

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60527

Première édition
First edition
1975-01

**Amplificateurs pour courant continu;
caractéristiques et méthodes d'essais**

**Direct current amplifiers;
characteristics and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60527: 1975

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

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 60000 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**

60527

Première édition
First edition
1975-01

**Amplificateurs pour courant continu;
caractéristiques et méthodes d'essais**

**Direct current amplifiers;
characteristics and test methods**

© IEC 1975 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Principes de base	8
4. Terminologie	8
4.1 Appareils	10
4.2 Caractéristiques générales	12
4.3 Erreurs	12
4.4 Qualités de fonctionnement	14
4.5 Caractéristiques dynamiques	16
4.6 Conditions d'essais et d'utilisation	16
5. Conditions de référence et conditions nominales de fonctionnement	18
6. Réglages préalables	18

SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

7. Principes généraux des méthodes proposées	20
8. Etendue de mesure	22
9. Constantes théoriques	22
9.1 Lecture de l'appareil indicateur	22
9.2 Mesure en sortie directe	24
10. Impédances d'entrée et de charge	24
10.1 Résistance d'isolement	24
10.2 Résistance d'entrée	26
10.3 Capacité d'entrée	26
10.4 Impédance de charge	26
10.5 Capacité de charge	26
10.6 Résistance de sortie	28
11. Expression des erreurs	28
11.1 Lecture de l'appareil indicateur	28
11.2 Mesure en sortie directe	28
11.3 Présentation des résultats	30
12. Interprétation des résultats	30
12.1 Amplificateurs linéaires	30
12.2 Amplificateurs logarithmiques	32
12.3 Amplificateurs linéaires ou logarithmiques — Mesure en sortie directe — Erreurs statique et dynamique	32
13. Erreur de justesse	32
14. Erreur de répétabilité	34
15. Incertitude	34
16. Erreurs de linéarité	34
16.1 Erreur de linéarité intégrale	34
16.2 Erreur de linéarité différentielle	38
16.3 Saturation	38
16.4 Concordance entre calibres (appareils multicalibres)	38
17. Caractéristiques de transfert	38
17.1 Gain	38
17.2 Facteur de conversion	40
18. Temps de réponse, temps d'établissement et temps de récupération	42
18.1 Cas général et temps relativement brefs	44
18.2 Temps relativement longs	44
18.3 Utilisation d'une source radioactive	46
18.4 Influence des capacités à l'entrée de l'appareil	48
18.5 Influence des capacités à la sortie de l'appareil	48
18.6 Bande passante à 3 dB	48
18.7 Vitesse de balayage	48
18.8 Temps de récupération	50
19. Erreur de stabilité	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope	9
2. Object	9
3. Basic principles	9
4. Terminology	9
4.1 Apparatus	11
4.2 General characteristics	13
4.3 Errors	13
4.4 Performance qualities	15
4.5 Dynamic characteristics	17
4.6 Test and use conditions	17
5. Reference conditions and rated operating conditions	19
6. Preliminary settings	19

SECTION TWO — CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

7. General principles of the proposed methods	21
8. Effective range	23
9. Theoretical constants	23
9.1 Indicating-instrument reading	23
9.2 Direct output measurement	25
10. Input and load impedance	25
10.1 Insulation resistance	25
10.2 Input resistance	27
10.3 Input capacitance	27
10.4 Load impedance	27
10.5 Load capacitance	27
10.6 Output resistance	29
11. Description of errors	29
11.1 Indicating-instrument reading	29
11.2 Direct output measurement	29
11.3 Presentation of results	31
12. Interpretation of results	31
12.1 Linear amplifiers	31
12.2 Logarithmic amplifiers	33
12.3 Linear or logarithmic amplifiers—Direct output measurement—Static and dynamic errors	33
13. Total systematic error	33
14. Repeatability error	35
15. Uncertainty	35
16. Linearity errors	35
16.1 Integral linearity error	35
16.2 Differential linearity error	39
16.3 Saturation	39
16.4 Agreement between ranges (multi-range instruments)	39
17. Transfer characteristics	39
17.1 Gain	39
17.2 Conversion factor	41
18. Response time, settling time and restoration time	43
18.1 General case and comparatively short times	45
18.2 Comparatively long times	45
18.3 Use of a radioactive source	47
18.4 Influence of input capacitance	49
18.5 Influence of output capacitance	49
18.6 3 dB bandwidth	49
18.7 Slew-rate	49
18.8 Restoration time	51
19. Stability error	51

