation is applied only to the measured value X , not to $(X - W)$.

Equation (3) becomes thereby:

$$Y - Y_o = K_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt} X \right] \quad (5)$$

3.2 Limitations

The equations describing the performance of an actual controller are usually different from equations (1) to (5) because they include time constants and limitations.

Two commonly encountered deviations from the idealized controller equations can be expressed as follows:

a) Maximum integral gain V_I

Because of the finite integral gain of actual controllers, the integral part of equations (1) and (2) is an approximation of the actual response only for sufficiently high frequencies. For low frequencies, a controller may have an integral (integral term of equation (2)) expressed in the frequency domain as follows:

$$F = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (6)$$

b) Gain maximal d'action dérivée V_D

Le gain par dérivation des régulateurs réels étant limité, les termes de dérivation des équations (1) et (2) fournissent une approximation de la réponse réelle dans le seul cas de fréquences suffisamment basses. Dans le cas le plus simple, des termes de constante de temps et de proportionnalité pourront s'introduire.

Le terme de dérivation de l'équation (2) peut donc être exprimé dans le domaine des fréquences comme suit:

$$\text{action dérivée et constante de temps } F = \frac{j\omega K_D}{1 + j\omega T_I} \quad (7)$$

ou

$$\text{action proportionnelle, action dérivée et constante de temps } F = K_P \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T_I} \quad (8)$$

$j = \sqrt{-1}$ et ω est la pulsation

$T =$ constante de temps d'un retard du premier ordre

Le rapport $\frac{K_D}{T_I}$ peut être constant pour toutes les valeurs réglables de T_D (selon la conception du régulateur); dans ce cas, le rapport $\frac{T_D}{T_I}$ est appelé gain maximal d'action dérivée ou V_D .

3.3 Graduation des régulateurs

Les coefficients et les temps d'action figurant dans les équations données précédemment fournissent une description idéalisée du comportement d'un régulateur. Leurs valeurs peuvent différer des valeurs des graduations marquées sur le régulateur. Les relations entre les valeurs des graduations et les valeurs réelles — ce sont les « formules d'interaction » — doivent être fournies par le constructeur. Ces relations peuvent être exprimées soit sous forme algébrique, soit sous forme de courbes, tableaux, diagrammes, etc.

4. Définitions

4.1 Bande proportionnelle

La bande proportionnelle X_P des régulateurs linéaires, exprimée en pour-cent, est alors donnée par l'expression:

$$X_P = \frac{100}{K_P}$$

4.2 Action directe

Le signal de sortie Y croît avec un accroissement de la valeur mesurée X .

4.3 Action inverse

Le signal de sortie Y décroît avec un accroissement de la valeur mesurée X .

4.4 Ecart total permanent

Différence entre la valeur mesurée X et la valeur de consigne W en régime établi.

4.5 Régulateur proportionnel (P)

Régulateur qui produit seulement une régulation par action proportionnelle.

b) *Maximum derivative gain V_D*

Because of the limited derivative gain of actual controllers, the derivative terms of equations (1) and (2) are an approximation of the actual response only for sufficiently low frequencies. In the most simple case, there may be additional time constant and proportional terms.

The derivative term of equation (2) may then be expressed, in the frequency domain, as follows:

$$\text{derivative and time constant } F = \frac{j\omega K_D}{1 + j\omega T_I} \quad (7)$$

or

$$\text{proportional, derivative and time constant } F = K_P \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T_I} \quad (8)$$

$j = \sqrt{-1}$ and ω angular frequency

T = time constant of a first order time delay

The ratio $\frac{K_D}{T_I}$ may be constant for all adjustable values of T_D (depending upon the design of the controller); in that case, the ratio $\frac{T_D}{T_I}$ is called maximum derivative gain or V_D .

3.3 *Dial markings of actual controllers*

The action factors and action times as used in the equations shown above give an idealized description of the performance of a controller. Their values may differ from the values which are the dial marking values of the controller. The relationship between the dial marking values and the actual values, the “interaction formulae”, shall be provided by the manufacturer. The relationship may be expressed in algebraic form or by graphs, tables, diagrams, etc.

4. **Definitions**

4.1 *Proportional band*

The proportional band X_P of a linear controller, expressed in per cent, is given by the expression:

$$X_P = \frac{100}{K_P}$$

4.2 *Direct acting*

Output Y increases with increase in the measured value X .

4.3 *Reverse acting*

Output Y decreases with increase in the measured value X .

