

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60650

Première édition
First edition
1979-01

**Ictomètres analogiques –
Caractéristiques et méthodes d'essais**

**Analogue counting ratemeters –
Characteristics and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60650: 1979

Numéros des publications

Depuis le 1er 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**

60650

Première édition
First edition
1979-01

**Ictomètres analogiques –
Caractéristiques et méthodes d'essais**

**Analogue counting ratemeters –
Characteristics and test methods**

© IEC 1979 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

W

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	8
3.1 Appareils	8
3.2 Caractéristiques	8
3.3 Conditions d'essais et d'utilisation	12
3.4 Erreurs	14
4. Conditions générales des essais	16
4.1 Conditions de référence et domaine nominal de fonctionnement	16
4.2 Réglages préalables	18
4.3 Disposition générale pour les essais	20
4.4 Principes généraux des méthodes proposées	20
5. Caractéristiques et méthodes d'essais	22
5.1 Etendue de mesure	22
5.2 Constantes théoriques	22
5.3 Caractéristiques d'entrée	24
5.4 Caractéristiques de sortie	24
5.5 Temps de réponse et temps d'établissement	28
5.6 Temps de montée	34
5.7 Temps de récupération	36
5.8 Erreurs — Expression générale	38
5.9 Classe de précision	40
5.10 Erreur statique	42
5.11 Erreur dynamique	42
5.12 Erreur de linéarité (intégrale)	42
5.13 Erreur de stabilité	46
5.14 Fluctuations de l'indication de sortie	48
5.15 Variations en fonction de la tension d'alimentation	50
5.16 Variations en fonction de la température	54
5.17 Variations en fonction de la charge	56
6. Parasites	58
6.1 Sensibilité aux parasites	58
6.2 Production de parasites	58
6.3 Mesures de protection	60
7. Essais climatiques et mécaniques	60
8. Fiabilité	60
9. Circuits auxiliaires	62
9.1 Fréquences d'étalonnage	62
9.2 Réglage du zéro de l'ictomètre	64
9.3 Contrôle de bon fonctionnement	64
ANNEXE A — Essai qualitatif avec une source radioactive	66
ANNEXE B — Exemple de courbes $\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U)$ pour appareil à 6 puissances de 10	74
ANNEXE C — Exemple de courbes $\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U)$ pour appareil à 7 puissances de 10	76

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	9
3.1 Instruments	9
3.2 Characteristics	9
3.3 Conditions of test and use	13
3.4 Errors	15
4. General test conditions	17
4.1 Reference conditions and rated range of use	17
4.2 Preliminary settings	19
4.3 General arrangements for tests	21
4.4 General principles of the proposed methods	21
5. Characteristics and test methods	23
5.1 Effective range	23
5.2 Theoretical constants	23
5.3 Input characteristics	25
5.4 Output characteristics	25
5.5 Response time and settling time	29
5.6 Rise time	35
5.7 Restoration time	37
5.8 Errors — General expression	39
5.9 Accuracy class	41
5.10 Static error	43
5.11 Dynamic error	43
5.12 (Integral) Linearity error	43
5.13 Stability error	47
5.14 Output indication fluctuations	49
5.15 Variations as a function of supply voltage	51
5.16 Variations as a function of temperature	55
5.17 Variations as a function of load	57
6. Electromagnetic noise	59
6.1 Electromagnetic noise susceptibility	59
6.2 Interference production	59
6.3 Protection measures	61
7. Environmental testing procedures	61
8. Reliability	61
9. Auxiliary circuits	63
9.1 Calibration frequencies	63
9.2 Ratemeter zero setting	65
9.3 Proper functioning check circuits	65
APPENDIX A — Qualitative test with a radioactive source	67
APPENDIX B — Typical curves $\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U)$ for 6 decade instruments	75
APPENDIX C — Typical curves $\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U)$ for 7 decade instruments	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICTOMÈTRES ANALOGIQUES

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Baden-Baden en 1977. A la suite de cette réunion, un projet, document 45(Bureau Central)116, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1978.

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

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Japon
Belgique	Pays-Bas
Canada	Pologne
Egypte	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n° 50(391): Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.). Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.
- 51: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.
- 68-2-2: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais. Essais B: Chaleur sèche.
- 68-2-14: Essai N: Variations de température.
- 271: Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.
- 293: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors.
- 359: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.
- 577: Epaisseurmètres par rayonnement ionisant pour matériaux sous forme de feuilles, de revêtements ou de laminés.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ANALOGUE COUNTING RATEMETERS

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

PREFACE

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

A first draft was discussed at the meeting held in Baden-Baden in 1977. As a result of this meeting, a draft, Document 45(Central Office)116, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1978.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Poland
Canada	South Africa (Republic of)
Egypt	Spain
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 50(391): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.). Chapter 391: Detection and Measurement of Ionizing Radiation by Electric Means.
- 51: Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories.
- 68-2-2: Basic Environmental Testing Procedures. Part 2: Tests. Tests B: Dry Heat.
- 68-2-14: Test N: Change of Temperature.
- 271: List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability.
- 293: Supply Voltages for Transistorized Nuclear Instruments.
- 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.
- 577: Ionizing Radiation Thickness Meters for Materials in the Form of Sheets, Coatings or Laminates.

ICTOMÈTRES ANALOGIQUES

Caractéristiques et méthodes d'essais

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux ictomètres analogiques linéaires ou logarithmiques, utilisés en instrumentation nucléaire pour la mesure de taux de comptage d'impulsions aléatoires, de l'ordre de $0,1$ à $10^6 \text{ c} \cdot \text{sec}^{-1}$, fournis par des détecteurs tels que des tubes compteurs ou des chambres d'ionisation à fission.

L'appareil considéré comprend essentiellement l'ictomètre proprement dit et ses circuits auxiliaires propres.

L'ictomètre est considéré comme un élément fonctionnel, opérationnel, caractérisé notamment par sa grandeur de sortie.