	Pages
20. Fluctuations de l'indication de sortie	52
21. Variations en fonction de la tension d'alimentation	54
21.1 Alimentation directe par le réseau alternatif	54
21.2 Alimentation par une source de courant continue non stabilisée	56
21.3 Alimentation par une alimentation stabilisée	56
21.4 Tensions limites de fonctionnement.	56
22. Variations en fonction de la température	56
23. Variations en fonction de la charge	58
24. Sensibilité aux parasites	60
25. Production de parasites	62
26. Essais climatiques et mécaniques	62
27. Fiabilité	62
28. Essai qualitatif	64
29. Fonctions annexes	64
ANNEXE A — Exemples de courbes $\frac{\Delta I}{I} = f(\Delta U)$	66

	Page
20. Output indication fluctuations	53
21. Variations as a function of supply voltage	55
21.1 Direct supply from alternating mains	55
21.2 Non-stabilized d.c. source supply	57
21.3 Stabilized voltage supply	57
21.4 Limit operating voltages	57
22. Variations as a function of temperature	57
23. Variations as a function of load	59
24. Electromagnetic noise susceptibility	61
25. Electromagnetic noise production	63
26. Environmental testing procedures	63
27. Reliability	63
28. Qualitative test	65
29. Associated functions	65
APPENDIX A — Typical curves $\frac{\Delta I}{I} = f(\Delta U)$	66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**AMPLIFICATEURS POUR COURANT CONTINU;
CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS**

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le premier projet fut préparé en 1971 puis discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1972. A la suite de cette réunion, le projet, document 45(Bureau Central)87, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle de Six Mois en août 1974.

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

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques
Israël	Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DIRECT CURRENT AMPLIFIERS;
CHARACTERISTICS AND TEST METHODS**

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 publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

A first draft was prepared in 1971, then discussed during the meeting held in London in 1972. As a result of this meeting, the draft, Document 45(Central Office)87, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Poland
Denmark	South Africa (Republic of)
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United States of America
Netherlands	Yugoslavia

AMPLIFICATEURS POUR COURANT CONTINU; CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux amplificateurs pour courant continu utilisés dans le domaine de l'instrumentation nucléaire pour la mesure des courants faibles, de l'ordre de 10^{-6} A à 10^{-14} A par exemple, fournis par des sources à très haute impédance telles que les chambres d'ionisation.

2. Objet

- Fixer la terminologie des caractéristiques qui permettent l'expression des qualités de fonctionnement des amplificateurs pour courant continu.
- Fixer les méthodes d'essais recommandées pour la mesure et la vérification de ces caractéristiques.

La présente norme n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits ci-après. Elle implique seulement, si de tels essais sont effectués, qu'ils doivent être exécutés conformément aux méthodes indiquées.

On a estimé que le domaine d'application devait être le plus général possible, si bien que l'on ne trouvera dans la présente norme ni listes d'essais de qualification, de type, ou de réception, ni valeurs numériques recommandées pour les différentes caractéristiques. Des spécifications particulières devront la compléter sur ces points, en fonction des domaines d'application particuliers (instrumentation des réacteurs, radioprotection, laboratoire de mesure, etc.).

3. Principe de base

Cette norme devant permettre de comparer entre eux aussi bien deux amplificateurs pour courant continu du même type que deux amplificateurs de types différents, on a été amené à poser les principes de base développés ci-dessous.

3.1 L'amplificateur pour courant continu est considéré comme un amplificateur opérationnel caractérisé notamment par sa grandeur de sortie. Il peut actionner des équipements raccordés en aval.

3.2 En pratique, l'appareil est contenu soit dans un boîtier unique, soit dans deux boîtiers séparés réunis par un câble, le boîtier le plus proche du détecteur étant appelé généralement dans ce cas « préamplificateur ». Cette norme s'applique aux deux cas, l'entrée de l'appareil étant constituée, dans le deuxième cas, par l'entrée du « préamplificateur ».

3.3 Il est admis que l'appareil indicateur éventuel a été étalonné, par ailleurs, selon des méthodes décrites dans d'autres publications de la CEI, telles que la Publication 51 de la CEI: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.

4. Terminologie

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de la présente norme.

Leur provenance est indiquée comme suit:

OIML = Vocabulaire de Métrologie légale (mars 1969).

P 359 = Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.

DIRECT CURRENT AMPLIFIERS; CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to direct current amplifiers used in nuclear instrumentation to measure very light currents, ranging from about 10^{-6} A to 10^{-14} A, as produced for instance by very high impedance sources such as ionization chambers.

2. Object

- To define the characteristic terms used for expressing the functional performance of d.c. amplifiers.
- To define the test methods recommended for measuring and verifying such characteristics.

This standard is not intended to imply that all the tests described herein are mandatory, but only that such tests as are carried out shall be performed in accordance with the procedures given herein.