4.4 *Offset*

The steady-state difference between measured value X and set point W .

4.5 *Controller, proportional (P)*

A controller which produces proportional control action only.

4.6 Régulateur proportionnel + dérivée (PD)

Régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action dérivée.

4.7 Régulateur proportionnel + intégrale (PI)

Régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action intégrale.

4.8 Régulateur PID

Régulateur à actions composées qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action intégrale et plus une action dérivée.

5. Conditions générales d'essais

Les conditions de référence spécifiées dans cette norme sont en accord avec la Publication 160 de la CEI: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures.

5.1 Conditions d'environnement

5.1.1 Conditions ambiantes recommandées pour les mesures

Plage de température	de 15 °C à 35 °C
Humidité relative	de 45 % à 75 %
Pression atmosphérique	de 860 mbar à 1 060 mbar
Champ électromagnétique	valeur à indiquer, si nécessaire.

La vitesse maximale de variation de température admissible au cours de l'essai sera de 1 °C en 10 min. Ces conditions peuvent être conformes aux conditions normales de fonctionnement.

5.1.2 Atmosphère normale de référence

Température	20 °C
Humidité relative	65 %
Pression atmosphérique	1 013 mbar

Cette atmosphère normale de référence est l'atmosphère à laquelle sont ramenées, par le calcul, les valeurs obtenues par des mesures effectuées dans d'autres conditions atmosphériques. Il est cependant reconnu que, très souvent, une correction par calcul pour l'humidité n'est pas possible. Dans ce cas, l'atmosphère normale de référence ne tient compte que de la température et de la pression.

Cette atmosphère est conforme aux conditions normales de fonctionnement de référence généralement indiquées par le constructeur.

5.1.3 Conditions atmosphériques normales pour les mesures d'arbitrage

Lorsqu'on ne connaît pas les facteurs de correction à utiliser pour ramener les paramètres qui varient en fonction des conditions atmosphériques aux conditions atmosphériques normales et lorsque les mesures effectuées dans la plage recommandée de conditions atmosphériques ambiantes ne sont pas satisfaisantes, des mesures répétées peuvent être effectuées dans des conditions atmosphériques sévèrement commandées.

Pour les besoins de cette norme, les conditions atmosphériques normales pour les mesures d'arbitrage sont les suivantes:

	Valeur nominale	Tolérance
Température	20 °C	± 2 °C
Humidité relative	65 %	± 5 %
Pression atmosphérique	860 mbar à 1 060 mbar	—

4.6 *Controller, proportional + derivative (rate) (PD)*

A controller which produces proportional plus derivative control action.

4.7 *Controller, proportional + integral (reset) (PI)*

A controller which produces proportional plus integral control action.

4.8 *Controller PID*

Controller with compound action which produces proportional, plus integral, plus derivative actions.

5. General test conditions

Reference conditions specified in this standard are in accordance with IEC Publication 160, Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes.

5.1 *Environmental conditions*

5.1.1 *Recommended range of ambient conditions for test measurements*

Temperature range	15 °C to 35 °C
Relative humidity	45 % to 75 %
Atmospheric pressure	860 mbar to 1 060 mbar
Electromagnetic field	value to be stated, if relevant.

The maximum rate of temperature change permissible during any test shall be 1 °C in 10 min. These conditions may be equivalent to normal operating conditions.

5.1.2 *Standard reference atmosphere*

Temperature	20 °C
Relative humidity	65 %
Atmospheric pressure	1 013 mbar

This standard reference atmosphere is that atmosphere to which values measured under any other atmospheric conditions are corrected by calculation. It is recognized, however, that in many cases a correction factor for humidity is not possible. In such cases, the standard reference atmosphere takes account of temperature and pressure only.

This atmosphere is equivalent to the normal reference operating conditions usually identified by the manufacturer.

5.1.3 *Standard atmosphere for referee measurements*

When correction factors to adjust atmospheric-condition sensitive parameters to their standard reference atmosphere values are unknown, and measurements under the recommended range of ambient atmospheric conditions are unsatisfactory, repeated measurements under closely controlled atmospheric conditions may be conducted.

For the purpose of this standard, the following atmospheric conditions are given for referee measurements.

	<i>Nominal value</i>	<i>Tolerance</i>
Temperature	20 °C	± 2 °C
Relative humidity	65 %	± 5 %
Atmospheric pressure	860 mbar to 1 060 mbar	—

Cette atmosphère est conforme aux conditions normales de fonctionnement de référence généralement indiquées par le constructeur.

