

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1298-2**

Première édition
First edition
1995-07

**Dispositifs de mesure et de commande
de processus –
Méthodes et procédures générales d'évaluation
des performances –**

Partie 2:
Essais dans les conditions de référence

**Process measurement and control devices –
General methods and procedures for evaluating
performance –**

Part 2:
Tests under reference conditions



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1298-2: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1298-2**

Première édition
First edition
1995-07

**Dispositifs de mesure et de commande
de processus –
Méthodes et procédures générales d'évaluation
des performances –**

Partie 2:
Essais dans les conditions de référence

**Process measurement and control devices –
General methods and procedures for evaluating
performance –**

Part 2:
Tests under reference conditions

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Facteurs liés à la précision	12
4.1 Procédures d'essai et précautions	12
4.2 Procédure d'essai spécifique et précautions à prendre pour déterminer la zone d'insensibilité	24
5 Comportement dynamique	26
5.1 Généralités	26
5.2 Procédure générale d'essai et précautions	28
5.3 Réponse harmonique	28
5.4 Réponse indicielle	30
6 Caractéristique fonctionnelle	30
6.1 Généralités	30
6.2 Résistance d'entrée des dispositifs électriques	30
6.3 Isolement des dispositifs électriques	36
6.4 Consommation	38
6.5 Ondulation de sortie d'un dispositif à sortie électrique en courant continu	40
6.6 Caractéristiques de débit d'air d'un dispositif pneumatique	40
6.7 Limites de réglage de la valeur inférieure de l'étendue et de l'intervalle	44
6.8 Différentiel de commutation	46
7 Dérive	46
7.1 Dérive au démarrage	46
7.2 Dérive à long terme	48
Annexe A – Bibliographie	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Accuracy related factors	13
4.1 Test procedures and precautions	13
4.2 Specific testing procedures and precautions for the determination of dead band	25
5 Dynamic behaviour	27
5.1 General considerations	27
5.2 General testing procedures and precautions	29
5.3 Frequency response	29
5.4 Step response	31
6 Functional characteristic	31
6.1 General	31
6.2 Input resistance of an electrical device	31
6.3 Insulation of electrical devices	37
6.4 Power consumption	39
6.5 Output ripple of a device with an electrical d.c. output	41
6.6 Air flow characteristics of a pneumatic device	41
6.7 Limits of adjustments of lower range value and span	45
6.8 Switching differential	47
7 Drift	47
7.1 Start-up drift	47
7.2 Long-term drift	49
Annex A – Bibliography	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS DE MESURE ET DE COMMANDE DE PROCESSUS – MÉTHODES ET PROCÉDURES GÉNÉRALES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES –

Partie 2: Essais dans les conditions de référence

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 1298-2 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
65B/229/DIS	65B/248/RVD

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

La CEI 1298 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances*:

- Partie 1: Généralités
- Partie 2: Essais dans les conditions de référence
- Partie 3: Essais pour la détermination des effets des grandeurs d'influence
- Partie 4: Contenu du rapport d'évaluation

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL DEVICES –
GENERAL METHODS AND PROCEDURES
FOR EVALUATING PERFORMANCE –**

Part 2: Tests under reference conditions

FOREWORD

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

International Standard IEC 1298-2 has been prepared by sub-committee 65B: Devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

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

DIS	Report on voting
65B/229/DIS	65B/248/RVD

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

IEC 1298 consists of the following parts, under the general title *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance*:

- Part 1: General considerations
- Part 2: Tests under reference conditions
- Part 3: Tests for the effects of influence quantities
- Part 4: Evaluation report content

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale n'est pas destinée à remplacer les normes existantes mais à servir de document de référence pour l'élaboration de futures normes, tant par la CEI que par d'autres organismes de normalisation, dans le domaine de l'évaluation de l'instrumentation des processus. Lors de la révision des normes existantes, il conviendra de prendre en compte la présente norme.

Lors de l'établissement de futures normes, il y aura lieu de respecter les éléments normatifs suivants:

- Toute méthode ou procédure d'essai figurant déjà dans cette norme sera spécifiée et décrite dans la nouvelle norme en faisant référence à l'article approprié de la présente norme.
- Toute méthode ou procédure particulière, qui n'est pas traitée dans cette norme, sera établie et spécifiée dans la nouvelle norme conformément aux critères indiqués dans la présente norme, dans la mesure où ils seront applicables.
- Tout écart fondamental ou important par rapport au contenu de la présente norme sera distinctement identifié et justifié, s'il est introduit dans la nouvelle norme.

INTRODUCTION

This standard is not intended as a substitute for existing standards, but is rather intended as a reference document for any future standards developed within the IEC or other standards organizations, concerning the evaluation of process instrumentation. Any revision of existing standards should take this standard into account.

This common standardized basis should be utilised for the preparation of future relevant standards, as follows:

- Any test method or procedure, already treated in this standard, should be specified and described in the new standard by referring to the corresponding clause of this standard.
- Any particular method or procedure, not covered by this standard, should be developed and specified in the new standard in accordance with the criteria, as far as they are applicable, stated in this standard.
- Any conceptual or significant deviation from the content of this standard, should be clearly identified and justified if introduced in a new standard.

DISPOSITIFS DE MESURE ET DE COMMANDE DE PROCESSUS – MÉTHODES ET PROCÉDURES GÉNÉRALES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES –

Partie 2: Essais dans les conditions de référence

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes et procédures générales pour l'exécution des essais portant sur les caractéristiques fonctionnelles et les caractéristiques de performances des dispositifs de mesure et de commande de processus. Les méthodes et les procédures spécifiées dans cette norme sont applicables à n'importe quel essai ou à tout type de dispositif de mesure et de commande de processus. Ces essais sont applicables à tout dispositif à condition que ce dispositif soit caractérisé par ses propres grandeurs d'entrée et de sortie et par la relation spécifique (fonction de transfert) entre les entrées et les sorties. Ils concernent les dispositifs analogiques et numériques. Pour les dispositifs nécessitant des essais spéciaux, la présente norme doit être utilisée en conjonction avec la norme spécifiant ces essais spéciaux.

Cette partie de la norme couvre les essais faits dans les conditions de référence.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1298. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1298 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des documents normatifs en vigueur.

CEI 546-1: 1987, *Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des processus industriels – Première partie: Méthodes d'évaluation des performances*

CEI 902: 1987, *Mesure et commande dans les processus industriels – Termes et définitions*

CEI 1010-1: 1990, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*
Amendement n° 1 (1992)

CEI 1298-1: *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 1: Généralités*

3 Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente partie de la CEI 1298. Les définitions marquées d'un astérisque (*) sont identiques à celles données dans la CEI 902, mais comportent des notes additionnelles.

PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL DEVICES – GENERAL METHODS AND PROCEDURES FOR EVALUATING PERFORMANCE –

Part 2: Tests under reference conditions

1 Scope

This International Standard specifies general methods and procedures for conducting tests and reporting on the functional and performance characteristics of process measurement and control devices. The methods and procedures specified in this standard are applicable to any kind of test or to any type of process measurement and control device. The tests are applicable to any such devices characterized by their own specific input and output variables, and by the specific relationship (transfer function) between the inputs and outputs, and include analogue and digital devices. For devices that require special tests, this standard shall be used, together with any product specific standard specifying special tests.

This part covers tests made under reference conditions.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1298. At the time of the publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1298 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standard.

IEC 546-1: 1987, *Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems – Part 1: Methods of evaluating the performance*

IEC 902: 1987, *Industrial-process measurement and control – Terms and definitions*

IEC 1010-1: 1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
Amendment No. 1 (1992)

IEC 1298-1: *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 1298 the following definitions apply. Those marked with an asterisk (*) are identical with those given in IEC 902, but that document has additional notes.

3.1 DE: Dispositif essayé.

3.2 grandeur (variable)*: Grandeur ou condition dont la valeur peut se modifier et qui peut en général être mesurée (par exemple température, débit, vitesse, signal, etc.).

3.3 signal*: Grandeur physique dont un ou plusieurs paramètres sont porteurs d'informations sur une ou plusieurs autres grandeurs que le signal représente.

3.4 étendue*(domaine): Gamme des valeurs comprises entre les limites inférieure et supérieure de la grandeur considérée.

3.5 Intervalle*: Différence algébrique entre les limites supérieure et inférieure d'une étendue déterminée.

3.6 signal de consigne*: Signal qui représente la grandeur de référence.

NOTE – Il peut être réglé manuellement ou automatiquement, ou encore programmé.

3.7 Imprécision*: Ecart positif ou négatif maximal à partir de la courbe caractéristique spécifiée, observé quand on essaie un dispositif dans les conditions spécifiées et suivant une procédure spécifiée.

3.8 erreur*: Différence algébrique entre la valeur mesurée et la valeur idéale de la grandeur mesurée.

NOTE – L'erreur est positive quand la valeur mesurée est supérieure à la valeur vraie. L'erreur est en général exprimée en pour-cent de l'intervalle idéal correspondant.

3.9 erreur mesurée maximale: Valeur positive ou négative la plus élevée de l'erreur de la valeur moyenne, mesurée en montant ou en descendant, à chaque point de mesure.

3.10 non-conformité: Ecart par rapport à la conformité.

NOTE – La conformité est définie dans la CEI 902.

3.11 non-linéarité: Ecart par rapport à la linéarité.

NOTES

1 La linéarité est définie dans la CEI 902.

2 La non-conformité et la non-linéarité ne comprennent pas l'hystérésis.

3.12 non-répétabilité: Voir définition de l'erreur de répétabilité dans la CEI 902.

3.13 hystérésis*: Propriété qu'a un instrument ou un appareil de mesurage de donner différentes valeurs de sortie pour les mêmes valeurs d'entrée selon le sens dans lequel ces dernières ont été appliquées successivement.

3.14 zone d'insensibilité (zone morte)*: Etendue finie de valeurs dans laquelle une variation de la grandeur d'entrée n'entraîne pas de variation perceptible de la grandeur de sortie.

3.15 ajustabilité: La plus faible variation possible de la valeur de sortie produite par un changement sur le mécanisme de réglage.

3.1 DUT: The device under test.

3.2 variable*: A quantity or condition whose value is subject to change and can usually be measured (e.g., temperature, flow rate, speed, signal, etc.).

3.3 signal*: Physical variable, one or more parameters of which carry information about one or more variables which the signal represents.

3.4 range*: Region of the values between the lower and upper limits of the quantity under consideration.

3.5 span*: Algebraic difference between the upper and lower limit values of a given range.

3.6 set point*: A signal representing the reference variable.

NOTE – It may be manually set, automatically set, or programmed.

3.7 Inaccuracy*: Maximum positive and negative deviation from the specified characteristic curve observed in testing a device under specified conditions and by a specified procedure.

3.8 error*: Algebraic difference between the measured value and the true value of the measured variable.

NOTE – The error is positive when the measured value is greater than the true value. The error is generally expressed as a percentage of the relevant ideal span.

3.9 maximum measured error: Largest positive or negative value of error of the average upscale or downscale value at each point of measurement.