It was deemed that the scope should be as general as possible, and therefore this standard does not distinguish between prototype, type or acceptance tests, nor give numerical values for the various characteristics specified. On these points, it will be necessary to complete the specification, according to the specific applications (e.g. reactor instrumentation, health physics, measurement laboratory).

3. Basic principles

As this standard is intended to allow the comparison between two d.c. amplifiers of the same type as well as between two d.c. amplifiers of different types, it has been necessary to lay down the following basic principles.

- 3.1 A d.c. amplifier is considered as an operational amplifier characterized mainly by its output quantity. It may actuate equipment connected at its output.
- 3.2 In practice, the instrument is contained in one case or in two cases which are connected by a cable, with the case nearest the detector containing the "preamplifier". This standard applies to both instances; the instrument input in the second instance constitutes the preamplifier input.
- 3.3 The contingent-indicating instrument is assumed to have been calibrated in accordance with methods described in other IEC publications, such as IEC Publication 51, Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories.

4. Terminology

The following definitions apply for the purposes of this standard.

Their source is indicated as follows:

OIML = Legal Metrology Vocabulary (March 1969).

P 359 = IEC Publication 359, Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.

V.E.I. 391 = Chapitre 391 du Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.): Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.

CE 66 = Documents du Comité d'Etudes N° 66 de la CEI.

Pour les autres sources de définitions, la référence complète du document est indiquée.

Dans certains cas, le texte d'origine a été simplifié ou adapté pour le rendre plus directement applicable aux appareils qui font l'objet de la présente norme, mais la signification originale a toujours été respectée. Lorsque le changement est appréciable, le repère du texte d'origine est précédé de la mention « d'après ».

4.1 Appareils

4.1.1 Préamplificateur

Amplificateur électronique destiné à être placé à la sortie du détecteur de rayonnement avant transmission à l'amplificateur principal (par exemple pour adapter les caractéristiques de sortie du détecteur à celles de l'entrée de l'amplificateur principal) (V.E.I. 391).

4.1.2 Amplificateur pour courant continu

Amplificateur électronique destiné à fournir, dans les limites de ses caractéristiques normales de fonctionnement, une grandeur de sortie qui représente l'évolution du courant (de la tension) d'entrée, même quand la fréquence de ce courant (de cette tension) tend vers zéro (V.E.I. 391).

4.1.3 Amplificateur linéaire pour courant continu

Amplificateur pour courant continu dont la grandeur de sortie est une fonction linéaire de la grandeur d'entrée (V.E.I. 391).

4.1.4 Amplificateur logarithmique pour courant continu

Amplificateur pour courant continu dont la grandeur de sortie est une fonction logarithmique de la grandeur d'entrée (V.E.I. 391).

L'étage d'entrée des amplificateurs pour courant continu peut comprendre:

- a) un tube électromètre;
- b) un transistor à haute impédance d'entrée tel qu'un transistor à effet de champ;
- c) un dispositif particulier tel qu'un hacheur ou un condensateur vibrant.

4.1.4.1 Tube électromètre

Tube électronique à très grande résistance d'entrée, généralement utilisé pour déterminer, par l'intermédiaire d'une mesure de tension, la valeur de courants très faibles provenant de sources à grande résistance interne.

4.1.4.2 Transistor unipolaire

Transistor qui utilise les porteurs majoritaires (exemple: transistor à effet de champ).

4.1.4.3 Transistor à effet de champ

Transistor unipolaire dans lequel le courant circulant dans un canal conducteur est contrôlé par un champ électrique dû à une tension appliquée entre les bornes de grille et de source.

4.1.4.4 Transistor bipolaire

Transistor dans lequel le courant circulant dans le collecteur de sortie est directement lié à son courant de base de sortie par un facteur d'amplification communément nommé β ou h_{FE} .

4.1.4.5 Transistor bipolaire à jonction

Transistor bipolaire possédant une région de base et deux jonctions ou plus.

Note. — Son fonctionnement dépend de l'injection de porteurs minoritaires dans la région de base.

I.E.V. 391 = Chapter 391 of the International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Detection and Measurement of Ionizing Radiation by Electric Means.

TC 66 = Documents from IEC Technical Committee No. 66.

Other sources are indicated by the complete reference of the document.

In some cases the original text has been simplified or adapted to be more directly applicable to the instruments within the scope of this standard, but the original meaning has been always respected. When the alteration is appreciable, the reference to the original text is preceded by the word “from”.

4.1 *Apparatus*

4.1.1 *Preamplifier*

An electronic amplifier designed to be connected to the radiation detector output prior to transmission to the main amplifier (for instance to transform the output characteristics of the detector to match the input of the main amplifier) (I.E.V. 391).