Associé à un détecteur de rayonnement et à un élément adaptateur approprié, il permet la mesure du taux de comptage. L'ictomètre lui-même accepte des impulsions numériques définies et il fournit une information à l'aide d'un indicateur ou d'une grandeur de sortie. Il peut actionner des équipements raccordés en aval.

L'appareil peut, par exemple, participer au contrôle et à la sûreté de fonctionnement des réacteurs nucléaires (à l'arrêt, au démarrage, au chargement et au déchargement, à bas niveau et à la montée en puissance, à puissance nominale, etc.).

On a estimé que le domaine d'application devrait être le plus général possible, si bien qu'on ne trouve dans cette norme ni listes d'essais de qualification, de type, de réception ou d'acceptation, ni valeurs numériques recommandées pour les différentes caractéristiques. Il faudra la compléter sur ces points, en fonction des domaines d'application particuliers (instrumentation des réacteurs, radioprotection, laboratoire de mesure, etc.).

2. Objet

Cette norme est destinée à permettre de comparer entre eux aussi bien deux ictomètres du même type que deux ictomètres de types différents.

Elle définit les caractéristiques qui permettent l'expression des qualités de fonctionnement des ictomètres analogiques.

Elle fixe 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. Elle implique simplement que, si de tels essais sont effectués, ils doivent être exécutés conformément aux méthodes indiquées.

L'appareil indicateur éventuel est supposé avoir été étalonné par ailleurs selon des méthodes qui ne sont pas décrites dans cette norme et qui relèvent d'autres normes de la CEI, telles que la Publication 51: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.

ANALOGUE COUNTING RATEMETERS

Characteristics and test methods

1. Scope

This standard applies to linear or logarithmic analogue ratemeters used in nuclear instrumentation to measure random pulse counting rates in a range from about 0.1 to about $10^6 \text{ c} \cdot \text{sec}^{-1}$, as produced by detectors such as counter tubes or fission ionization chambers.

Such an instrument comprises essentially the counting ratemeter itself and its own auxiliary circuits.

A ratemeter is considered as an operational functional unit characterized mainly by its output.

Associated with a radiation detector and appropriate interfacing units, it permits the measurement of the counting rate. The counting ratemeter itself accepts defined digital pulses and gives information by means of an indicating meter or by the magnitude of its output. It may actuate equipment connected at its output.

The instrument may, for example, participate in the control and safe operation of nuclear reactors (during shut-down, during start-up, fuel charging and discharging, periods of power increase from low power to rated power, etc.).

It is deemed that the scope of this standard should be as general as possible, and it therefore gives neither a list of qualification, type or acceptance tests, nor numerical values for the various characteristics specified. On these points, it will be necessary to complete the specification according to the needs of the specific applications (e.g. reactor instrumentation, health physics, laboratory measurement, etc.).

2. Object

This standard is intended to permit the comparison between two counting ratemeters of the same type as well as between two counting ratemeters of different types.

It defines the characteristics used for expressing the functional performance of counting ratemeters.

It establishes 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.

The indicating meter, when used, is assumed to have been calibrated in accordance with methods not described in this standard and which may be taken from other IEC standards, such as Publication 51: Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories.

3. Définitions

La terminologie utilisée dans cette norme est conforme à la Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques, et à la Publication 50(391) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.

Certaines définitions de ces publications sont reprises ci-dessous et parfois adaptées à la présente norme.

D'autres définitions utiles sont également données avec leur référence éventuelle.

3.1 Appareils

3.1.1 Ictomètre

Sous-ensemble destiné à fournir une indication continue du taux de comptage moyen (V.E.I. 391-11-44).

3.1.2 Ictomètre analogique

Ictomètre fournissant généralement en sortie un signal analogique.

3.1.3 Ictomètre numérique

Ictomètre fournissant généralement en sortie un signal numérique.

3.1.4 Ictomètre linéaire

Ictomètre dont l'indication est proportionnelle au taux de comptage (V.E.I. 391-11-45).

3.1.5 Ictomètre logarithmique

Ictomètre dont l'indication est proportionnelle au logarithme du taux de comptage (V.E.I. 391-11-46).

3.2 Caractéristiques

3.2.1 Domaine nominal*

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

3.2.2 Etendue de mesure*

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

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

3. Definitions

The terminology used in this standard is in accordance with IEC Publication 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment, IEC Publication 50(391), International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 391: Detection and Measurement of Ionizing Radiation by Electric Means.

Some definitions from these publications are reproduced below and are sometimes adapted to this standard.

Other useful definitions are also given with their reference, where applicable.

3.1 Instruments

3.1.1 (Counting) ratemeter

A sub-assembly designed to provide a continuous indication of the average counting rate (I.E.V. 391-11-44).

3.1.2 Analogue ratemeter

A ratemeter providing generally an analogue output signal.

3.1.3 Digital ratemeter

A ratemeter providing generally a digital output signal.

3.1.4 Linear ratemeter

A ratemeter in which the indication is proportional to the counting rate (I.E.V. 391-11-45).

3.1.5 Logarithmic ratemeter

A ratemeter in which the indication is proportional to the logarithm of the counting rate (I.E.V. 391-11-46).

3.2 Characteristics

3.2.1 Rated range*

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

3.2.2 Effective range*

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

* For multi-range instruments, there exist a "rated range" and an "effective range" for each switch position.

3.2.3 Valeur conventionnellement vraie (d'une grandeur)

Valeur aussi approchée que nécessaire de la valeur vraie, compte tenu des erreurs à déterminer. Cette valeur peut être rapportée à des étalons nationaux ou 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 Publication 359 de la CEI).

3.2.4 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 (Publication 359 de la CEI).

3.2.5 Caractéristique fonctionnelle

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

3.2.6 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 (Publication 359 de la CEI).

3.2.7 Signal échelon

Signal dont l'amplitude passe instantanément d'une valeur spécifiée à une autre valeur spécifiée.

3.2.8 Coup

Information isolée donnée par un appareil de comptage (V.E.I. 391-15-10).