3.10 non-conformity: Deviation from conformity.

NOTE – Conformity is defined in IEC 902.

3.11 non-linearity: Deviation from linearity.

NOTES

1 Linearity is defined in IEC 902.

2 Non-conformity and non-linearity do not include hysteresis.

3.12 non-repeatability: See definition of repeatability error in IEC 902.

3.13 hysteresis: Property of a device or instrument whereby it gives different output values in relation to its input values depending on the directional sequence in which the input values have been applied.

3.14 dead band*: Finite range of values within which variation of the input variable does not produce any noticeable change in the output variable.

3.15 adjustability: Smallest possible change in output produced by a change to the adjusting mechanism.

3.16 temps mort*: Intervalle de temps compris entre l'instant où l'on provoque une variation d'une grandeur d'entrée et l'instant où débute la variation corrélative de la grandeur de sortie (voir CEI 902, figure 1-2).

3.17 temps de montée*: Pour une réponse indicielle, intervalle de temps compris entre l'instant où le signal de sortie, partant de la valeur zéro, atteint une fraction spécifiée et faible (par exemple 10 %) de sa valeur de régime finale et l'instant où il atteint pour la première fois une fraction spécifiée et forte (par exemple 90 %) de cette même valeur de régime (voir CEI 902, figure 1-2).

3.18 durée d'établissement: Intervalle de temps entre l'instant d'une variation en échelon d'une grandeur d'entrée et l'instant où la variation de la grandeur de sortie ne s'écarte pas de plus d'une tolérance spécifiée de la valeur finale de régime permanent. Dans la présente norme, on a adopté une tolérance de 1 %.

3.19 temps de réponse indicielle: Intervalle de temps entre l'instant d'une variation en échelon du signal d'entrée d'un système et l'instant où la grandeur de sortie atteint pour la première fois 90 % de sa valeur finale de régime permanent (voir CEI 902, figure 1-2).

3.20 constante de temps*: Temps T nécessaire pour atteindre 63,2 % de la valeur totale de la montée ou du déclin de la sortie d'un système linéaire du premier ordre, résultant de l'application à l'entrée d'un échelon ou d'une impulsion.

3.21 taux de dépassement*: Pour une réponse indicielle, écart transitoire maximal sur la valeur finale en régime permanent de la grandeur de sortie, exprimé en % de la différence entre les valeurs finale et initiale en régime permanent.

3.22 événement inattendu: Panne, défaut de fonctionnement, anomalie du dispositif ou dommage inopiné à ce dispositif survenant durant une évaluation, et nécessitant une intervention du constructeur.

3.23 procédure d'essai: Spécification des essais à effectuer et des conditions de chaque essai, établie d'un commun accord entre le fabricant, le laboratoire d'essai et le client (ou l'utilisateur) avant d'effectuer les essais.

4 Facteurs liés à la précision

4.1 Procédures d'essai et précautions

4.1.1 Choix des étendues d'essai

Lorsqu'il y a des commutations d'étendues ou des réglages par cadran (par exemple réglage de gain), les essais doivent être répétés pour couvrir toutes les étendues ou tous les réglages. Lorsque le DE est fourni réglé pour l'utilisation, le premier groupe d'essais doit être effectué sans réglage.

4.1.1.1 Critères

Les mesures doivent être effectuées sur les dispositifs fonctionnant avec le nombre minimal de réglages d'étalonnage nécessaires pour déterminer les performances du dispositif pour tous les réglages nécessaires en exploitation et exigés par le programme d'essais (voir article 5 de la CEI 1298-1).

3.16 dead time*: Time interval between the instant when the variation of an input variable is produced, and the instant when the consequent variation of the output variable starts (see IEC 902, figure 1-2).

3.17 rise time*: For a step response, the time interval between the instant when the output signal, starting from zero, reaches a small specified percentage (for instance 10 %) of the final steady-state value, and the instant when it reaches for the first time a specified large percentage (for instance 90 %) of the same steady state value (see IEC 902, figure 1-2).

3.18 settling time: Time interval between the step change of an input signal, and the instant when the resulting variation of the output signal does not deviate more than a specified tolerance from its final steady state value. For this standard, a tolerance of 1 % is adopted.

3.19 step response time: Time from a step change in the input signal to a system for the change in output of the system to reach for the first time 90 % of its final steady state value (see IEC 902, figure 1-2).

3.20 time constant*: Time required to complete 63,2 % of the total rise or decay of the output of a first-order linear system, initiated by a step or an impulse to the input.

3.21 transient overshoot*: For a step response, the maximum transient deviation from the final steady state value of the output variable, expressed in % of the difference between the final and the original steady state values.

3.22 unexpected event: Device breakdown, failure to work, anomaly, or inadvertent damage occurring during an evaluation which requires correction by the device manufacturer.

3.23 test procedure: Statement of the tests to be carried out, and the conditions for each test, agreed between the manufacturer, the test laboratory, and the purchaser/user before the evaluation starts.

4 Accuracy related factors

4.1 Test procedures and precautions

4.1.1 Selection of ranges for test

Where there are switched ranges or dial settings (e.g., gain), the tests shall be repeated to cover all ranges or settings. Where the DUT is supplied calibrated for use, the first set of tests shall be carried out without adjustment.

4.1.1.1 Criteria

The measurements shall be performed with the devices operating at the minimum number of calibration settings necessary to establish the device performance in all required operational settings required by the test programme (see clause 5 of IEC 1298-1).

L'essai d'un dispositif possédant une large plage de réglage tant de l'intervalle que de la valeur inférieure de l'étendue peut nécessiter un nombre d'essais impossible à réaliser dans la pratique. Dans ce cas on doit effectuer des essais préliminaires pour déterminer l'influence du changement des réglages d'intervalle et de valeur inférieure d'étendue sur la caractéristique mesurée. Ceci devrait permettre d'éliminer certains essais du programme d'essai lorsque la caractéristique peut être déduite de façon fiable d'un nombre plus réduit d'essais. Par exemple, il se peut que l'hystérésis ne soit pas notablement sensible au choix de la valeur inférieure et supérieure de l'étendue si l'intervalle reste constant et on peut souvent la déduire, pour différentes valeurs d'intervalle, de mesures effectuées avec un seul réglage d'intervalle.

Toutefois le rapport doit préciser clairement les valeurs correspondantes des paramètres mesurés pour chaque valeur des réglages afin que les valeurs d'imprécisions, d'hystérésis, etc. puissent toutes être rapportées au même réglage du dispositif.

4.1.1.2 Réglage de l'intervalle et de la valeur inférieure de l'étendue

Généralement, sauf stipulation contraire dans le programme d'essais, les essais de facteurs liés à la précision doivent être effectués en réglant les commandes aux valeurs A, B, C, D, énumérées ci-dessous, et conformément au tableau 1 chaque fois que les réglages d'intervalle et/ou de la valeur inférieure de l'étendue sont réglables au-delà des réglages prévus pour les tolérances de fabrication.

NOTE – En ce qui concerne les essais de comportement dynamique, de caractéristiques fonctionnelles et de dérive, se reporter aux sections appropriées de la présente norme.

Tableau 1 – Réglage de l'intervalle et de la valeur inférieure de l'étendue

Type d'essai	Intervalle réglable	Suppression et/ou élévation de zéro
Evaluation de performance	A	B
Essais de type		
Essais individuels de série	C	D
Essais par échantillonnage		

Réglage A – Intervalle réglé aux valeurs maximale et minimale spécifiées par le fabricant et à une valeur intermédiaire.

Réglage B – Les essais seront normalement effectués avec un seul réglage de la valeur inférieure de l'étendue, sans suppression ni élévation, mais il peut être nécessaire d'effectuer d'autres essais aux réglages minimal et maximal si on observe des effets importants.

Réglage C – Sauf stipulation contraire dans le programme d'essais, l'intervalle doit être laissé comme réglé par le fabricant.

Réglage D – Sauf stipulation contraire dans le programme d'essais, la valeur inférieure de l'étendue doit être laissée comme réglé par le fabricant.

Testing of a device which has provision for substantial adjustment of both span and lower range value may require an impractically large number of tests. In such a case, preliminary tests shall be conducted to determine the effect of changing span and lower range value adjustments on the characteristic being measured. This should enable some tests to be eliminated from the test programme in cases where the characteristic can be inferred reliably from fewer tests. For example, hysteresis may not be significantly affected by selection of the lower and upper range value if the span is held constant, and often may be inferred for different spans from measurements at a single span setting.

However, the report shall indicate clearly relevant values of the measured parameters for each setting of the adjustments, so that the values of inaccuracy, hysteresis, etc, can all be referenced to the same adjustment of the device.

4.1.1.2 *Setting of span and lower range value adjustments*

Generally, unless otherwise specified in the test programme, the test for accuracy related factors shall be carried out with the adjustments set at the settings A, B, C, D, listed below, and in accordance with table 1 whenever the span and/or the lower range value adjustments are adjustable further than the adjustments for the manufacturing tolerances.

NOTE – For tests of dynamic behaviour, functional characteristics, and drift, refer to the appropriate clauses of this standard.

Table 1 – Settings of span and lower range value adjustments

Kind of test	Adjustable span	Zero suppression and/or elevation
Performance evaluation	A	B
Type test		
Routine tests	C	D
Sample test		

Setting A – Span adjustment set at the maximum and minimum values specified by the manufacturer, and at one intermediate value.

Setting B – Normally, tests will be done at only one setting of lower range value, without suppression or elevation, but further tests at minimum and maximum settings may be required if the effects are significant.

Setting C – Unless otherwise specified in the test programme, the span shall be as set by the manufacturer.

Setting D – Unless otherwise specified in the test programme, the lower range value shall be as set by the manufacturer.

4.1.2 Cycles de préconditionnement

Avant de noter les résultats observés, le DE doit être préconditionné (voir 7.12 de la CEI 1298-1) et doit être soumis à trois balayages de toute l'étendue dans chaque sens.

4.1.3 Nombre de cycles de mesure et de points d'essai

On doit vérifier les performances du DE sur toute l'étendue pour des valeurs croissantes et décroissantes.

Afin de se conformer à 5.2 de la CEI 1298-1, le nombre de cycles de mesure et de points d'essai doit être aussi faible que possible. Le nombre et l'emplacement des points d'essai doivent être compatibles avec le type d'essai et le degré de précision désiré ainsi que la caractéristique évaluée.

Le nombre de points d'essai croissants et décroissants doit être le même pour chaque point d'essai prédéterminé, à l'exception de 0 % et 100 % qui ne sont atteints que lorsque la mesure est effectuée en descendant ou en montant.

Le nombre de cycles de mesure et le nombre de points d'essai sont fonction du type d'essai considéré. Sauf stipulation contraire pour un type particulier de dispositif, les valeurs et emplacements à adopter sont donnés au tableau 2.