4.1.2 *D.C. amplifier*

An electronic amplifier designed to provide, within the limits of its normal operating characteristics, an output quantity which represents the input current (voltage) even when the frequency of this current (voltage) approaches zero (I.E.V. 391).

4.1.3 *Linear d.c. amplifier*

A d.c. amplifier the output quantity of which is a linear function of the input quantity (I.E.V. 391).

4.1.4 *Logarithmic d.c. amplifier*

A d.c. amplifier the output quantity of which is a logarithmic function of the input quantity (I.E.V. 391).

The input stage of a d.c. amplifier may include:

- a) an electrometer tube;
- b) a high input impedance transistor such as a field-effect transistor;
- c) a special device such as a chopper or a vibrating capacitor.

4.1.4.1 *Electrometer tube*

Electron tube or valve with a high input resistance, generally used to determine by means of either a voltage or a current measurement the value of very small currents from sources of high internal resistance.

4.1.4.2 *Unipolar transistor*

A transistor which utilizes majority carriers (e.g. field-effect transistor).

4.1.4.3 *Field-effect transistor*

A unipolar transistor in which the current flowing through a conduction channel is controlled by an electric field arising from a voltage applied between the gate and source terminals.

4.1.4.4 *Bipolar transistor*

A transistor in which the current flowing in the input collection is directly related to its input base current by an amplification factor commonly termed β or h_{FE} .

4.1.4.5 *Bipolar junction transistor*

A bipolar transistor having a base region and two or more junctions.

Note. — Its operation depends upon the injection of minority carriers into the base region.

4.1.4.6 Amplificateur à hacheur

Amplificateur pour courant continu dans lequel le courant (ou la tension) d'entrée est transformé en signal de fréquence prédéterminée, amplifié par un amplificateur à courant alternatif et ensuite retransformé en signal de courant continu (V.E.I. 391).

4.1.4.7 Amplificateur à condensateur vibrant

Amplificateur à hacheur utilisant un condensateur vibrant pour la transformation du signal avant son amplification (V.E.I. 391).

4.2 Caractéristiques générales

4.2.1 Caractéristique fonctionnelle

Une des grandeurs assignée à un équipement en vue de définir par des valeurs, des tolérances, des domaines, etc., les qualités de fonctionnement de cet équipement (P 359).

Note. — Le terme « caractéristique fonctionnelle » ne s'applique pas aux grandeurs d'influence.

4.2.2 Grandeur d'influence

Grandeur généralement extérieure à l'équipement et susceptible d'exercer une influence sur son fonctionnement.

Note. — Lorsque la modification d'une caractéristique fonctionnelle affecte une autre caractéristique fonctionnelle, elle est considérée comme une caractéristique d'influence (P 359).

4.2.3 Domaine nominal¹

Domaine assigné à un équipement par le constructeur pour la ou les grandeurs à mesurer, à observer, à afficher ou à fournir (P 359).

4.2.4 Etendue de mesure¹

Partie du domaine nominal dans laquelle l'équipement satisfait aux prescriptions relatives aux limites d'erreur (P 359).

4.2.5 Valeur conventionnellement vraie (d'une grandeur)

Valeur aussi approchée que nécessaire de la valeur vraie, compte tenu des erreurs à déterminer. Cette valeur devrait être rapportée à des étalons nationaux, sinon elle doit être rapportée à des étalons agréés d'un commun accord par le constructeur et l'utilisateur. L'incertitude sur la valeur conventionnellement vraie doit alors être indiquée dans les deux cas (d'après P 359).

4.2.6 Valeur nominale

Valeur, ou l'une des valeurs, assignée à un équipement par le constructeur pour la ou les grandeurs à mesurer, à observer, à afficher ou à fournir (P 359).

4.3 Erreurs

4.3.1 Erreur absolue

Erreur exprimée algébriquement en unités de la grandeur mesurée ou fournie.

- a) Pour un appareil de mesure, l'erreur est la valeur indiquée de la grandeur mesurée moins la valeur vraie.
- b) Pour un appareil d'alimentation, l'erreur est la valeur vraie de la grandeur fournie moins soit la valeur nominale, soit la valeur indiquée ou préréglée.

Note. — La valeur vraie d'une grandeur est une valeur idéale obtenue à l'aide de moyens de mesure qui n'introduiraient aucune erreur. Dans la pratique, la détermination de la valeur vraie n'étant pas possible, on utilise une valeur conventionnelle vraie (voir le paragraphe 4.2.5) (P 359).

¹ Pour un appareil multicalibre, un « domaine nominal » et une « étendue de mesure » existent pour chaque position du commutateur de calibre.