3.2.9 Taux de comptage (à la sortie)

Nombre de coups par unité de temps enregistrés par l'ictomètre (d'après V.E.I. 391-15-12).

3.2.10 Taux d'impulsions (à l'entrée)

Nombre d'impulsions par unité de temps fournies à l'entrée de l'ictomètre.

3.2.11 Temps de montée (d'un ensemble de mesure)

Temps nécessaire pour que la grandeur de sortie passe de 10% à 90% de la valeur de son amplitude lorsqu'une variation échelon est appliquée à l'entrée.

3.2.12 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 variation finale (V.E.I. 391-15-04).

3.2.13 Temps de réponse moyen

Temps moyen nécessaire après une variation échelon de la grandeur à mesurer pour que le signal de sortie atteigne pour la première fois $1 - \frac{1}{e} = 63,2\%$ de sa valeur moyenne finale, compte tenu de la nature statistique du signal (Publication 577 de la CEI: Epaisseurmètres par rayonnement ionisant pour matériaux sous forme de feuilles, de revêtements ou de laminés).

3.2.3 *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 related to standards agreed upon by the manufacturer and user or to national standards. In both cases, the uncertainty of the conventionally true value shall be stated (from IEC Publication 359).

3.2.4 *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 (IEC Publication 359).

3.2.5 *Performance characteristic*

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

3.2.6 *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 (IEC Publication 359).

3.2.7 *Step signal*

A signal, the amplitude of which steps instantaneously from a specified value to another specified value.

3.2.8 *Count*

A single response of a counting assembly (I.E.V. 391-15-10).

3.2.9 *Counting rate (at the output)*

Number of counts per unit time (I.E.V. 391-15-12).

3.2.10 *Pulse rate (at the input)*

The number of pulses per unit time provided at the ratemeter input.

3.2.11 *Rise time (of a measuring assembly)*

The time for the output quantity to rise from 10% to 90% of its amplitude for a step function input.

3.2.12 *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 variation (I.E.V. 391-15-04).

3.2.13 *Mean response time*

The mean time, after a step variation in the measured quantity, until the output signal reaches for the first time $1 - \frac{1}{e} = 63.2\%$ of its final mean value, due regard being given to the statistical nature of the signal (IEC Publication 577: Ionizing Radiation Thickness Meters for Materials in the Form of Sheets, Coatings or Laminates).

3.2.14 Temps d'établissement

Temps nécessaire après une variation brusque spécifiée de la grandeur à mesurer pour que le signal de sortie atteigne et conserve une valeur ne différant de sa valeur stable finale que d'un pourcentage déterminé de sa variation (V.E.I. 391-15-05).

3.2.15 Temps d'établissement moyen

Temps minimal nécessaire après une variation échelon déterminée de la grandeur à mesurer pour que le signal de sortie atteigne et conserve une valeur située dans la bande de bruit encadrant à $\pm 2 \sigma$ la valeur moyenne finale.

Note. — Dans le cas où la variation échelon est plus grande que l'étendue de mesure, le temps d'établissement moyen est appelé « temps de restitution » (Publication 577 de la CEI).

3.2.16 Temps de récupération

Temps nécessaire pour que l'ictomètre reprenne ses caractéristiques de fonctionnement après avoir été saturé.

3.2.17 Moyenne des temps de bon fonctionnement (observés) 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).

3.2.18 Moyenne des temps de bon fonctionnement (estimée)

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).

3.3 Conditions d'essais et d'utilisation

3.3.1 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 spécifiées pour effectuer les essais comparatifs ou les essais de calibrage (Publication 359 de la CEI).

3.3.2 Domaine nominal de fonctionnement

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

3.3.3 Conditions nominales de fonctionnement

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

3.3.4 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

3.2.14 *Settling time*

The time required, after a specified step variation in the measured quantity, for the output signal to reach and keep a value differing from its final steady-state value within a specified percentage of its final variation (IEC V. 391-15-05).

3.2.15 *Mean settling time*

The minimum time, after a specified step change in the measured quantity, for the output signal to reach and remain within the $\pm 2 \sigma$ noise band centred on the final mean value.

Note. — In the case where the step variation is greater than the range, the mean settling time is called “recovery time” (IEC Publication 577).

3.2.16 *Restoration time*

The time required for the ratemeter to recover its performance characteristics after having been saturated.

3.2.17 *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).

3.2.18 *(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).

3.3 *Conditions of test and use*

3.3.1 *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 (IEC Publication 359).

3.3.2 *Rated range of use*

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

3.3.3 *Rated operating conditions*

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

3.3.4 *Limit conditions of operation*

The whole set of ranges of values for influence quantities and performance characteristics (beyond the rated ranges of use and effective ranges respectively), within which an apparatus can

un équipement peut encore fonctionner sans qu'il en résulte de détérioration ou 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 (Publication 359 de la CEI).

3.3.5 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.

3.4 Erreurs

3.4.1 Erreur absolue

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

a) Pour un appareil de mesure, l'erreur est la valeur absolue de la différence entre la quantité mesurée et sa 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 préétablie (Publication 359 de la CEI).

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 conventionnellement vraie (voir paragraphe 3.2.3).

3.4.2 Erreur relative

Rapport entre l'erreur absolue et une valeur spécifiée (Publication 359 de la CEI).

3.4.3 Erreur intrinsèque

Erreur déterminée dans les conditions de référence (Publication 359 de la CEI).

3.4.4 Erreur de fonctionnement

Erreur déterminée dans les conditions nominales de fonctionnement (Publication 359 de la CEI).

3.4.5 Erreur de linéarité

Déviations 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.

3.4.6 Erreur maximale

Différence maximale entre la courbe d'étalonnage réelle de l'indication de sortie de l'ictomètre et la courbe d'étalonnage linéaire moyenne (voir figure 8, page 44).

3.4.7 Erreur de stabilité

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

3.4.8 Erreur de justesse

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

* Erreur systématique: Erreur qui reste constante lors de plusieurs mesurages de la même valeur d'une 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).