4.1.4 Essais supplémentaires en cas d'entrées et sorties numériques

Des essais doivent être effectués pour s'assurer que les protocoles sont conformes aux normes internationales (par exemple RS 232, IEEE 488) ou aux protocoles spécifiés de manière complète par le fournisseur du DE. Des essais doivent être effectués pour confirmer que le DE fonctionne correctement suivant le protocole spécifié, dans les conditions de référence et ceci sans erreur (ou dans les limites des taux d'erreurs spécifiés par le fournisseur). Les niveaux logiques «1» et «0» doivent être déterminés. Des essais appropriés doivent également être effectués pour mettre en évidence les erreurs d'affichage (éléments manquants, etc.), la brillance, le contraste et l'angle de vue limite avant perte de cette brillance ou de ce contraste. La vitesse de rafraîchissement doit être enregistrée, de même que les erreurs (de précision) de l'affichage.

4.1.5 Procédure de mesure

La première mesure doit être effectuée sur la première valeur significative de l'échelle après 0 % de l'intervalle d'entrée (par exemple 10 % de l'intervalle d'entrée – voir tableau 2).

On commence par élaborer un signal d'entrée égal à la valeur inférieure de l'étendue, puis on augmente lentement le signal d'entrée pour atteindre, sans le dépasser, le premier point d'essai; après un temps de stabilisation approprié, on note la valeur des signaux d'entrée et de sortie correspondants.

On augmente ensuite le signal d'entrée lentement pour atteindre, sans la dépasser, la valeur du point d'essai suivant, et après un temps de stabilisation, on note la valeur correspondante du signal de sortie.

On recommence l'opération pour toutes les valeurs prédéterminées jusqu'à 100 % de l'intervalle d'entrée. Après avoir effectué la mesure en ce point, on réduit lentement le signal d'entrée à la valeur d'essai juste en dessous de 100 % de l'intervalle d'entrée puis à toutes les autres valeurs en redescendant jusqu'à 0 % de l'intervalle d'entrée, ce qui termine le cycle de mesure.

4.1.2 *Preconditioning cycles*

Prior to recording observations, the DUT shall be preconditioned (see 7.12 of IEC 1298-1) and shall be exercised by three full range traverses in each direction.

4.1.3 *Number of measurement cycles and test points*

The performance of the DUT shall be verified over the full range for increasing and decreasing values.

Taking into account the economic aspects outlined in 5.2 of IEC 1298-1, the number of measurement cycles and of test points shall be the lowest possible. The number and location of the test points shall be consistent with the kind of test, the degree of accuracy desired, and the characteristic being evaluated.

The number of increasing and decreasing test points shall be the same for each predetermined test point, with the exception of 0 % and 100 %, that are reached only when going downscale or upscale.

The number of measurement cycles and the number of the test points depend on the kind of test under consideration. Unless otherwise specified for a particular type of device, the values and locations that should be adopted are given in table 2.

4.1.4 *Additional tests where digital inputs and outputs are provided*

Tests shall be made to ensure that the protocols comply with international standards (e.g., RS 232, IEEE 488) or the protocols fully specified by the DUT supplier. Tests shall be carried out to confirm that the DUT functions correctly to the specified protocol under reference conditions, and without error (or within any error rate specified by the supplier). The levels of logical "1" and "0" shall be determined. Appropriate tests shall also be made for display errors (missing digit sections, etc.), brightness, contrast, and angle of view before loss of brightness/contrast. The update rate shall be recorded, together with display (accuracy) errors.

4.1.5 *Measurement procedure*

The first measurement shall be performed to the first significant value of the scale after 0 % of input span (e.g., 10 % of input span – see table 2).

Initially, an input signal equal to the lower range value is generated, and then the input signal is slowly increased to reach, without overshoot, the first test point; after an adequate stabilization period, the value of the corresponding input and output signal is noted.

Then the input signal is slowly increased to reach, without overshoot, the value of the next test point and, after a stabilization period, the corresponding value of the output signal is recorded.

The operation is repeated for all the predetermined values up to 100 % of the input span. After measurement at this point, the input signal is slowly brought down to the test value directly below 100 % of input span, and then to all the other values in turn down to 0 % of input span, thus closing the measurement cycle.

Tableau 2 – Nombre de cycles de mesure; nombre et emplacement des points d'essai

Type d'essai	Nombre de cycles de mesure	Nombre de points d'essai	Emplacement des points d'essai (en % de l'intervalle d'entrée)
Evaluation de performance	3 ou 5	6	0-20-40-60-80-100
Essais de type		11	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100
Essais individuels de série	1	5	0-25-50-75-100
Essais par échantillonnage			

4.1.6 Traitement des valeurs mesurées

La différence entre les valeurs du signal de sortie obtenues aux différents points d'essai pour chaque balayage montant et descendant et les valeurs idéales correspondantes sont enregistrées comme étant les erreurs de sortie.

Les erreurs doivent généralement être exprimées en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal. Sur certains dispositifs (par exemple enregistreurs ou dispositifs à gain réglable) il peut s'avérer plus pratique d'exprimer les erreurs en pour-cent de l'intervalle d'entrée nominal (se reporter à 7.16 de la CEI 1298-1).

Pour chaque point de mesure, on doit faire la moyenne des lectures obtenues pour les erreurs en montant et en descendant lors des cycles successifs pour obtenir les valeurs moyennes en montant et en descendant, la moyenne de ces deux valeurs étant la valeur moyenne en ce point.

Toutes les valeurs d'erreur ainsi obtenues doivent figurer dans un tableau (voir tableau 3), et les valeurs moyennes doivent être présentées sous forme graphique (voir figure 1).

4.1.7 Détermination des facteurs liés à la précision

Du fait du nombre limité de mesures (voir 4.1.3), on doit déterminer les facteurs liés à la précision en traitant les erreurs selon une méthode mathématique simple et non pas sur la base de méthodes statistiques. Les différentes méthodes de traitement sont décrites dans les paragraphes suivants.

4.1.7.1 Imprecision: On détermine l'imprecision à partir du tableau 3 en choisissant les plus grands écarts positifs et négatifs de chaque valeur mesurée par rapport à la valeur idéale pour des valeurs d'entrée croissantes et décroissantes, et pour chaque cycle d'essai pris séparément. L'imprecision est exprimée dans le rapport en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal.

4.1.7.2 erreur mesurée: On détermine l'erreur mesurée à partir du tableau 3 en choisissant la plus grande valeur positive ou négative dans les erreurs moyennes mesurées en montant et en descendant.

4.1.7.3 non-linéarité: Pour les dispositifs présentant une relation entrée/sortie linéaire, on détermine la non-linéarité à partir de la courbe tracée en utilisant la moyenne totale des erreurs moyennes mesurées en montant et en descendant (voir tableau 3 et figure 1).

Table 2 – Number of measurement cycles and number and location of test points

Kind of test	Number of measurement cycles	Number of test points	Location of test points (% of input span)
Performance evaluation	3 or 5	6	0-20-40-60-80-100
Type tests		11	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100
Routine tests	1	5	0-25-50-75-100
Sample tests			

4.1.6 Processing of the measured values

The difference between the output signal values obtained at the various test points for each upscale and downscale traverse and the corresponding ideal values are recorded as the output errors.

The errors generally shall be expressed as percent of the ideal output scan. On certain devices (e.g., recorders, or devices with adjustable gain), it may be more convenient to express the errors as percent of nominal input scan (see 7.16 of IEC 1298-1).

For each measuring point, the readings obtained in successive cycles for upscale and downscale error, respectively, shall be averaged to give average upscale and downscale values, and these averaged to give the average value at that point.

All the error values thus obtained shall be shown in a table (see table 3), and the average values shall be presented graphically (see figure 1).

4.1.7 Determination of accuracy related factors

Because of the limited number of measurements (see 4.1.3), the accuracy related factors shall be determined by treating the errors in a mathematically simple way, and not on the basis of statistical methods. The different methods of treatment are described in the following clauses.

4.1.7.1 Inaccuracy: Inaccuracy is determined from table 3 by selecting the greatest positive and negative deviations of any measured value from the ideal value for increasing and decreasing inputs for any test cycle separately, and reporting this in percent of ideal output span.

4.1.7.2 measured error: Measured error is determined from table 3 by selecting the greatest positive or negative value from the average upscale errors and the average downscale errors.

4.1.7.3 non-linearity: For devices that have a linear input/output relationship, the non-linearity is determined from the curve plotted using the overall average of corresponding upscale and downscale average errors (see table 3 and figure 1).

La non-linéarité est l'écart maximal positif ou négatif entre la courbe moyenne et la droite sélectionnée, exprimée en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal; elle est indépendante de la zone d'insensibilité (zone morte) et de l'hystérésis.

a) *Non-linéarité réduite aux extrémités*

On détermine la non-linéarité réduite aux extrémités en traçant une droite qui coïncide avec la courbe moyenne d'étalonnage à la valeur supérieure de l'étendue et à la valeur inférieure de l'étendue.

NOTE - Ce n'est que pour l'étalonnage en atelier et les réglages en service que la non-linéarité réduite aux extrémités présente un intérêt pratique. On utilise parfois d'autres expressions de la non-linéarité.

b) *Non-linéarité indépendante*

On détermine la non-linéarité indépendante en traçant une droite au travers de la courbe moyenne de façon à minimiser l'écart maximal. Il n'est pas nécessaire que cette droite soit horizontale ou passe par les extrémités de la courbe moyenne d'étalonnage.

c) *Non-linéarité réduite au zéro*

On détermine la non-linéarité réduite au zéro en traçant une droite qui coïncide avec la courbe moyenne d'étalonnage à la valeur inférieure de l'étendue (zéro) et qui minimise l'écart maximal.

Tableau 3 – Tableau d'erreurs typiques d'un dispositif

	1er cycle		2ème cycle		3ème cycle		Moyenne de tous les cycles		Moyenne totale
	Erreur (en % de l'intervalle idéal)								
Entrée en % de l'intervalle	Valeur montante	Valeur descendante	Valeur montante	Valeur descendante	Valeur montante	Valeur descendante	Moyenne montante	Moyenne descendante	Erreur moyenne
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0		-0,04		-0,05		0,06		-0,05	-0,050
10	+0,06	+0,14	+0,04	+0,15	+0,05	+0,16	0,05	0,15	0,100
20	+0,13	+0,23	+0,08	+0,26	+0,09	+0,26	0,10	0,25	0,175
30	+0,11	+0,24	+0,09	+0,25	+0,10	+0,26	0,10	0,25	0,175
40	-0,04	+0,13	-0,07	+0,15	-0,04	+0,17	-0,05	0,15	0,050
50	-0,18	-0,02	-0,16	+0,01	-0,13	+0,01	-0,15	0,00	-0,075
60	-0,27	-0,12	-0,25	-0,10	-0,23	-0,08	-0,025	-0,10	-0,175
70	-0,32	-0,17	-0,30	-0,16	-0,28	-0,12	-0,30	-0,15	-0,225
80	-0,27	-0,17	-0,26	-0,15	-0,22	-0,13	-0,25	-0,15	-0,200
90	-0,16	-0,06	-0,15	-0,05	-0,14	-0,04	-0,15	-0,05	-0,100
100	+0,09		+0,11		+0,10		0,10		0,100

Non-répétabilité = 0,05 %

Hystérésis = erreur d'hystérésis
+ zone morte = 0,22 %

-0,32 % Imprécision +0,26 %

Erreur maximale mesurée = -0,30 %

The maximum positive or negative deviation between the average curve and the selected straight line, expressed in percent of ideal output scan, is the non-linearity, and is independent of dead band and hysteresis.

a) *Terminal based non-linearity*

Terminal based non-linearity is determined by drawing a straight line so that it coincides with the average calibration curve at the upper range value and at the lower range value.