4.1.4.6 Chopper amplifier

A d.c. amplifier in which the input current (voltage) is transformed into a signal of predetermined frequency, amplified by an a.c. amplifier and then retransformed into a d.c. signal (I.E.V. 391).

4.1.4.7 Vibrating capacitor amplifier

A chopper amplifier utilizing a vibrating capacitor for signal transformation prior to amplification (I.E.V. 391).

4.2 General characteristics

4.2.1 Performance characteristic

One of the quantities assigned to an apparatus in order to define by values, tolerances, ranges, etc., the performance of the apparatus (P 359).

Note. — The term “performance characteristic” does not include influence quantities.

4.2.2 Influence quantity

Any quantity, generally external to an apparatus, which may affect the performance of the apparatus.

Note. — Where a change of a performance characteristic affects another performance characteristic, it is referred to as an influencing characteristic (P 359).

4.2.3 Rated range¹

The range of a quantity to be measured, observed, supplied or set, which the manufacturer has assigned to the apparatus (P 359).

4.2.4 Effective range¹

That part of the rated range where measurements can be made or quantities be supplied within the stated limits of error (P 359).

4.2.5 Conventionally true value (of a quantity)

A value approaching the true value as closely as necessary (having regard to the error to be determined). This value may be traced to standards agreed upon by manufacturer and user or to national standards. In both cases, the uncertainty of the conventionally true value shall be stated (from P 359).

4.2.6 Rated value

The value (or one of the values) of a quantity to be measured, observed, supplied or set, which the manufacturer has assigned to the apparatus (P 359).

4.3 Errors

4.3.1 Absolute error

The error expressed algebraically in the unit of the measured or supplied quantity.

- a) For a measuring apparatus, the error is the indicated value of the measured quantity minus its true value.
- b) For a supply apparatus, the error is the true value of the quantity supplied minus its rated, indicated or preset value.

Note. — The true value of a quantity is the value that would be measured by a measuring process having no error. In practice, since this true value cannot be determined by measurement, a conventionally true value (see Sub-clause 4.2.5) is used in place of the true value (P 359).

¹ For multi-range instruments, there exist a “rated range” and an “effective range” for each switch position.

4.3.2 Erreur relative

Rapport entre l'erreur absolue et une valeur spécifiée (P 359).

4.3.3 Erreur en pourcentage

Erreur relative, exprimée en pourcentage, en fonction, par exemple, de la limite supérieure de l'étendue de mesure, de la valeur indiquée ou préréglée ou de la valeur nominale (P 359).

4.3.4 Valeur conventionnelle

Valeur à laquelle il est fait référence en vue de spécifier l'erreur en pourcentage. Cette valeur peut être soit la limite supérieure de l'étendue de mesure, soit toute autre valeur clairement définie (P 359).

4.3.5 Erreur intrinsèque

Erreur déterminée dans les conditions de référence (P 359).

4.3.6 Erreur de fonctionnement

Erreur déterminée dans les conditions nominales de fonctionnement (P 359).

4.3.7 Erreur de stabilité

Erreur sur la valeur indiquée ou fournie par l'équipement pendant une durée spécifiée, les autres conditions étant maintenues constantes (P 359).

4.3.8 Erreur de justesse

Somme algébrique (résultante) des erreurs systématiques¹ entachant l'indication d'un instrument de mesure dans des conditions déterminées d'emploi.

Remarque. — Pratiquement, on détermine l'erreur de justesse d'un instrument de mesure comme étant la différence entre la moyenne arithmétique $\bar{v}$ des indications v_i données par l'instrument dans une série de mesurages consécutifs d'une même grandeur, effectués dans les conditions usuelles d'emploi, et la valeur conventionnellement vraie v_e de la grandeur mesurée:

$$e_j = \bar{v} - v_e \quad (\text{d'après OIML})$$

4.3.9 Erreur de linéarité

Déviation de la courbe représentant les variations de l'indication de sortie en fonction des variations de la grandeur d'entrée par rapport à une ligne droite de référence (CE 66).

4.3.10 Variation

Différence entre les valeurs d'une grandeur mesurée ou fournie lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs spécifiées dans son domaine nominal de fonctionnement, les autres grandeurs d'influence étant maintenues dans les conditions de référence (CE 66).

4.4 Qualités de fonctionnement

4.4.1 Stabilité

Aptitude d'un équipement à conserver pendant une durée spécifiée les valeurs indiquées ou fournies, les autres conditions étant maintenues constantes.

Note. — Les méthodes de détermination et d'expression des défauts de stabilité sont à l'étude (P 359).