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 (IEC Publication 359).

3.3.5 Preliminary stabilization time

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

3.4 Errors

3.4.1 Absolute error

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

- a) For a measuring apparatus, the error is the absolute value of the difference between the measured quantity and 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 (IEC Publication 359).

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 3.2.3) is used in place of the true value.

3.4.2 Relative error

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

3.4.3 Intrinsic error

The error determined under reference conditions (IEC Publication 359).

3.4.4 Operating error

The error determined under rated operating conditions (IEC Publication 359).

3.4.5 Linearity error

The deviation from a reference straight line of the curve representing the output indication variation as a function of the input quantity variations.

3.4.6 Maximum error

Maximum difference between the actual calibration curve of the output indication of the counting ratemeter and the mean linear calibration curve (see Figure 8, page 45).

3.4.7 Stability error

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

3.4.8 Total systematic error

The algebraic sum (resultant) of systematic errors* affecting the measuring instrument indication in defined operating conditions.

* 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).

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_c de la grandeur mesurée:

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

3.4.9 Erreur de répétabilité

Ecart entre les résultats de mesures successives d'une même grandeur, effectuées avec 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.

3.4.10 Incertitude

Caractéristique de la dispersion des résultats d'une série de mesures. L'incertitude de la série est représentée par $e = \pm ts$ où s est l'écart type de la série et t un nombre entier lié à la probabilité P pour que l'erreur sur la mesure considérée ne dépasse pas e .

Note. — On prend souvent $t = 3$ ce qui correspond à une probabilité de 99,73% de ne pas avoir de mesure dont l'erreur dépasse $3s$ (les erreurs systématiques étant corrigées) (d'après OIML).

4. Conditions générales des essais

4.1 Conditions de référence et domaine nominal de fonctionnement

Le tableau I indique pour chaque grandeur d'influence 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.

La colonne: «Conditions de référence» correspond aux conditions dans lesquelles il faut se placer pour étudier l'erreur intrinsèque (voir paragraphe 3.4.3) et les variations qui peuvent se produire lorsqu'une grandeur d'influence prend une valeur quelconque à l'intérieur de son domaine nominal de fonctionnement.

La colonne: «Domaine nominal de fonctionnement» correspond aux conditions dans lesquelles il faut se placer pour vérifier une erreur de fonctionnement (voir paragraphe 3.4.4) qui doit rester à l'intérieur des limites prévues pour toute combinaison des valeurs des grandeurs d'influence dans les conditions nominales de fonctionnement.

Généralement, les caractéristiques intéressantes à connaître pour l'utilisateur seront d'une part l'erreur de fonctionnement et d'autre part les erreurs d'influence dues à la température ambiante et à la tension d'alimentation.

* Organisation Internationale de Métrologie Légale: Vocabulaire de métrologie légale — termes fondamentaux — (Edition mars 1969).

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

$$e_j = \bar{v} - v_c \quad (\text{from OIML})^*$$

3.4.9 Repeatability error

The variation 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.

3.4.10 Uncertainty

A value characterizing the dispersion of the results in a set of measurements. The uncertainty of the set is given by $e = \pm ts$ where s is the standard deviation of the set and t a whole number corresponding to a probability P of the error on the considered measurement not exceeding e .

Note. — In general $t = 3$ is chosen, corresponding to a probability $P = 99.73\%$ that no measurement has an error exceeding $3s$ (systematic errors being corrected) (from OIML).

4. General test conditions

4.1 Reference conditions and rated range of use

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 any one column defines a set of test conditions which must by definition apply in order to perform any test related to a given error.

The column "Reference conditions" corresponds to the conditions in which it is necessary to operate for studying the intrinsic error (see Sub-clause 3.4.3) and the variations when one influence quantity assumes any value within its rated range of use.

The column "Rated range of use" corresponds to the conditions in which it is necessary to operate for verifying an operating error (see Sub-clause 3.4.4) that must remain within stated limits for any combination of influence quantity values under the rated operating conditions.

In general, useful characteristics for the user are the operating error and the influence errors due to ambient temperature and supply voltage.

* International Organization of Legal Metrology: Legal metrology, vocabulary—fundamental terms (Edition March 1969).

TABLEAU I

Conditions de référence et domaine nominal de fonctionnement

Grandeur d'influence	Conditions de référence	Domaine nominal de fonctionnement
Température ambiante	$+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$+5^{\circ}\text{C}$ à $+40^{\circ}\text{C}^*$
Humidité relative de l'air	45% à 75% *	20% à 80% sans condensation *
Pression atmosphérique	101,3 kPa *	86,0 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: Courant alternatif Courant continu 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
Note. — Dans certains cas particuliers (utilisation sous climat tropical, en recherche spatiale, etc.), des valeurs différentes peuvent être retenues. * Publication 359 de la C.E.I. ** Publication 293 de la C.E.I.: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors.		

4.2 Réglages préalables

Les divers réglages préalables éventuellement recommandés par le constructeur sont 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 (sauf spécification contraire).

Note. — Blindée, c'est-à-dire capuchonnée, mais pas forcément court-circuitée.

Généralement, on vérifie le réglage des fréquences de tarage et du zéro de l'appareil. On effectue le contrôle de bon fonctionnement (voir article 9).

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

TABLE I

Reference conditions and rated range of use

Influence quantity	Reference conditions	Rated range of use
Ambient temperature	$+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$+5^{\circ}\text{C}$ to $+40^{\circ}\text{C}^*$
Relative humidity of the air	45% to 75% *	20% to 80% excluding condensation *
Atmospheric pressure	101.3 kPa *	86.0 kPa to 106.0 kPa *
Operating position	Normal position as stated by the manufacturer $\pm 1^{\circ}$ *	Reference position $\pm 30^{\circ}$ or tolerated limit for the indicating apparatus
Supply voltage: A.C. D.C. Stabilized d.c.	$U_N \pm 1\% ^*$ $U_N \pm 1\% ^*$ $U_N \pm 0.3\% ^{**}$	$U_N \pm 10\% ^*$ $U_N \pm 10\% ^*$ $U_N \pm 1\%$
Mains supply frequency	$f_N \pm 1\% ^*$ (f_N = rated frequency)	$f_N \pm 5\% ^*$
Previous stabilization time	1 h	45 ± 15 min
<i>Note.</i> — In some particular cases (use in tropical climate, spatial research, etc.) different values may be chosen. * IEC Publication 359. ** IEC Publication 293: Supply Voltages for Transistorized Nuclear Instruments.		