NOTE – Where calibrations in workshops and adjustments in the field are made, only terminal based non-linearity is of practical interest. Other expressions of non-linearity are sometimes used.

b) *Independent non-linearity*

Independent non-linearity is determined by drawing a straight line through the average curve in such a way as to minimize the maximum deviation. It is not necessary that the straight line be horizontal, or pass through the end points of the average calibration curve.

c) *Zero based non-linearity*

Zero based non-linearity is determined by drawing a straight line so that it coincides with the average calibration curve at the lower range value (zero), and minimizes the maximum deviation.

Table 3 – Typical table of device errors

	1st cycle		2nd cycle		3rd cycle		Average of the cycles		Total average
Error (in % of ideal span)									
Input in % span	Up actual	Down actual	Up actual	Down actual	Up actual	Down actual	Up actual	Down average	Average error
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0		-0,04		-0,05		0,06		-0,05	-0,050
10	+0,06	+0,14	+0,04	+0,15	+0,05	+0,16	0,05	0,15	0,100
20	+0,13	+0,23	+0,08	+0,26	+0,09	+0,26	0,10	0,25	0,175
30	+0,11	+0,24	+0,09	+0,25	+0,10	+0,26	0,10	0,25	0,175
40	-0,04	+0,13	-0,07	+0,15	-0,04	+0,17	-0,05	0,15	0,050
50	-0,18	-0,02	-0,16	+0,01	-0,13	+0,01	-0,15	0,00	-0,075
60	-0,27	-0,12	-0,25	-0,10	-0,23	-0,08	-0,025	-0,10	-0,175
70	-0,32	-0,17	-0,30	-0,16	-0,28	-0,12	-0,30	-0,15	-0,225
80	-0,27	-0,17	-0,26	-0,15	-0,22	-0,13	-0,25	-0,15	-0,200
90	-0,16	-0,06	-0,15	-0,05	-0,14	-0,04	-0,15	-0,05	-0,100
100	+0,09		+0,11		+0,10		0,10		0,100

Non-repeatability = 0,05 %

Hysteresis = 0,22 %
= hysteresis error + dead band

Inaccuracy = -0,32 % +0,26 %

Maximum measured error = -0,30 %

Ecart en % de l'intervalle
de sortie idéal

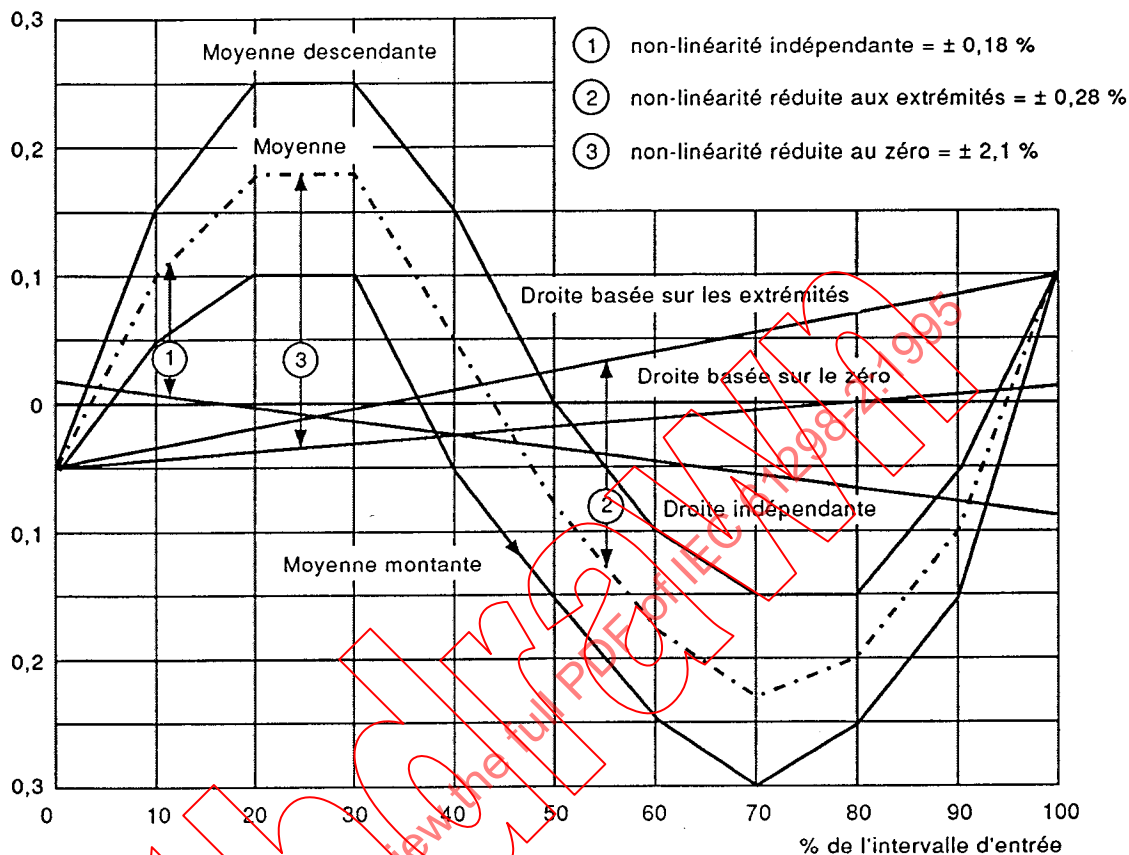


Figure 1 – Courbes d'erreur

4.1.7.4 non-conformité: Le terme de non-conformité (non-conformité réduite aux extrémités, non-conformité indépendante et non-conformité réduite au zéro) ne devrait être utilisé que pour les dispositifs présentant une relation entrée-sortie non linéaire (par exemple logarithmique, racine carrée, etc.)

La détermination et la présentation de la non-conformité s'effectue par les mêmes méthodes que pour la non-linéarité.

4.1.7.5 hystérésis: On détermine l'hystérésis directement à partir des valeurs d'écart indiquées au tableau 3. C'est la différence entre les valeurs de sortie mesurées consécutivement en montant et en descendant pour un seul cycle d'essai au même point d'essai.

La valeur maximale observée sur tous les cycles d'essai est consignée et doit être exprimée en pour-cent de l'écart de sortie idéal. Si cela est demandé, l'erreur d'hystérésis peut être déterminée en soustrayant la valeur de la zone d'insensibilité de la valeur correspondante de l'hystérésis pour un point de mesure donné; sa valeur maximale peut être exprimée en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal.

NOTE – La zone d'insensibilité peut être déterminée par un essai de zone d'insensibilité classique tel que celui qui est décrit en 4.2.2.

Deviation, percent of ideal
output span

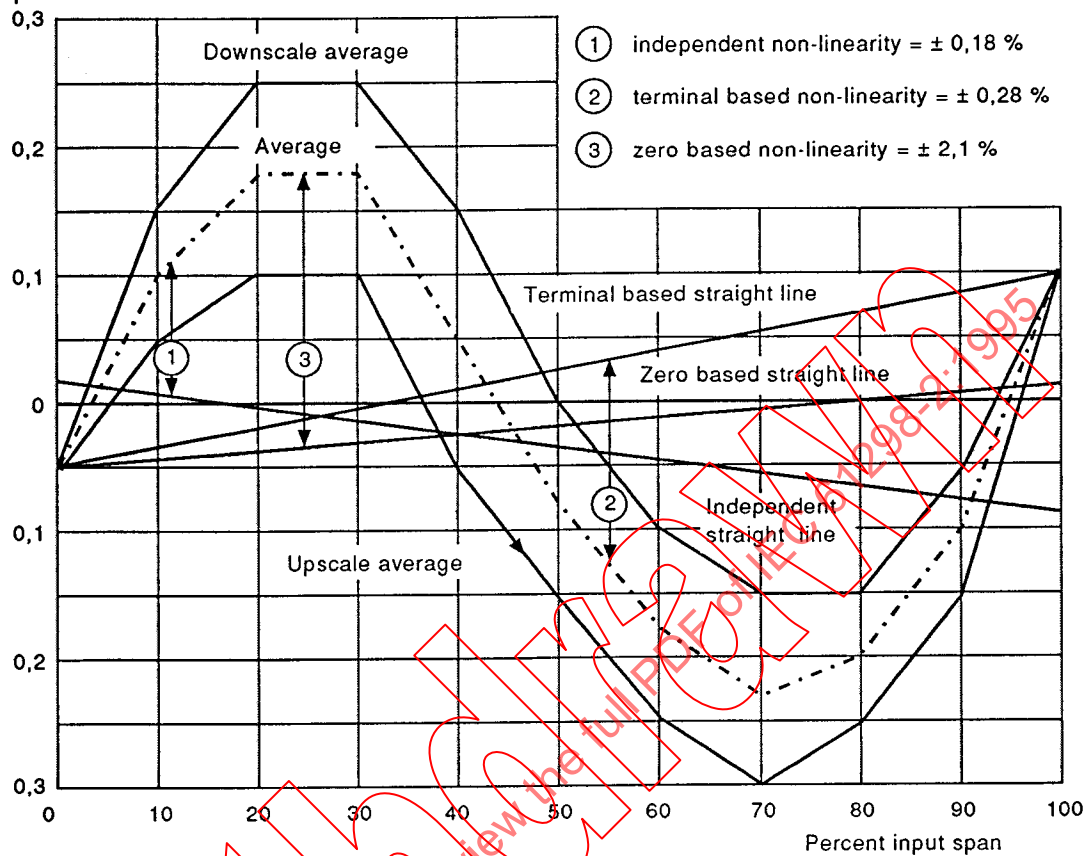


Figure 1 - Error curves

4.1.7.4 non-conformity: The term non-conformity (terminal based non-conformity, independent non-conformity, and zero based non-conformity) should be used for devices which have a non-linear input-output relationship (e.g., logarithmic, square root, etc.).

The non-conformity is determined and presented using the same procedures as for non-linearity.

4.1.7.5 hysteresis: Hysteresis is determined directly from the deviation values shown in table 3, and it is the difference between consecutive upscale and downscale outputs for any single test cycle at the same test point.

The maximum value observed from all the test cycles is reported, and shall be expressed as percent of the ideal output span. If required, hysteresis error may be determined by subtracting the value of dead band from the corresponding value of hysteresis for a given measured point; its maximum value may be reported in percent of the ideal output span.

NOTE - Dead band may be determined by a conventional dead band test as described in 4.2.2.

4.1.7.6 non-répétabilité: La non-répétabilité est la différence algébrique entre les valeurs extrêmes obtenues en effectuant un certain nombre de mesures consécutives de la valeur de sortie pendant une courte période, pour la même valeur d'entrée, dans les mêmes conditions de fonctionnement, en allant dans le même sens, pour des balayages de toute l'étendue.