¹ *Erreur systématique:* Erreur qui reste constante lors de plusieurs mesurages de la même valeur d'une certaine grandeur si ces mesurages sont effectués dans les mêmes conditions ou qui varie de façon non aléatoire selon une loi définie si les conditions changent (d'après OIML).

4.3.2 *Relative error*

The ratio of the absolute error to a stated value (P 359).

4.3.3 *Percentage error*

The relative error, expressed as a percentage, such as percent of full scale (the maximum value of the effective range), percent of the indicated or preset value or of the rated value (P 359).

4.3.4 *Fiducial value*

A value to which reference is made in order to specify the percentage error, e.g. the upper limit of the effective range, or another clearly stated value (P 359).

4.3.5 *Intrinsic error*

The error determined under reference conditions (P 359).

4.3.6 *Operating error*

The error determined under rated operating conditions (P 359).

4.3.7 *Stability error*

The error which occurs in the indicated or supplied value of an apparatus during a specified time, other conditions remaining constant (P 359).

4.3.8 *Total systematic error*

Algebraic sum (resultant) of systematic errors¹ vitiating the measuring instrument indication in determined operating conditions.

Remark. — In practice, the total systematic error of a measuring instrument is determined as the difference between the arithmetic mean $\bar{v}$ of indications v_i given by the instrument in a sequence of consecutive measurements of a same quantity performed in the usual operating conditions and the conventionally true value v_e of the measured quantity:

$$e_s = \bar{v} - v_e \quad (\text{from OIML})$$

4.3.9 *Linearity error*

The deviation from a reference straight line of the curve representing the output indication variations as a function of the input quantity variations (TC 66).

4.3.10 *Variation*

The difference between the values of a parameter when one influence quantity assumes successively two specified values within its rated range of use, the other influence quantities being at reference conditions (TC 66).

4.4 *Performance qualities*

4.4.1 *Stability*

The ability of the apparatus to maintain its indicated or supplied value during a specified time, other conditions remaining constant.

Note. — The methods for determining and expressing the lack of stability are under consideration (P 359).

¹ *Systematic error:* An error that remains constant during a sequence of measurements if performed in the same conditions, or varies in a non-random manner according to a defined law when conditions change (from OIML).

4.4.2 *Linéarité*

Aptitude d'un équipement à donner des indications égales au produit d'une valeur de référence de la grandeur mesurée par un coefficient qui conserve une valeur constante dans toute l'étendue de mesure (d'après CE 66).

4.4.3 *Répétabilité (des mesures)*

Étroitesse de l'accord entre les résultats de mesures successives d'une même grandeur effectuées selon la même méthode, par le même observateur, avec les mêmes instruments de mesure, dans le même laboratoire et à des intervalles de temps assez courts.

4.5 *Caractéristiques dynamiques*

4.5.1 *Temps de réponse (d'un ensemble de mesure)*

Temps nécessaire après une variation brusque de la grandeur à mesurer pour que la variation du signal de sortie atteigne pour la première fois un pourcentage déterminé de sa valeur finale (V.E.I. 391).

4.5.2 *Temps d'établissement*

Temps nécessaire après une variation brusque de la grandeur à mesurer pour que le signal de sortie atteigne et conserve une valeur ne différant que d'un pourcentage déterminé de la valeur stable finale (V.E.I. 391).

4.5.3 *Temps de récupération*

Temps d'établissement correspondant à une variation brusque de la grandeur à mesurer depuis une amplitude telle que la saturation ait été atteinte.

4.5.4 *Vitesse de balayage*

Pente du signal de sortie entre 30% et 70% de sa valeur finale après une variation brusque de la grandeur d'entrée.

4.5.5 *Moyenne des temps de bon fonctionnement (observée) — MTBF — (pour des dispositifs réparables)*

Pour une période définie dans la vie d'un dispositif, valeur moyenne des durées de fonctionnement entre défaillances consécutives, dans des conditions de contraintes déterminées (Publication 271 de la CEI: Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité).

4.5.6 *Moyenne des temps de bon fonctionnement (estimée) — MTBF*

Moyenne des temps de bon fonctionnement d'un dispositif définie par une valeur limite de l'intervalle de confiance à un niveau donné de probabilité, à partir des mêmes données que la moyenne des temps de bon fonctionnement observés pour des dispositifs nominalement identiques (Publication 271 de la CEI).

4.6 *Conditions d'essais et d'utilisation*

4.6.1 *Conditions de référence*

Série de valeurs assorties de tolérances ou de domaines réduits fixés pour les grandeurs d'influence et si nécessaire pour les caractéristiques d'influence, qui sont spécifiés pour effectuer les essais comparatifs ou les essais de calibrage (P 359).