4.2 Preliminary settings

The various preliminary settings recommended by the manufacturer are performed either in the reference conditions or in the rated conditions with the instrument input disconnected and shielded (unless otherwise specified).

Note. — Shielded, here means capped, but not necessarily short-circuited.

Usually, the calibration frequency and zero settings are verified. Proper functioning also is checked (see Clause 9).

When these settings are determined using calibrated frequencies provided by the operating instrument, it is recommended that the values of these frequencies, their stability and variations as a function of temperature and supply voltage be verified. The settings should be performed using these frequencies and not frequencies supplied by the generator used in the tests.

4.3 Disposition générale pour les essais

La figure 1 indique le schéma général de montage pour les essais. Le générateur d'impulsions aléatoires ou pseudo-aléatoires retenu pour l'essai est branché à l'entrée de l'ictomètre avec une liaison courte. Il a été réglé et étalonné au préalable et doit avoir une précision convenable pour que la valeur N_c lue sur le générateur puisse être considérée comme la valeur conventionnellement vraie du taux d'impulsions. En variante, le taux de comptage effectif peut être contrôlé au moyen d'un compteur d'impulsions (suffisamment rapide), connecté à la sortie du générateur d'impulsions (aléatoires).

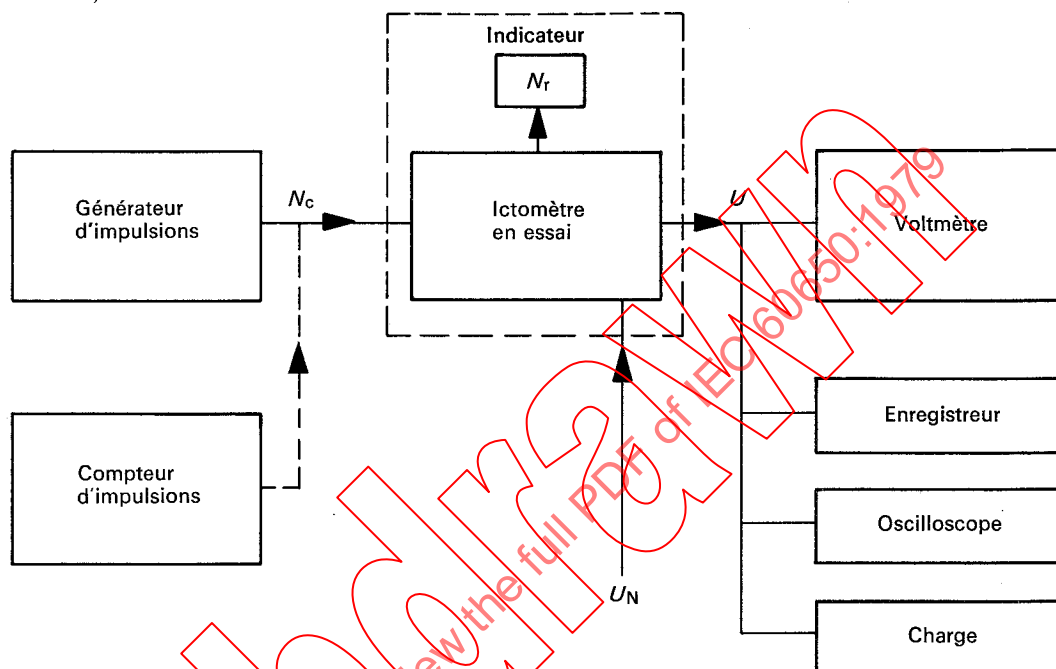


FIG. 1. — Disposition générale pour les essais.

145/79

4.4 Principes généraux des méthodes proposées

4.4.1 On définit pour chaque appareil des constantes dites « constantes théoriques » (voir paragraphe 5.2) qui permettent de calculer la valeur théorique de la grandeur de sortie à partir de la valeur conventionnellement vraie N_c .

L'erreur sur la valeur fournie par l'appareil est donnée par la différence entre cette valeur et la valeur théorique calculée à partir de N_c à l'aide des formules indiquées au paragraphe 5.2.

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

a) Grandeur de sortie inaccessible N_r

Si la grandeur de sortie n'est pas accessible, on ne peut que relever sa valeur N_r sur un appareil indicateur qui fait partie de l'ictomètre. La méthode d'essai correspondante est désignée par: « lecture de l'appareil indicateur ».

b) Grandeur de sortie accessible U

Si cette grandeur est accessible, ce qui est souhaitable, par exemple sous forme d'une tension électrique U , les points entre lesquels apparaît cette tension constituent la « sortie directe » de l'appareil et la méthode d'essai qui utilise la valeur de la tension U en ce point comme grandeur de sortie de l'appareil est désignée dans la suite de cette norme par: « mesure en sortie directe ».

4.3 General arrangement for tests

Figure 1 shows a general arrangement for tests. The pulse generator or random or pseudo random generator, used for testing is connected to the ratemeter input with a short connection. It will have been previously calibrated and shall have an accuracy such that the value N_c read on the generator can be considered as the conventionally true value of the pulse rate. Alternatively, the actual pulse count rate may be monitored by means of a (sufficiently fast) pulse counter, connected to the output of the (random) pulse generator.