Pour les atmosphères tropicales ou subtropicales ou d'autres atmosphères spéciales, des conditions atmosphériques pour les mesures d'arbitrage sont données, en variante, dans la Publication 160 de la CEI.

5.2 Conditions d'alimentation

5.2.1 Valeurs de référence

Valeurs indiquées par le constructeur.

5.2.2 Tolérances *

1) Alimentation électrique

- tension nominale $\pm 1\%$
- fréquence nominale $\pm 1\%$
- distorsion harmonique inférieure à 5 % (en courant alternatif)
- facteur d'ondulation inférieur à 0,1 % (en courant continu)

2) Alimentation pneumatique

- pression nominale $\pm 1\%$
- température de l'air d'alimentation température ambiante + 2 °C
- humidité de l'air d'alimentation point de rosée inférieur au moins de 10 °C à la température du régulateur
- sans huile, ni poussière.

5.3 Impédance de charge

Utiliser, comme valeur de référence, la valeur indiquée par le constructeur.

Pour les régulateurs électriques, si le constructeur indique plusieurs valeurs, l'impédance de charge doit être prise égale à :

- la valeur minimale spécifiée par le constructeur pour les régulateurs avec signal de sortie en tension continue;
- la valeur maximale admissible pour les régulateurs avec signal de sortie en courant continu.

Pour les régulateurs pneumatiques, en l'absence de valeurs fixées par le constructeur, l'impédance de charge utilisée doit être composée d'une tuyauterie rigide, d'une longueur de 2,5 m, d'un diamètre intérieur de 4 mm suivi d'une capacité de 1 dm³.

Note. — Ce dispositif est particulièrement indiqué pour les essais statiques sur les régulateurs pneumatiques. Pour les essais dynamiques, la configuration de charge donnée à la figure 8, page 51, peut être aussi utilisée.

5.4 Autres conditions

- Signaux d'entrée: les tensions parasites induites ou les fluctuations de pression ne doivent pas avoir d'effet sur les résultats de la mesure.
- Position du régulateur en fonctionnement: position normale spécifiée par le constructeur. Cependant, il convient que la position du régulateur ne change pas de plus de $\pm 3^\circ$ suivant chaque axe pendant toute la durée de l'essai.
- Influences mécaniques extérieures: elles doivent être négligeables.

La précision des méthodes de mesure utilisées pour les essais doit être indiquée dans le rapport d'essai. Elle doit être au moins quatre fois plus grande que celle du régulateur essayé.

Pour les besoins des essais suivants, le régulateur peut être « stabilisé » de la façon suivante (voir la figure 1, page 46) :

- 1) Mettre le régulateur en fonctionnement boucle fermée.
- 2) Ajuster la bande proportionnelle à la valeur spécifiée.

* Des informations supplémentaires sur la classification de l'alimentation électrique et pneumatique sont en préparation.

This atmosphere is equivalent to the normal reference operating conditions usually identified by the manufacturer.

For tropical, sub-tropical or other special requirements, alternate referee atmospheres are given in IEC Publication 160.

5.2 Supply conditions

5.2.1 Reference values

The values specified by the manufacturer.

5.2.2 Tolerances*

1) Electrical supply

- rated voltage $\pm 1\%$
- rated frequency $\pm 1\%$
- harmonic distortion less than 5 % (a.c. supply)
- ripple content less than 0.1 % (d.c. supply)

2) Pneumatic supply

- rated pressure $\pm 1\%$
- supply air temperature ambient temperature $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- supply air humidity dew point at least $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ below controller temperature
- oil and dust free.

5.3 Load impedance

The value given by the manufacturer shall be used as the reference value.

For electric controllers, if the manufacturer gives more than one value, the load impedance shall be taken equal to:

- the minimum value specified by the manufacturer for controllers with direct voltage output signal;
- the maximum permissible value for controllers with direct current output signal.

Unless otherwise stated by the manufacturer, for pneumatic controllers, a 2.5 m length of 4 mm internal diameter rigid pipe followed by a 1 dm³ capacity shall be used for load impedance.

Note. — This arrangement is basically specified for steady-state tests on pneumatic controllers. For dynamic tests, the load configuration given in Figure 8, page 51, can also be used.