4.6.2 *Domaine nominal de fonctionnement*

Domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence quand les prescriptions concernant l'erreur de fonctionnement sont remplies (P 359).

4.6.3 *Conditions nominales de fonctionnement*

Ensemble des étendues de mesure et des domaines nominaux de fonctionnement pour lesquels les qualités de fonctionnement sont spécifiées (P 359).

4.4.2 *Linearity*

The ability of the apparatus to give indications equalling the product of a reference value of the measured quantity by a coefficient having a constant value in the whole effective range (from TC 66).

4.4.3 *Repeatability (of measurements)*

The closeness of the agreement between the results of successive measurements of the same quantity carried out by the same method, by the same observer, with the same measuring instruments, in the same laboratory, at quite short intervals of time (TC 66).

4.5 *Dynamic characteristics*

4.5.1 *Response time (of a measuring assembly)*

The time required after a step variation in the measured quantity for the output signal variation to reach for the first time a given percentage of its final value (I.E.V. 391).

4.5.2 *Settling time*

The time required after a step variation in the measured quantity for the output signal to reach and remain within a specified percentage of its final steady-state value (I.E.V. 391).

4.5.3 *Restoration time*

The settling time corresponding to a step variation in the measured quantity from such amplitude that saturation is reached.

4.5.4 *Slew rate*

The output signal slope between 30% and 70% of its final value after a step variation of input quantity.

4.5.5 *Mean time between failures (observed)—MTBF—(for repairable items)*

For a stated period in the life of an item, the mean value of the lengths of observed times between consecutive failures under stated stress conditions (IEC Publication 271, List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability).

4.5.6 *(Assessed) mean time between failures—MTBF*

The mean time between failures of an item determined as a limiting value of the confidence interval with a stated probability level, based on the observed mean time between failures of nominally identical items (IEC Publication 271).

4.6 *Test and use conditions*

4.6.1 *Reference conditions*

A set of values with tolerances, or of restricted ranges of influence quantities, and if necessary of influencing characteristics, specified for making comparison and calibration tests (P 359).

4.6.2 *Rated range of use*

The range of values for an influence quantity within which the requirements concerning operating error are satisfied (P 359).

4.6.3 *Rated operating conditions*

The whole of the effective ranges for performance characteristics and rated ranges of use for influence quantities, within which the performance of the apparatus is specified (P 359).

4.6.4 Conditions limites de fonctionnement

Ensemble des domaines des grandeurs d'influence et des caractéristiques fonctionnelles (au-delà des domaines nominaux de fonctionnement et des étendues de mesure respectifs) dans lesquels un équipement peut encore fonctionner sans qu'il en résulte de détérioration ni de dégradation de ses qualités de fonctionnement lorsqu'il fonctionne à nouveau dans les conditions nominales de fonctionnement.

Note. — Les conditions limites comprennent, en général, la ou les surcharges (P 359).

4.6.5 Temps de stabilisation préalable

Temps qui doit s'écouler après la mise sous tension de l'appareil dans les conditions de référence pour lui permettre de satisfaire à toutes les prescriptions requises (CE 66).

5. Conditions de référence et conditions nominales de fonctionnement

Dans le tableau I, pour chaque grandeur d'influence sont indiqués une valeur ou un domaine de référence et un domaine nominal de fonctionnement. L'ensemble des valeurs ou des domaines d'une même colonne définit un ensemble de conditions d'essais dans lequel on doit obligatoirement se placer, par définition, pour effectuer un essai relatif à une erreur donnée.

5.1 La colonne « Valeur ou domaine de référence » correspond aux conditions dans lesquelles il faut se placer pour étudier l'erreur intrinsèque (voir le paragraphe 4.3.5) et les variations (voir le paragraphe 4.3.15) lorsqu'une grandeur d'influence prend une valeur quelconque à l'intérieur de son domaine nominal de fonctionnement.

5.2 La colonne « Domaine nominal de fonctionnement » correspond aux conditions dans lesquelles il faut se placer pour vérifier une erreur de fonctionnement (voir le paragraphe 4.3.6) qui doit rester à l'intérieur des limites prévues pour toute combinaison des valeurs des grandeurs d'influence dans les conditions nominales de fonctionnement.

6. Réglages préalables

Les divers réglages préalables éventuellement recommandés par le constructeur seront effectués en se plaçant, selon le cas, dans les conditions de référence ou dans les conditions nominales, l'entrée de l'appareil étant débranchée et blindée.

Généralement, on vérifie le réglage et la stabilité du zéro en court-circuitant l'élément de contre-réaction éventuel.