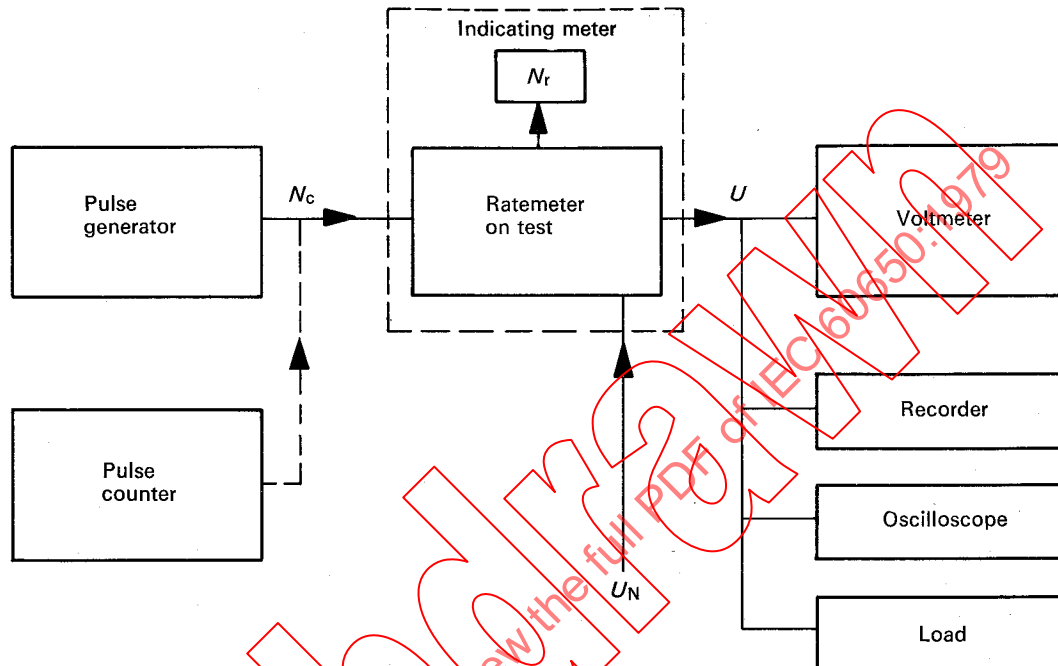


FIG. 1. — General arrangement for tests.

145/79

4.4 General principles of the proposed methods

- 4.4.1 Constants called “theoretical constants” (see Sub-clause 5.2) are defined for each instrument and allow the calculation of the theoretical value of the output from the conventionally true value N_c .

The error on the value provided by the instrument is given by the difference between this value and the theoretical value calculated from N_c by means of the formulae of Sub-clause 5.2.

- 4.4.2 The electrical output which represents the pulse rate may or may not be accessible to the user. Consequently two possible methods exist.

a) Non-accessible output N_r

When the output is not accessible, it is only possible to read its value N_r on an indicating meter incorporated in the ratemeter. The corresponding test method will be designated the “indicating-meter reading”.

b) Accessible output U

When the output is accessible (which is a desirable feature), for example in the form of a voltage U , the terminals between which this voltage appears constitute the direct output of the ratemeter. The test method using the voltage U between those terminals as the instrument output will be designated in this standard “direct output measurement”.

Il est souhaitable que la «sortie directe» soit le plus en amont possible dans les circuits de l'appareil. Les circuits situés en aval de la «sortie directe» sont, soit essayés séparément suivant les méthodes classiques, soit essayés globalement en même temps que l'ictomètre. S'ils comprennent un indicateur, son erreur de fonctionnement doit être indiquée par le constructeur de l'ictomètre.

Cette méthode présente l'avantage de permettre, à partir de l'erreur absolue sur la tension de sortie directe, de calculer l'erreur relative aussi bien pour les appareils linéaires que pour les appareils logarithmiques.

La mesure de la tension de sortie directe au moyen d'un voltmètre numérique à quatre ou cinq chiffres significatifs facilite beaucoup l'exécution des essais décrits. En particulier, les essais relatifs à l'étude des variations et de la stabilité étant d'assez longue durée, il est particulièrement commode de relever la tension de sortie directe à l'aide d'un enregistreur. Cela est un autre avantage de la mesure en sortie directe.

5. Caractéristiques et méthodes d'essais

5.1 Etendue de mesure (voir paragraphe 3.2.2)

L'étendue de mesure est fixée par le constructeur qui en indique les limites inférieure $N_{(\min)}$ et supérieure $N_{(\max)}$. Le domaine nominal (paragraphe 3.2.1) est confondu avec l'étendue de mesure.

On envoie des impulsions de caractéristiques convenables à l'entrée de l'ictomètre au moyen d'un générateur d'impulsions. On vérifie les caractéristiques des impulsions à l'aide d'un oscilloscope rapide. On contrôle ensuite l'étendue de mesure de l'appareil en faisant varier la fréquence du générateur entre les limites $N_{(\min)}$ et $N_{(\max)}$.

Généralement, les appareils linéaires sont multicalibres et ont donc une étendue de mesure par calibre tandis que les appareils logarithmiques sont à un seul calibre.

Le constructeur doit également indiquer quels types d'impulsions peut recevoir l'appareil (amplitude maximale, temps de montée et de descente, durée, forme, polarité, etc.).

5.2 Constantes théoriques

5.2.1 Ictomètre linéaire

La valeur de sortie de l'appareil, c'est-à-dire la valeur relevée N_r (lecture de l'appareil indicateur) ou la tension U (mesure en sortie directe), est liée à la valeur conventionnellement vraie du taux d'entrée N_e par la relation:

$$N_r = kN_e + N_{ro} \text{ ou } U = kN_e + U_o \quad (1)$$

dans laquelle:

k = une constante appelée «constante théorique» de l'appareil donnée par le constructeur, et

N_{ro} ou U_o = la valeur de sortie lorsque l'entrée de l'appareil est débranchée, ouverte et blindée et donc que $N_e = 0$.

La valeur N_{ro} ou U_o doit être indiquée par le constructeur et être négligeable. On vérifie qu'il en est ainsi.

Note. — Certains ictomètres possèdent à dessein un décalage, par exemple pour la soustraction du niveau général de rayonnement.