La non-répétabilité s'exprime généralement en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal et ne comprend pas l'hystérésis.

La non-répétabilité est déterminée directement à partir du tableau 3. On observera la différence maximale, en pour-cent de l'intervalle de sortie idéal, entre toutes les valeurs de sortie pour une seule valeur d'entrée, en considérant séparément les courbes de mesure ascendantes et descendantes. La valeur maximale obtenue à partir des valeurs ascendantes ou des valeurs descendantes est la non-répétabilité.

4.1.8 *Présentation des résultats*

Les résultats des mesures effectuées pendant les essais doivent être présentés dans le rapport d'essai en y incluant les chiffres correspondant au tableau 3 et à la figure 1. Ces chiffres doivent figurer dans le rapport d'essai.

Les valeurs de l'imprécision, de l'erreur mesurée, de la non-conformité, de l'hystérésis et de la non-répétabilité doivent être déterminées conformément à 4.1.7 et présentées sous forme de tableau dans le rapport d'essai.

Les valeurs correspondantes des facteurs liés à la précision spécifiés par le fabricant doivent être présentées sous forme de tableau en regard des valeurs déterminées à partir des essais.

On notera que les termes liés à la précision peuvent être indiqués par le fabricant sous différentes formes:

- imprécision (comprenant l'hystérésis et la non-répétabilité) et hystérésis; ou
- erreur mesurée (comprenant l'hystérésis) et hystérésis; ou
- non-linéarité/non-conformité (ne comprenant pas l'hystérésis) hystérésis et zone d'insensibilité.

4.2 *Procédure d'essai spécifique et précautions à prendre pour déterminer la zone d'insensibilité*

4.2.1 *Choix des étendues pour l'essai et le préconditionnement*

On mesure la zone d'insensibilité en utilisant les mêmes étendues et le même préconditionnement que pour la détermination des facteurs liés à la précision comme indiqué en 4.1.1 (tableau 1) et 4.1.2.

4.2.2 *Procédure de mesure*

A moins que la zone d'insensibilité soit faible, on doit la mesurer de la façon suivante. On doit mesurer la zone d'insensibilité trois fois à chacun des trois points d'essai suivants: 10 %, 50 % et 90 % de l'intervalle, en procédant de la façon suivante:

- a) augmenter lentement la grandeur d'entrée sur le DE jusqu'à ce qu'on observe un changement perceptible de la valeur de sortie;

4.1.7.6 non-repeatability: The non-repeatability is the algebraic difference between the extreme values obtained by a number of consecutive measurements of the output over a short period of time, for the same value of the input, under the same operating conditions, approaching from the same direction, for full range traverses.

Non-repeatability is usually expressed in percentage of ideal output span, and does not include hysteresis.

Non-repeatability is determined directly from table 3. Observe the maximum difference in percent of the ideal output span, between all values of output for any single input value, considering upscale and downscale curves separately. The maximum value from either upscale or downscale value is reported as non-repeatability.

4.1.8 *Presentation of the results*

The results of measurements made during the tests shall be presented in the report by including figures corresponding to table 3 and figure 1. These figures shall be included in the test report.

The values of inaccuracy, or measured error, or non-conformity, hysteresis, and non-repeatability shall be determined in accordance with 4.1.7, and tabulated in the test report.

The corresponding values of the accuracy related factors specified by the manufacturer shall be tabulated alongside the values determined from the tests.

Note that the accuracy related terms may be stated by the manufacturer either as:

- the inaccuracy (which includes hysteresis and non-repeatability) and the hysteresis; or
- the measured error (which includes hysteresis) and the hysteresis; or
- the non-linearity/non-conformity (which does not include hysteresis), the hysteresis and the dead band.

4.2 *Specific testing procedures and precautions for the determination of dead band*

4.2.1 *Selection of ranges for test and preconditioning*

Dead band is measured by using the same ranges and preconditioning as for the determination of accuracy related factors in 4.1.1 (table 1) and 4.1.2.

4.2.2 *Measurement procedure*

Unless the dead band is known to be insignificant, it shall be measured as follows. Dead band shall be measured three times at each of three test points at 10 %, 50 % and 90 % of span, by proceeding as follows:

- a) slowly increase the input variable to the DUT until a detectable output change is observed;

- b) noter la valeur de l'entrée;
- c) réduire lentement la valeur de l'entrée jusqu'à observer un changement perceptible de la valeur de sortie;
- d) noter la valeur de l'entrée.

On doit observer et noter les valeurs de sortie au moins trois fois, et de préférence cinq fois, pour un balayage de toute l'étendue dans chaque sens. La valeur de l'incrément de variation du signal d'entrée (différence entre les points b) et d) ci-dessus) est la zone d'insensibilité en ce point.

4.2.3 *Présentation des résultats*

On doit présenter dans le rapport d'essai sous forme de tableau la valeur maximale de la zone d'insensibilité en chaque point d'essai, en pour-cent de l'intervalle d'entrée idéal.

La valeur totale maximale doit être indiquée comme la zone d'insensibilité du DE.

Si la valeur de la zone d'insensibilité est spécifiée par le fabricant, cette valeur doit être indiquée à côté de la valeur déterminée par l'essai.

5 **Comportement dynamique**

5.1 *Généralités*

Cette partie de la norme a pour objet de fournir les données qui caractérisent le comportement dynamique des DE, et ce d'une manière uniforme et comparable.

Pour les besoins de la présente norme, on peut utiliser, à la demande, des signaux d'entrée sinusoïdaux et des signaux en échelon pour effectuer les essais de réponse dynamique.

Les signaux d'essai sinusoïdaux sont généralement plus utiles pour les analyses mathématiques, pour la solution graphique des problèmes de commande et pour la caractérisation des performances dynamiques des systèmes linéaires.

Les signaux d'essai en échelon permettent de mesurer la zone d'insensibilité et donnent une évaluation qualitative de la non-linéarité du DE.

Pour arriver à un nombre réalisable d'essais, conformément à 5.2 de la CEI 1298-1, on adoptera pour la majorité des matériels une seule valeur de charge de sortie et un nombre minimal de configurations du signal d'entrée.

Il est évident que les données obtenues à partir des essais spécifiés à la fois avec des signaux en échelon et des signaux sinusoïdaux ne suffira pas pour décrire complètement la non-linéarité du DE. Toutefois cette norme est destinée à fournir des données comparables pour identifier le comportement dynamique de dispositifs simples et pour donner des indications qualitatives sur les dispositifs plus complexes. Dans des cas spéciaux, des essais plus détaillés peuvent être spécifiés dans le programme d'essais.

NOTE – Les charges de sortie spécifiées et les niveaux de signaux d'entrée sont suffisants pour obtenir des données valables pour la plupart des conditions d'essai habituelles et des indications qualitatives concernant l'effet de signaux inhabituels, importants et variables.

- b) note the input value;
- c) slowly decrease the input until a detectable output change is observed;
- d) note the input value.

It shall be necessary to observe and record the output values at least three times, and preferably five times, over full range traverses in each direction. The increment through which the input signal is varied (difference between b) and d) above) is the dead band at this point.

4.2.3 *Presentation of the results*

The maximum value of dead band at each test point, shall be tabulated, in percent of ideal input span, in the test report.

The maximum overall value shall be reported as the dead band of the DUT.

If the dead band value is specified by the manufacturer, this value shall be reported beside the value determined in the test.

5 **Dynamic behaviour**

5.1 *General considerations*

The objective of this part of the standard is to give data that will characterize dynamic performance of the DUTs in a uniform, comparable manner.

For the purposes of this standard, sine wave and step input signals may be used for dynamic response tests, as required.

Sine wave test data are most generally useful for mathematical analysis, for graphical solution of control problems, and for characterization of dynamic performance of linear systems.

Step tests permit the measurement of the dead time, and give a qualitative evaluation of the non-linearity of the DUT.

In order to arrive at a practical number of tests, in accordance with 5.2 of IEC 1298-1, for the majority of equipment, only one value of output load and a minimum number of input signal configurations need be adopted.

It is realized that the data from the specified step and sine wave tests will not suffice to describe completely non-linearities of the DUT. However, this standard is intended to give comparable data useful to identify the dynamic behaviour of simple devices, and to give qualitative indications for the more complex ones. In special cases, more detailed testing may be specified in the test programme.

NOTE – The specified output loads and the levels of input signals are sufficient to give valid data for the most usual test requirements, and qualitative indications on the effect of unusual large, changing signals.

5.2 Procédure générale d'essai et précautions

On doit effectuer les essais en réglant l'intervalle à la moyenne approximative de l'intervalle maximal et minimal, la valeur inférieure de l'étendue étant réglée approximativement au point milieu de la gamme de réglage admissible.

Si des fonctions réglables (par exemple filtres, amortisseurs) sont prévues pour modifier le comportement dynamique du DE, les essais seront effectués en réglant ces commandes de façon à produire d'abord leur effet minimal puis, si besoin est, leur effet maximal.

Pour les essais destinés à évaluer le comportement dynamique des dispositifs à sortie électrique, on peut simuler une charge électrique de façon réaliste en branchant un condensateur $0,1 \mu\text{F}$ aux bornes de la charge résistive, à moins qu'une autre valeur ne soit spécifiée dans le programme d'essais.

5.3 Réponse harmonique

Un signal sinusoïdal doit être appliqué à l'entrée du DE au moyen d'un générateur de fonctions.

Il est recommandé que l'amplitude crête à crête du signal sinusoïdal ne dépasse pas 20 % de l'intervalle, mais qu'elle soit suffisante pour permettre d'effectuer une mesure valable sans produire de distorsion ou de saturation de la sortie.

On doit augmenter la fréquence du signal d'entrée par incréments à partir d'une valeur initiale suffisamment basse pour déterminer le gain statique jusqu'à une fréquence supérieure à laquelle la sortie est affaiblie à moins de 10 % de son amplitude initiale ou à laquelle le déphasage atteint 300° .

On doit enregistrer simultanément au moins un cycle complet de l'entrée et de la sortie, pour chaque fréquence.

Les résultats de ces essais doivent être présentés sous forme graphique de la façon suivante (voir figure 2):

- le gain par rapport au gain à fréquence zéro doit être porté en fonction de la fréquence sur une échelle logarithmique;
- le déphasage entre l'entrée et la sortie doit être porté en fonction de la fréquence sur une échelle logarithmique.

Les graphiques permettent d'obtenir les données suivantes:

- a) fréquence à laquelle le gain relatif est de 0,7;
- b) fréquence à laquelle le déphasage est de 45° ;
- c) fréquence à laquelle le déphasage est de 90° ;
- d) gain maximal relatif, et fréquence et angle de déphasage correspondants.

NOTE – Les valeurs recommandées ci-dessus pour les étendues de fréquence et les échelons ne sont pas valables pour les régulateurs (voir la CEI 546-1).