Lorsque des réglages seront prévus en utilisant des courants de tarage fournis par l'appareil en fonctionnement, il est recommandé de vérifier les valeurs de ces courants, leur stabilité et leurs variations en fonction de la température et de la tension d'alimentation. On effectuera ces réglages à l'aide de ces courants et non à l'aide des courants fournis par le générateur utilisé pour les essais.

4.6.4 *Limit conditions of operation*

The whole of the ranges of values for influence quantities and performance characteristics (beyond the rated ranges of use and effective ranges respectively) within which an apparatus can function without resulting damage or degradation of performance when it is afterwards operated under rated operating conditions.

Note. — The limit conditions will, in general, include overload (P 359).

4.6.5 *Previous stabilization time*

The time interval after switching on the apparatus under reference conditions necessary for it to comply with all performance requirements (TC 66).

5. **Reference conditions and rated operating conditions**

In Table I, a reference value or range and a rated range of use are indicated for each influence quantity. The set of values or ranges in the respective column defines a set of test conditions in which it is compulsory to operate, by definition, to perform any test related to a given error.

5.1 The column “Reference value or range” corresponds to the conditions in which it is compulsory to operate for studying the intrinsic error (see Sub-clause 4.3.5) and variations (see Sub-clause 4.3.15) when one influence quantity assumes any value within its rated range of use.

5.2 The column “Rated range of use” corresponds to the conditions in which it is compulsory to operate for verifying an operating error (see Sub-clause 4.3.6) that must remain within stated limits for any combination of influence quantity values under the rated operating conditions.

6. **Preliminary settings**

The various preliminary settings recommended by the manufacturer shall be performed either in the reference conditions or in the rated conditions with the instrument input disconnected and shielded.

Usually, the zero setting and stability may be verified by short-circuiting the feedback element.

When these settings are to be predetermined using calibrated currents provided by the operating instrument, it is recommended that the values of these currents, their stability and variations as a function of temperature and supply voltage be verified. The settings shall be performed by means of these currents and in no case by means of currents supplied by the generator used in the tests.

TABLEAU I

Conditions de référence et conditions nominales de fonctionnement

Grandeur d'influence	Valeur ou domaine de référence	Domaine nominal de fonctionnement
Température ambiante	$20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$+ 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+ 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ *
Humidité relative de l'air	45 % à 75 % *	20 % à 80 % sans condensation *
Pression barométrique	101,3 kPa *	70,0 kPa à 106,0 kPa *
Position de fonctionnement	Position normale indiquée par le constructeur $\pm 1^{\circ}$ *	Position de référence $\pm 30^{\circ}$ ou limite tolérée pour l'appareil indicateur
Tension d'alimentation: Réseau alternatif Courant continu Courant continu stabilisé	$U_N \pm 1\%$ * $U_N \pm 1\%$ * $U_N \pm 0,3\%$ **	$U_N \pm 10\%$ * $U_N \pm 10\%$ * $U_N \pm 1\%$
Fréquence d'alimentation	$f_N \pm 1\%$ * (f_N = fréquence nominale)	$f_N \pm 5\%$ *
Temps de stabilisation préalable	1 h	45 ± 15 min
<i>Note.</i> — Dans certains cas particuliers (utilisation sous climat tropical, recherche spatiale, etc.), des valeurs différentes pourront être retenues. * Référence: Publication 359 de la CEI. ** Publication 293 de la CEI: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors.		

SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

7. Principes généraux de méthodes proposées

7.1 On définit pour chaque appareil des constantes dites constantes théoriques qui permettent de calculer la valeur théorique de la grandeur de sortie à partir de la valeur conventionnellement vraie du courant d'entrée. L'erreur est donnée par la différence entre la valeur fournie par l'appareil et la valeur conventionnellement vraie du courant d'entrée.

L'erreur sur les constantes théoriques sera étudiée au paragraphe 17.2.

7.2 La grandeur électrique de sortie qui représente l'évolution du courant d'entrée peut être accessible ou inaccessible à l'utilisateur. Il y aura donc deux méthodes possibles.

a) Grandeur de sortie inaccessible

Si la grandeur de sortie n'est pas accessible, on ne peut que relever sa valeur I_r sur un appareil indicateur qui fait partie de l'amplificateur pour courant continu. La méthode d'essai correspondante sera désignée par *lecture de l'appareil indicateur*.

b) Grandeur de sortie accessible

Si cette grandeur est accessible, ce qui est souhaitable, par exemple sous forme d'une tension électrique, les points entre lesquels apparaîtra cette tension constitueront la sortie directe de l'amplificateur pour courant continu et la méthode d'essai qui utilisera la valeur U de la tension en ce point comme grandeur de sortie de