It is desirable that the direct output be derived directly from the counting ratemeter circuit itself. The circuits following the direct output are either tested separately according to usual methods, or tested as a whole with the ratemeter. When the circuits include an indicating meter, its operating error shall be given by the manufacturer of the ratemeter.

This method has the advantage of permitting the calculation of the relative error from the absolute error on the direct output voltage both for linear and logarithmic instruments.

The measurement of the direct output voltage with a digital voltmeter of four to five significant digits facilitates the performance of the described tests. In particular, the tests related to the study of variations and stability take rather a long time and it is very convenient to note the direct output voltage with a recorder. This is another advantage presented by direct output measurement.

5. Characteristics and test methods

5.1 Effective range (see Sub-clause 3.2.2)

The effective range is fixed by the manufacturer who indicates the lower $N_{(min)}$ and upper $N_{(max)}$ limits. The rated range (Sub-clause 3.2.1) coincides with the effective range.

Suitable pulses are provided at the ratemeter input by means of a pulse generator. Pulse characteristics are verified with a fast oscilloscope. The effective range is then checked by varying the generator frequency between $N_{(min)}$ and $N_{(max)}$.

Generally, linear instruments are multi-range and have an effective range for each switch position while logarithmic instruments are single range.

The manufacturer shall also indicate which types of pulses may enter the instrument (maximum amplitude, rise and fall times, duration, shape, polarity, etc.).

5.2 Theoretical constants

5.2.1 Linear ratemeter

The output indication of the instrument, i.e. the indicating-instrument reading N_r or the voltage U (direct output measurement), is related to the conventionally true pulse rate value N_c as follows:

$$N_r = kN_c + N_{r0} \text{ or } U = kN_c + U_0 \quad (1)$$

where:

k = a constant called the "theoretical constant" of the instrument, given by the manufacturer, and

N_{r0} or U_0 = the output value read or measured when the input of the instrument is disconnected, open, and shielded so that $N_c = 0$.

The N_{r0} or U_0 value shall be given by the manufacturer and shall normally be negligible. It should be verified that this is so.

Note. — Certain ratemeters may be designed to have a deliberate offset, for example for background subtraction.

La relation (1) peut être simplifiée et on tire :

$$k = \frac{N_r}{N_c} \text{ ou } k = \frac{U}{N_c} \quad (2)$$

On injecte à l'entrée un taux d'impulsion $N_{c(\max)}$ et on prend pour k la valeur :

$$k = \frac{N_{r(\max)}}{N_{c(\max)}} \text{ ou } k = \frac{U_{(\max)}}{N_{c(\max)}}$$

Il y a une valeur de k pour chaque calibre de l'ictomètre linéaire. On compare cette valeur à celle du constructeur.

5.2.2 Ictomètres logarithmiques

Dans le cas de la « lecture de l'appareil indicateur », la valeur relevée N_r et la valeur conventionnellement vraie du taux d'entrée N_c sont liées, comme au paragraphe 5.2.1, par la formule :

$$N_r = kN_c + N_{r0}$$

Les valeurs de N_r et de N_c sont portées sur un papier log-log et la valeur de la « constante théorique » k donnée par le constructeur est vérifiée comme au paragraphe 5.2.1.

Dans le cas de la « mesure en sortie directe », la valeur de sortie U de l'appareil est liée à la valeur conventionnellement vraie du taux d'entrée N_c par la relation :

$$U = a \log(bN_c) \quad (3)$$

dans laquelle a et b sont les « constantes théoriques » de l'appareil indiquées par le constructeur.

Sur un papier à graduation logarithmique en abscisses et linéaire en ordonnées, on trace la droite théorique ① correspondant à la relation (3) (voir figure 2, page 26).

On injecte des taux d'impulsions N_c égaux à chaque puissance de 10 et on relève les valeurs N_r ou U correspondantes. On obtient ainsi, sur le papier gradué, des points de mesure permettant de tracer la courbe réelle ③.

On trace alors la droite moyenne ② en répartissant au mieux les points de la courbe ③. Cette droite représente la relation fonctionnelle correspondant à la formule (3).

On en déduit la valeur de a qui est la pente de la droite moyenne par : $a = U_{(\max)} / (n_2 - n_1)$. L'intersection de cette droite avec l'axe des abscisses donne une valeur N_0 qui permet de déterminer b par : $b = 1/N_0$. On compare les valeurs trouvées pour a et b avec celles du fournisseur.

5.3 Caractéristiques d'entrée

Elles sont indiquées par le constructeur qui donne les caractéristiques limites, par exemple, forme, polarité, amplitude, signal présent et signal absent, durée minimale de l'impulsion, temps de montée maximale, temps de descente, impédance d'entrée, etc. Tout le domaine est vérifié, en employant un générateur d'impulsions « marginal », c'est-à-dire produisant des impulsions présentant une combinaison appropriée de caractéristiques limites.

5.4 Caractéristiques de sortie

5.4.1 Impédance dynamique

Elle est définie par le quotient d'une variation ΔU de la tension de sortie de l'appareil, par la variation ΔI du courant de sortie : $Z = \frac{\Delta U}{\Delta I}$.

The relationship (1) is then simplified and becomes:

$$k = \frac{N_r}{N_c} \text{ or } k = \frac{U}{N_c} \quad (2)$$

A pulse rate $N_{c(\max)}$ is injected at the input and the k value is taken as:

$$k = \frac{N_{r(\max)}}{N_{c(\max)}} \text{ or } k = \frac{U_{(\max)}}{N_{c(\max)}}$$

There is a k value for each switch position (range) of the linear ratemeter. This value should be compared with the manufacturer's value.

5.2.2 Logarithmic ratemeter

For the "indicating meter reading", the value read N_r is related to the conventionally true pulse rate N_c , as in Sub-clause 5.2.1, by the formula:

$$N_r = kN_c + N_{r0}$$

The N_r and N_c values are plotted on log-log scale paper and the "theoretical constant" k , given by the manufacturer, is verified as in Sub-clause 5.2.1.