5.2 General testing procedures and precautions

Testing shall be carried out with the span adjusted to the approximate mean of the maximum and minimum span, and with the lower range value set approximately at the mid-point of its permissible range of adjustment.

If there are adjustable functions (e.g., filters, dampers) provided to modify the dynamic behaviour of the DUT, tests shall be carried out with these adjustments set to have first their minimum and then, if required, their maximum effects.

For tests to assess the dynamic behaviour of devices with an electrical output, a realistic load on the electrical output may be simulated by the connection of a $0,1 \mu\text{F}$ capacitor across the resistive load, unless some other value is specified in the test programme.

5.3 Frequency response

A sinusoidal signal shall be applied by a function generator to the input of the DUT.

The peak-to-peak amplitude of the sinusoidal signal should not exceed 20 % of span, but shall be sufficient to allow a valid measurement without causing distortion or saturation of the output.

The frequency of the input signal shall be increased in increments, from an initial value low enough to determine the static gain, to a higher frequency at which the output is attenuated to less than 10 % of its initial amplitude, or at which the phase lag will be 300° .

At least one complete cycle of the input and output shall be recorded simultaneously at each frequency step.

The results of these tests shall be presented graphically in the following form (see figure 2):

- the gain relative to zero frequency gain shall be plotted against frequency on a logarithmic scale,
- the phase lag between the output and input shall be plotted against frequency on a logarithmic scale.

From the graphs, the following values shall be obtained:

- a) the frequency at which the relative gain is 0,7;
- b) the frequency at which the phase lag is 45° ;
- c) the frequency at which the phase lag is 90° ;
- d) the maximum relative gain, and the corresponding frequency and phase angle.

NOTE – The above recommended ranges of frequency and steps are not valid for controllers (see IEC 546-1).

5.4 Réponse indicielle

On doit appliquer à l'entrée du DE une série de variations en échelon. Le temps de montée de l'entrée indicielle doit être faible par rapport au temps de réponse du DE.

L'échelon d'entrée et la réponse de sortie doivent être enregistrés simultanément.

On doit appliquer les échelons d'entrée suivants:

- un échelon correspondant à 80 % de l'intervalle de sortie, provoquant une variation de la grandeur de sortie de 10 % à 90 %, puis une autre de 90 % à 10 %.
- des échelons correspondant à 10 % de l'étendue de sortie, provoquant des variations de la grandeur de sortie en montant et en descendant comme suit:

5 % à 15 %; 45 % à 55 % et 85 % à 95 %.

On doit mesurer le temps nécessaire à la grandeur de sortie pour atteindre sa valeur finale en régime permanent à 1 % de l'intervalle de sortie près (durée d'établissement) pour chaque condition d'essai. On indiquera s'il y a lieu la valeur du temps mort et du taux de dépassement (voir figure 3).

NOTE – Il peut également être utile de mesurer le temps de réponse indicielle ou la constante de temps.

6 Caractéristique fonctionnelle

6.1 Généralités

Seuls quelques-uns des essais suivants nécessitent la mise sous tension du DE. Ces essais doivent être effectués avec l'intervalle de gain réglé sensiblement à la valeur moyenne de l'intervalle maximal et minimal, la valeur inférieure de l'étendue étant réglée approximativement au point milieu de sa plage de réglage admissible. D'autres réglages particuliers doivent être définis pour chaque essai.

6.2 Résistance d'entrée des dispositifs électriques

Cet essai applicable aux dispositifs à entrée en tension ou en courant consiste à déterminer la résistance effective présentée aux signaux d'entrée continus aux bornes d'entrée du dispositif.

L'essai est effectué à 100 % du niveau d'entrée au moyen du montage d'essai représenté à la figure 4.

5.4 *Step response*

A series of step changes shall be applied to the input of the DUT. The rise time of the step input shall be small compared with response time of the DUT.

Input step and output response shall be recorded together.

The following input steps shall be applied:

- a step corresponding to 80 % of output span, giving an output change from 10 % to 90 %, then another from 90 % to 10 %;
- steps, corresponding to 10 % output span, giving output changes up and down as follows:

5 % to 15 %; 45 % to 55 %; and 85 % to 95 %.

The time for the output to reach and remain within 1 % of output span of its final steady value (settling time) shall be measured for each test condition. The amount of dead time and transient overshoot, if any, shall be stated (see figure 3).

NOTE – Measurement of step response time, or time constant, may also be useful.

6 **Functional characteristic**

6.1 *General*

Only some of these tests require that the DUT is powered. These tests shall be carried out with the gain span adjusted to the approximate mean of the maximum and minimum span, and with the lower range value set approximately at the mid-point of its permissible range of adjustment. Further particular settings shall be defined for each test.

6.2 *Input resistance of an electrical device*

This test, applicable to voltage or current input devices, is to determine the effective resistance presented to d.c. input signals at the input terminals of the device.

The test is performed at 100 % input level, using the test setup shown in figure 4.

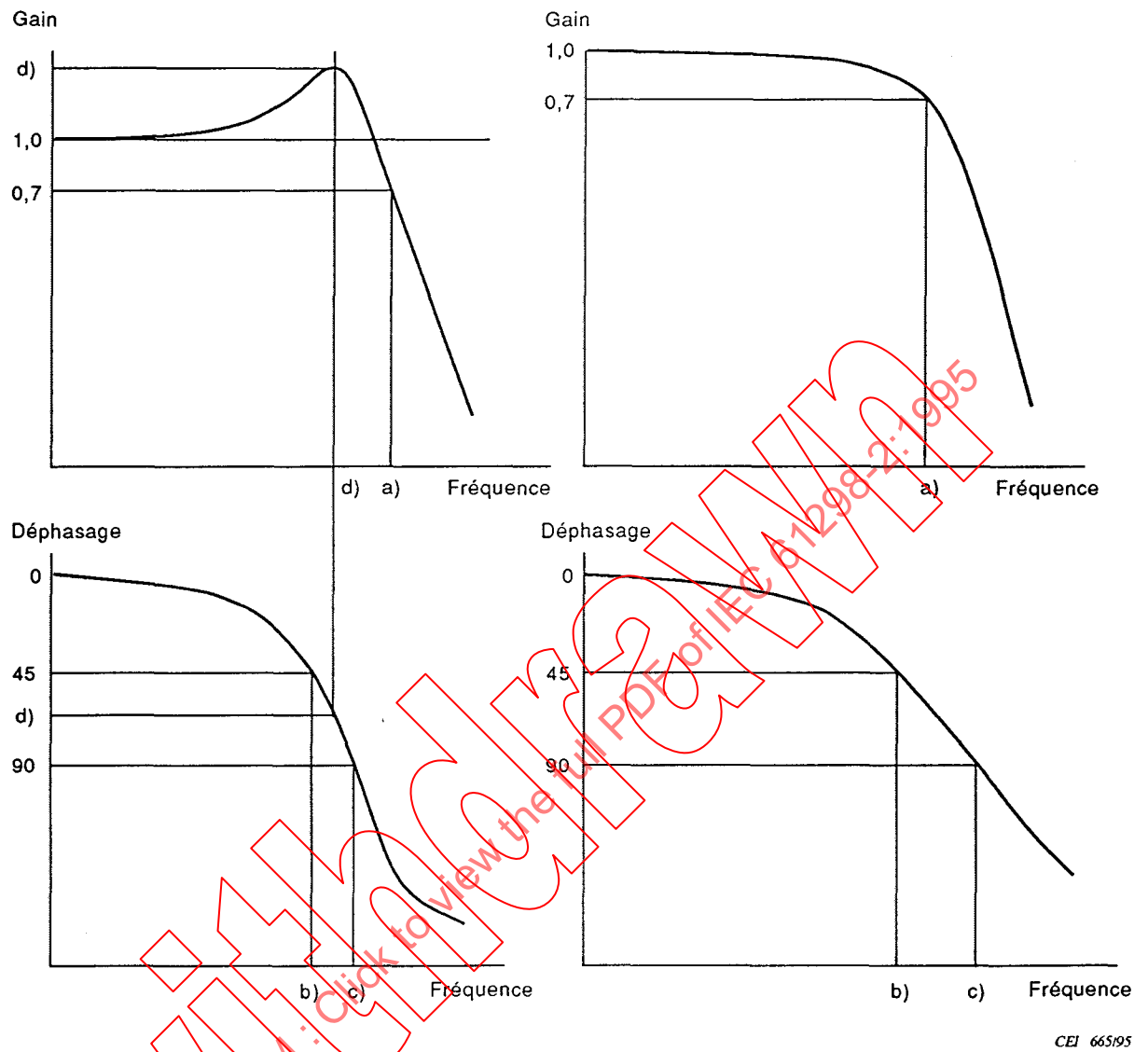
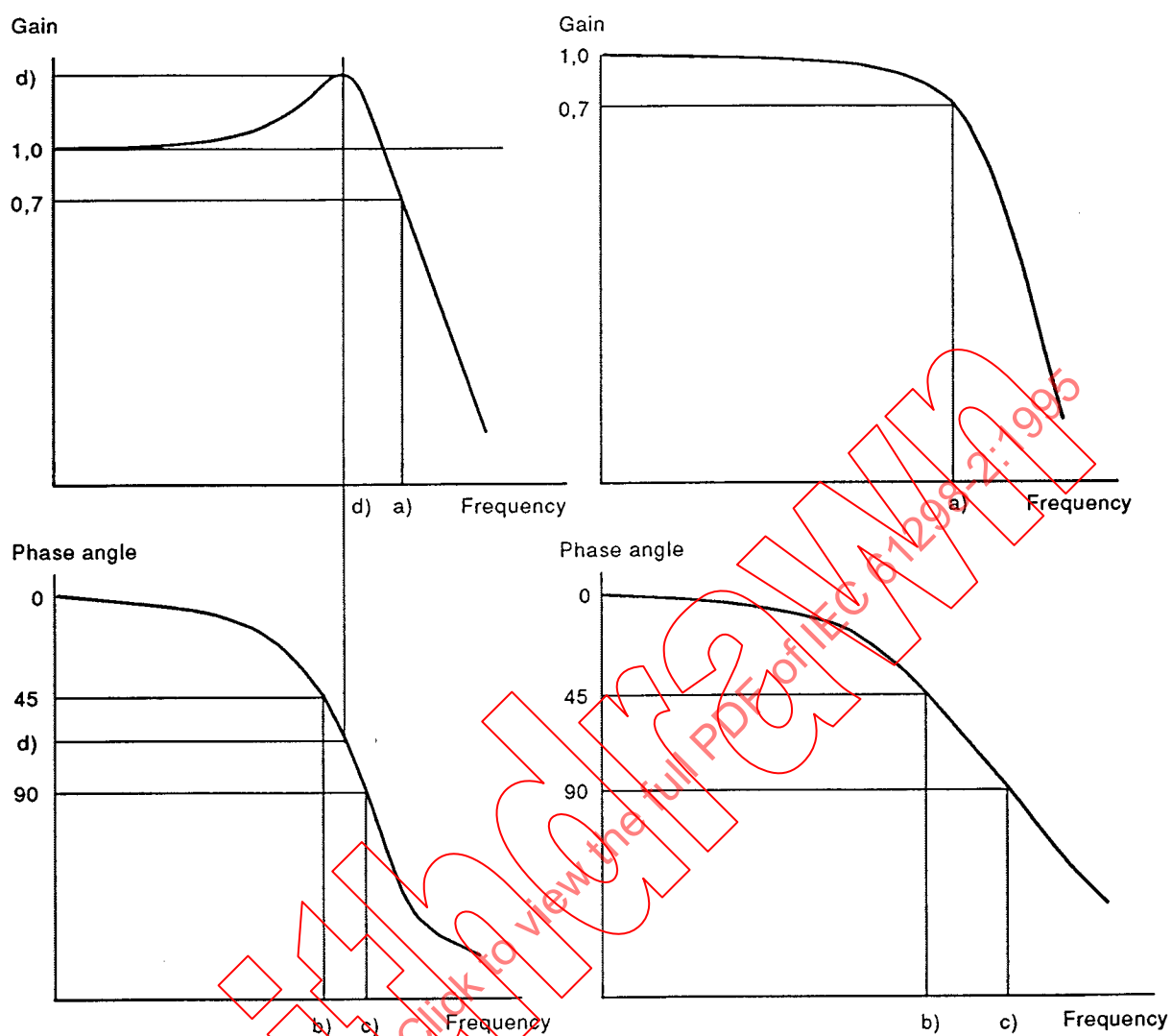
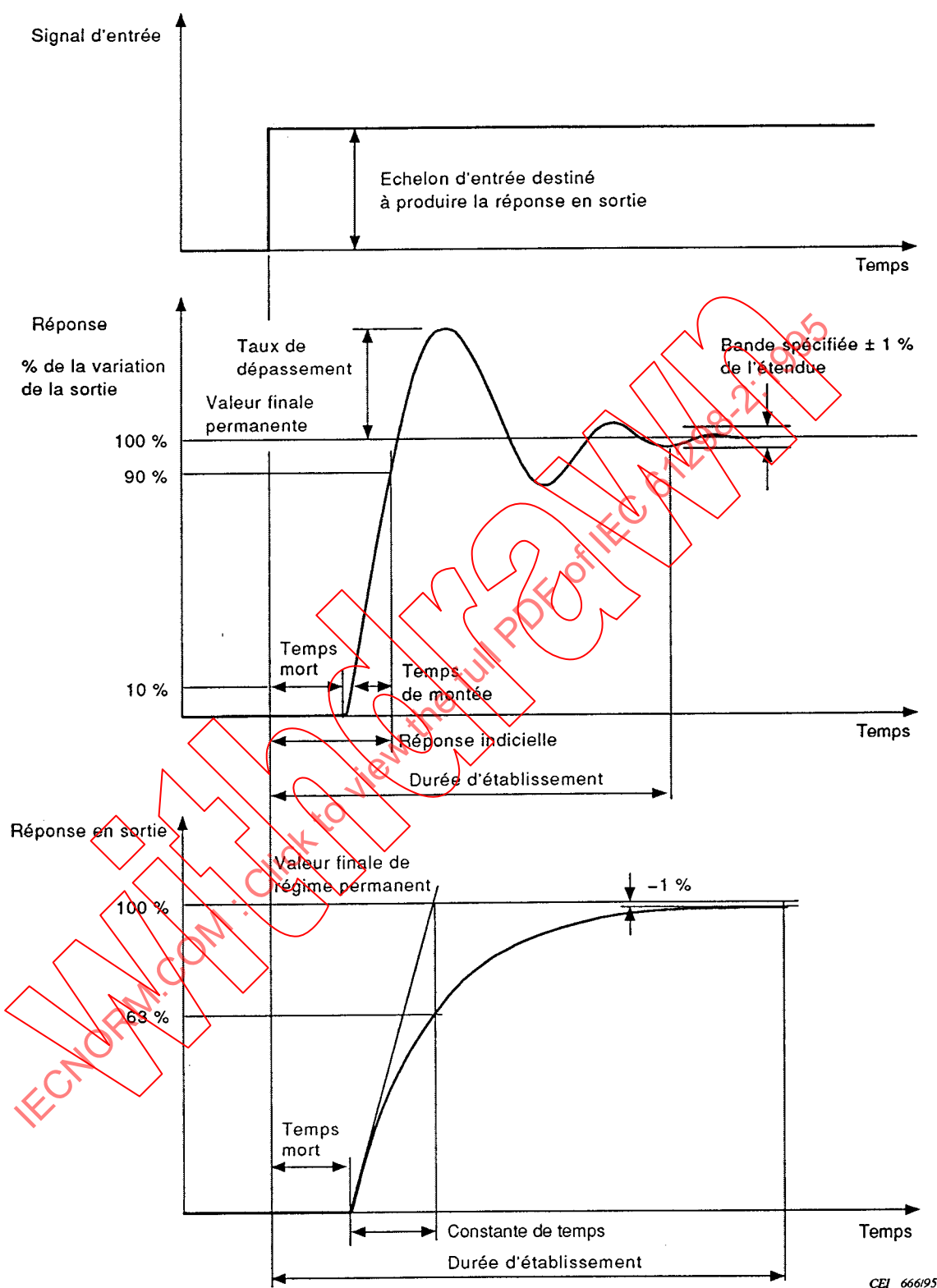