5.4 Other conditions

- Input signals: spurious induced voltages or pressure fluctuations which may affect the measurement shall not be present.
- Controller position during operation: normal attitude specified by the manufacturer. Throughout each test, however, the attitude of the controller should not change more than $\pm 3^{\circ}$ along any axis.
- External mechanical constraints: they shall be negligible.

The limit of error of the measuring methods used for the tests shall be stated in the test report and shall be smaller than or equal to one-fourth of the stated limit of error of the instrument tested.

For the purpose of the following tests, the controller may be stabilized in the following manner (see Figure 1, page 46):

- 1) Set the controller in closed loop.
- 2) Set the proportional band to the value stated.

* Further information regarding electric power and pneumatic power classifications is in preparation.

- 3) Ajuster l'action dérivée à la valeur minimale (temps de dérivation minimale ou mise hors circuit).
- 4) Ajuster l'action intégrale à la valeur maximale (temps d'intégration minimale).
- 5) Ajuster la grandeur d'entrée à la valeur spécifiée.
- 6) Ajuster la valeur de consigne et, si nécessaire, le circuit d'adaptation pour obtenir la valeur de sortie désirée.
- 7) Afficher l'action intégrale à sa valeur minimale (temps d'intégration maximale ou mise hors circuit).
- 8) Ouvrir la boucle si cela est demandé par l'essai.

6. Ecart total permanent

Cet essai s'applique uniquement aux régulateurs à action intégrale. Utiliser, pour cet essai, la configuration du circuit représentée à la figure 1, page 46, ou un schéma équivalent.

Appliquer le signal de consigne W et le signal d'entrée X à l'entrée d'un appareil de mesure différentiel. Placer le commutateur de sélection en position B de façon à obtenir la stabilité.

En changeant la valeur de la polarisation du circuit d'adaptation, on peut faire varier le signal de sortie Y du régulateur sur toute l'échelle, pour chaque valeur de consigne W du régulateur et la valeur mesurée X .

6.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles indiquées à l'article 5. Ajuster le temps d'action intégrale à l'effet maximal (T_I minimal) et le temps d'action dérivée à l'effet minimal (T_D minimal ou hors circuit si possible).

6.2 Modalités de l'essai

6.2.1 Influence de la variation de la valeur de K_p

Mettre le régulateur en fonctionnement boucle fermée (voir la figure 1), le commutateur de sélection étant en position B, le régulateur en position action inverse.

- Ajuster la valeur de consigne à 10 % de l'échelle, la bande proportionnelle au minimum. A l'aide du générateur 3, ajuster également la sortie du régulateur à 10 % de l'échelle.
- Mesurer l'écart total permanent sur l'appareil de mesure différentiel.
- Répéter la mesure en ajustant la bande proportionnelle d'abord à 100 %, puis à sa valeur maximale (ou à la valeur la plus voisine de la graduation). L'écart total permanent doit être mesuré pour les deux réglages. Cette opération doit être répétée pour les neuf combinaisons des trois valeurs de consigne: 10 %, 50 % et 90 % et des trois valeurs de sortie: 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue d'échelle.
- Répéter les essais, le régulateur étant mis en position action directe, la bande proportionnelle étant ajustée à 100 %, la sortie à 50 % et le point de consigne successivement à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue d'échelle.
- Déduire de ces mesures les écarts maximaux positifs et négatifs pour chaque valeur de la bande proportionnelle indiquée ci-dessus.
- On peut effectuer des relevés complémentaires avec d'autres valeurs de la bande proportionnelle ou de la consigne en des points particuliers, afin d'interpoler entre certains relevés précédents lorsqu'il y a des variations importantes de l'écart total permanent.
- Si la graduation d'échelle du régulateur à essayer n'est pas directement exprimée en termes de coefficient d'action proportionnelle, de temps de dosage d'intégration et de temps de dosage de dérivation, les relations liant les valeurs marquées aux paramètres utilisés dans la présente norme devront être précisées. Utiliser la méthode indiquée au paragraphe 6.2, l'appareil étant réglé sur la graduation d'échelle correspondant aux valeurs spécifiées au paragraphe 6.2.

6.2.2 Influence de la variation des valeurs de T_I et T_D (essai en boucle fermée)

Ajuster le point de consigne W à 50 %, la sortie Y à 50 % et la bande proportionnelle X_p à 100 %.

Le temps de dosage d'intégration étant réglé à sa valeur minimale, faire varier le temps de dosage de dérivation de sa valeur minimale à sa valeur maximale en passant par une valeur intermédiaire (par exemple 0,1 min, 0,5 min et 2,5 min).