Figure 2 – Deux exemples de réponse harmonique



IEC 665/95

Figure 2 – Two examples of frequency response



CEI 666/95

Figure 3 – Deux exemples de réponse à une entrée variable par échelon

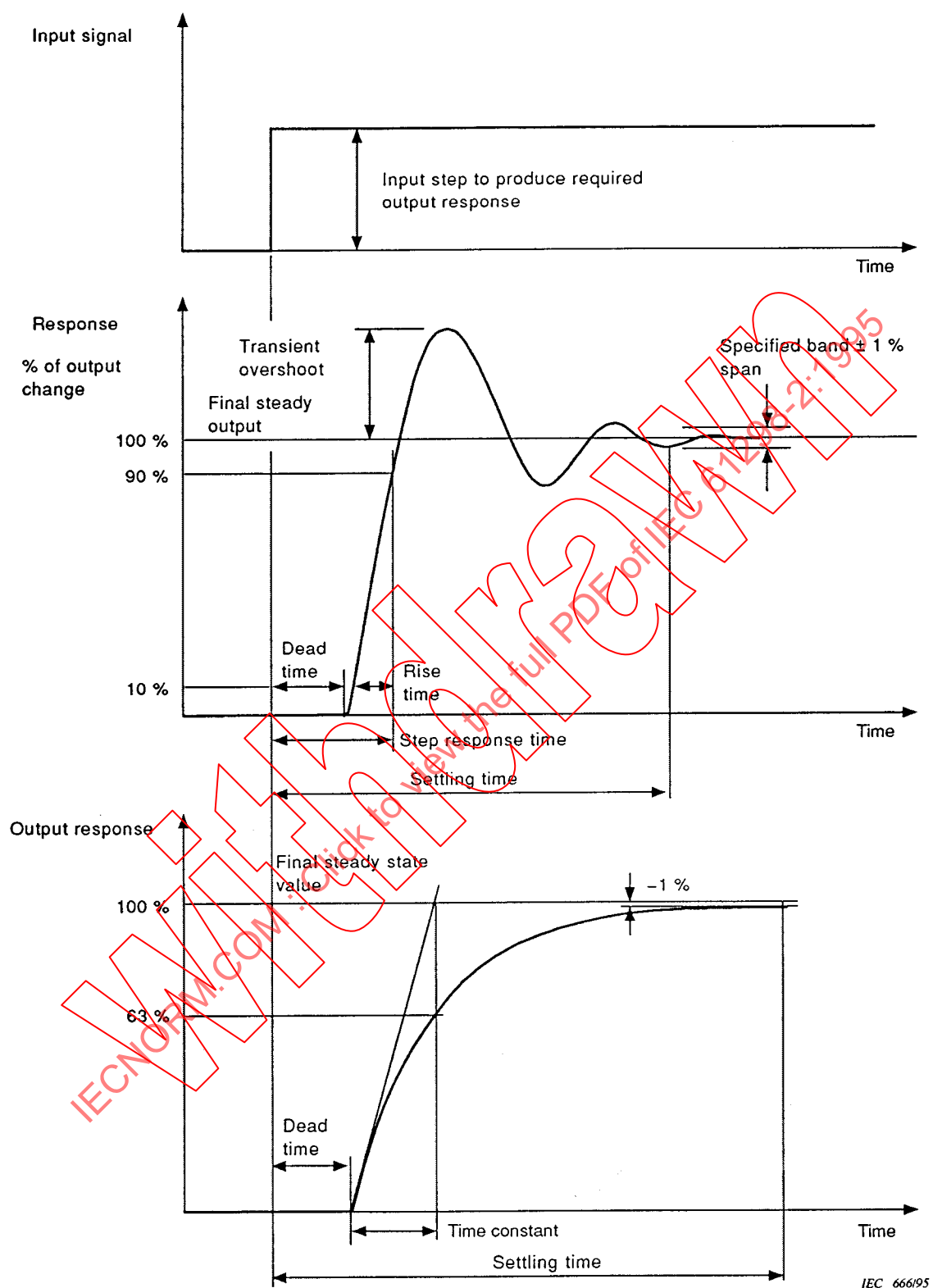
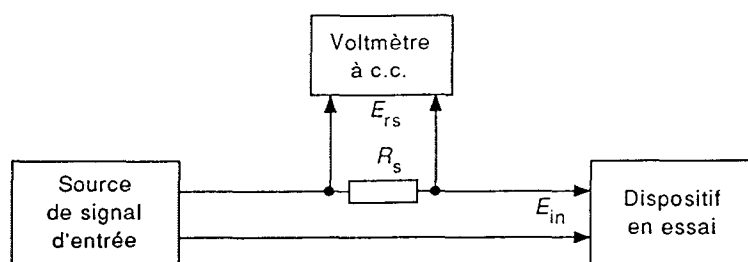


Figure 3 – Two examples of responses to a step input



CEI 667195

Figure 4 – Montage d'essai pour la mesure de la résistance d'entrée

L'essai est effectué au moyen d'une résistance montée en série avec le circuit d'entrée du dispositif. On mesure la chute de tension aux bornes de cette résistance en série, puis la valeur réelle de sa résistance et on calcule la résistance d'entrée au moyen de la formule suivante:

$$R_{in} = E_{in} (R_s / E_{rs})$$

où

R_{in} est la résistance d'entrée en ohms;

R_s est la résistance en série en ohms;

E_{in} est le signal d'entrée en tension du DE en volts;

E_{rs} est la chute de tension aux bornes de la résistance série, en volts.

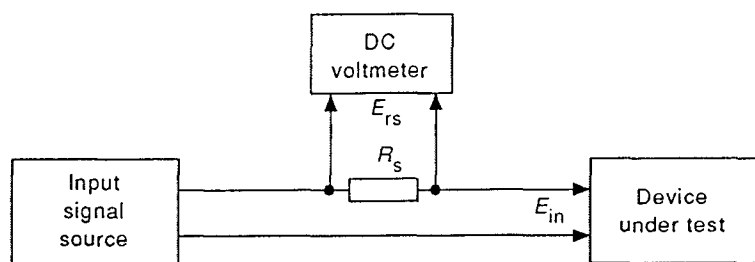
6.3 Isolement des dispositifs électriques

6.3.1 Généralités

Les essais suivants sont de simples vérifications de sécurité électrique. Les essais ainsi introduits ne doivent pas être considérés comme une évaluation formelle de la sécurité du matériel et les résultats prescrits pour ces essais ne constituent pas non plus une spécification de conception. Pour une prise en considération complète des aspects concernant la sécurité dans la conception des matériels, on se référera à la CEI 1010-1. Ces essais permettent de déterminer le degré d'isolement des circuits par rapport à l'enveloppe du dispositif et sa sécurité intrinsèque lorsqu'il est soumis à des tensions relativement élevées entre les circuits et l'enveloppe.

L'isolation du dispositif doit assurer une rigidité diélectrique suffisante pour empêcher le claquage et une résistance diélectrique suffisante pour éviter des courants de fuite excessifs ou un claquage thermique.

Avant d'exécuter les essais de type sur l'isolement, il faut stocker le dispositif pendant 4 h dans une chambre sèche à une température de 32 °C à 38 °C (42 °C à 48 °C pour un dispositif tropicalisé puis de la maintenir pendant 24 h à la même température mais avec une humidité relative de 90 % à 95 %, cette humidité étant maintenue durant les essais suivants. Les essais doivent être exécutés dans ces conditions d'humidité relative élevée.



IEC 667195

Figure 4 – Test set-up for input resistance

The test is carried out using a resistance which is placed in series with the input circuit of the device. Measurements of the voltage drop across this series resistance shall be made, the actual value of its resistance shall then be measured, and the input resistance calculated from the formula:

$$R_{in} = E_{in} (R_s / E_{rs})$$

where

R_{in} is the input resistance in ohms;

R_s is the series resistance in ohms;

E_{in} is the voltage input signal of the DUT in volts;

E_{rs} is the voltage drop across the series resistance in volts.

6.3 Insulation of electrical devices

6.3.1 General considerations

These tests are simple electrical safety checks. Their inclusion is not intended as a formal assessment of the safety of the equipment, nor are the required test results intended as a design specification. For a full consideration of the safety aspects of the design of equipment, reference should be made to IEC 1010-1. The tests determine the degree of insulation of the circuits from the enclosure of the device, and its inherent safety when subjected to relatively high voltages between circuits and enclosure.

The insulation of the device shall be adequate to give a sufficient dielectric strength to prevent breakdown, and a sufficient dielectric resistance to prevent excessive leakage currents, or thermal breakdown.

Before type tests on insulation are performed, the device shall be stored for 4 h in a dry chamber with a temperature of 32 °C to 38 °C (for a tropicalized device, 42 °C to 48 °C) followed by a 24 h storage at the same temperature, but with a relative humidity of 90 % to 95 %; this humidity should be maintained during the subsequent tests. Tests shall be performed under these conditions of high relative humidity.

6.3.2 Résistance d'isolement

Le DE est installé pour un fonctionnement normal. La résistance d'isolement de chaque circuit d'entrée et de sortie doit être mesurée si le circuit est isolé de la masse. L'essai est effectué sur le DE hors tension en appliquant une tension d'essai continue entre successivement les bornes court-circuitées de l'entrée, de la sortie et de l'alimentation d'une part et l'enveloppe reliée à la masse d'autre part.

Pour éviter les surtensions, on doit augmenter la tension d'essai progressivement jusqu'à sa valeur maximale, et à la fin de la période d'essai, la diminuer progressivement. Sauf stipulation contraire, la tension d'essai continue nominale sera égale à 500 V.

La valeur de la résistance d'isolement mesurée au moins 30 s après l'application de la pleine tension d'essai doit être indiquée dans le rapport.

6.3.3 Rigidité diélectrique

La valeur efficace de la tension d'essai doit être déterminée par rapport à la valeur de la tension nominale (ou de la tension d'isolement) du DE et rapportée à la classe (I ou II) de sécurité spécifiée par le fabricant (voir tableau 4). La tension d'essai doit être appliquée, le DE étant hors tension et muni de son capot éventuel, entre successivement les bornes d'entrée, de sortie et d'alimentation d'une part, et la masse d'autre part. Pendant chaque essai, le boîtier et les bornes qui ne sont pas directement concernées doivent être reliés ensemble et mis à la masse.

La tension d'essai doit être une tension alternative sensiblement sinusoïdale avec une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz (fréquence du secteur).

Tableau 4 – Tensions d'essai pour l'essai de rigidité diélectrique

Classe de sécurité	Tension assignée ou tension d'isolement c.c. ou c.a. efficace V	Tension d'essai c.a. efficace kV
I	<60	0,50
	60-250	1,50
II	<60	0,75
	60-250	3,00

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à sa valeur spécifiée en évitant que des transitoires importants ne se produisent, puis maintenue à la valeur spécifiée pendant 1 min.

Aucun claquage ou contournement ne doit se produire pendant l'essai.

6.4 Consommation

6.4.1 Consommation électrique

Cet essai doit être effectué dans les conditions d'entrée et de charge pour lesquelles la consommation du DE est maximale.

6.3.2 *Insulation resistance*

The DUT shall be set up for normal operation. The insulation resistance of each input and output circuit shall be measured if it is insulated from earth. The test shall be carried out on the unpowered DUT by applying the d.c. test voltage between the short-circuited input, output, or power supply terminals in turn and the enclosure connected to ground.

To avoid voltage surge, the applied test voltage shall be raised to its full value gradually, and, upon completion of the test period, shall then be reduced gradually. Unless otherwise agreed, the nominal d.c. test voltage shall be 500 V.

After application of the full test voltage for at least 30 s, the value of insulation resistance shall be reported.

6.3.3 *Dielectric strength*

The r.m.s. value of test voltage shall be determined by reference to the value of the rated voltage (or insulation voltage) of the DUT and safety class (I to II) specified by the manufacturer (see table 4). With the DUT unpowered, and the case (if any) fitted, the test voltage shall be applied, between the input, output, and power supply terminals in turn and earth. During every test, the case and terminals not directly involved shall be connected together and earthed.

The test voltage shall be a substantially sinusoidal alternating voltage with a frequency between 45 Hz and 65 Hz (mains frequency).

Table 4 – Dielectric strength test voltages

Safety class	Rated voltage or isolation voltage d.c. or a.c. r.m.s. V	Test voltage a.c. r.m.s. kV
I	<60	0,50
	60-250	1,50
II	<60	0,75
	60-250	3,00

The test voltage shall be raised gradually to its specified value, and by using such steps that no appreciable transients occur, and shall then be maintained at the specified level for 1 min.

During the test, no breakdown or flashover shall occur.

6.4 *Power consumption*

6.4.1 *Electrical power consumption*

This test shall be conducted at the input and load conditions which produce the maximum power consumption of the DUT.

Si l'alimentation est faite en courant alternatif, on doit mesurer la consommation en volt-ampères en tenant compte des mesures de valeurs efficaces. La mesure doit être effectuée à la tension et à la fréquence nominales et à la tension maximale et à la fréquence minimale spécifiées par le fabricant pour l'alimentation.

Si l'alimentation est faite en courant continu, la consommation en watts doit être mesurée à la tension d'alimentation nominale.

6.4.2 Consommation d'air

Cet essai est effectué en mesurant la consommation d'air du DE dans des conditions d'entrée en régime permanent, la sortie étant reliée à un volume étanche pour qu'il n'y ait pas d'écoulement d'air à la sortie.

On doit mesurer et enregistrer la consommation d'air pour la valeur d'entrée qui entraîne la consommation maximale, à la pression d'alimentation nominale.

La consommation doit être indiquée dans le rapport en m³/h (dans les conditions de référence; voir 6.1 de la CEI 1298-1).

6.5 Ondulation de sortie d'un dispositif à sortie électrique en courant continu

Les valeurs crête à crête maximales et la composante à la fréquence principale de toute ondulation de la sortie doit être mesurée et notée avec des signaux d'entrée de 10 % et de 90 %, à charge minimale et maximale.

6.6 Caractéristiques de débit d'air d'un dispositif pneumatique

6.6.1 Mise en place initiale

La caractéristique de débit est la relation entre le débit d'air fourni/évacué en sortie et la variation de l'entrée (voir figure 6).

NOTE – Il suffit généralement de mesurer la caractéristique de débit pour une seule valeur d'intervalle (un changement de gain n'affectant que l'échelle d'entrée et non la forme de la caractéristique de débit ou les valeurs maximales de débit) et pour une seule valeur recommandée de la pression d'entrée. Si cela est requis, on mesure aussi les valeurs de débit fourni/évacué aux pressions d'alimentation maximale et minimale spécifiées.

Il est recommandé de prévoir des moyens pour fournir et mesurer l'air entrant ou sortant de la canalisation de sortie, comme le montre la figure 5.

Il convient de veiller à ce que la disposition de la tuyauterie n'ait pas de répercussion sur les résultats, et notamment d'éviter les tuyaux de grandes longueurs et de petit diamètre. La capacité de débit du régulateur utilisé pour l'essai doit être supérieure au débit maximal fourni par le DE tel que spécifié par le fabricant.

If the power is a.c., the voltamperes consumed shall be measured, taking into account measurements of effective (r.m.s.) values. The measurement shall be made at the nominal voltage and frequency, and at the maximum voltage and minimum frequency specified by the manufacturer for the supply.

If the power is d.c., the watts consumed shall be measured at nominal supply voltage.

6.4.2 *Air consumption*

This test is made by measuring the air consumption of the DUT at steady-state input conditions, with the output connected to a sealed container to ensure no air flow from the output.

The air consumption shall be measured, and recorded at the input level which produces the maximum consumption, at nominal supply pressure.

The consumption shall be recorded in m³/h (at reference conditions; see 6.1 of IEC 1298-1).

6.5 *Output ripple of a device with an electrical d.c. output*

The maximum peak-to-peak values, and the principal frequency component of any ripple content of the output shall be measured and recorded with 10 % and 90 % input signals at both minimum and maximum load.

6.6 *Air flow characteristics of a pneumatic device*

6.6.1 *Initial setting up*

The airflow characteristic is the relationship between the delivered/exhausted output airflow and the deviation of input (see figure 6).

NOTE – Generally, it is sufficient to measure the airflow characteristic at only one value of span (since a change of gain effects only the input scale and not the shape of the characteristic or the maximum airflow values), and at only one recommended value of supply pressure. If required, the maximum delivered/exhausted airflow values should also be measured at maximum and minimum specified supply pressures.

Means to feed and measure air into or out of the output line should be installed, as shown in figure 5.

Ensure the piping arrangement does not affect the results. In particular, avoid long lengths and narrow bore of pipes, and ensure the flow capacity of the supply pressure regulator used in the test is larger than the maximum delivered flow of the DUT specified by the manufacturer.