For the "direct output measurement", the instrument output U is related to the conventionally true pulse rate N_c as follows:

$$U = a \log (bN_c) \quad (3)$$

where a and b are the instrument theoretical constants given by the manufacturer.

The theoretical straight line ① (see Figure 2, page 27) corresponding to the relationship (3) is plotted with a logarithmic scale as abscissae and a linear scale as ordinates.

Pulse rates N_c equal to each decade are injected at the input and the corresponding values of N_r or U are recorded. Thus, measurement points are obtained enabling the practical graph ③ to be plotted.

The mean straight line ② is then drawn giving the best distribution of the measurement points about the line. This straight line represents the functional relationship corresponding to the formula (3).

The a value of the slope of the mean straight line is then deduced by: $a = U_{(\max)} / (n_2 - n_1)$. The intersection of this line with the abscissae axis gives a value N_0 from which b is determined by: $b = 1/N_0$. The values for a and b are compared with the manufacturer's values.

5.3 Input characteristics

These are stated by the manufacturer who gives limit characteristics, for example shape, polarity, amplitude, signal present and signal absent states, minimum pulse duration, maximum pulse rise time, fall time, input impedance, etc. Operation over the range is tested using a "marginal" pulse generator, i.e. one which gives appropriate combinations of limit conditions.

5.4 Output characteristics

5.4.1 Dynamic impedance

This is defined as the quotient of an output voltage variation ΔU and the associated output current variation ΔI : $Z = \frac{\Delta U}{\Delta I}$.

Le constructeur indique la valeur limite de Z .

Voir la méthode de vérification au paragraphe 5.17.

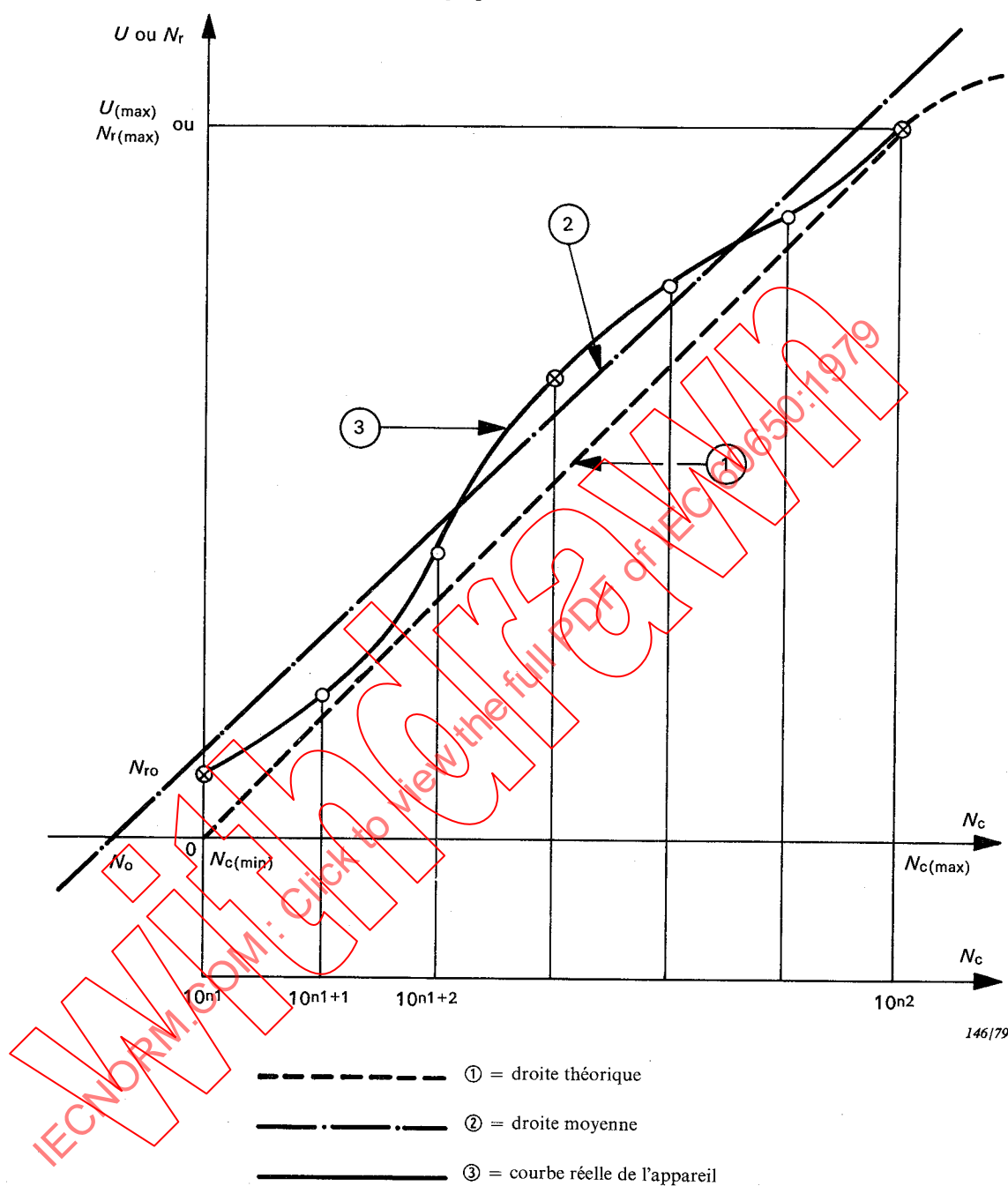


FIG. 2. — Réponse de l'ictomètre logarithmique.

5.4.2 Courant maximal de charge (sortie en tension)

Le constructeur indique le courant de sortie maximal que peut fournir l'appareil.

C'est le courant maximal pour lequel l'ictomètre reste dans le domaine de ses caractéristiques.

Voir la méthode de vérification au paragraphe 5.17.

The manufacturer indicates the limit value for Z .

See the verification method in Sub-clause 5.17.

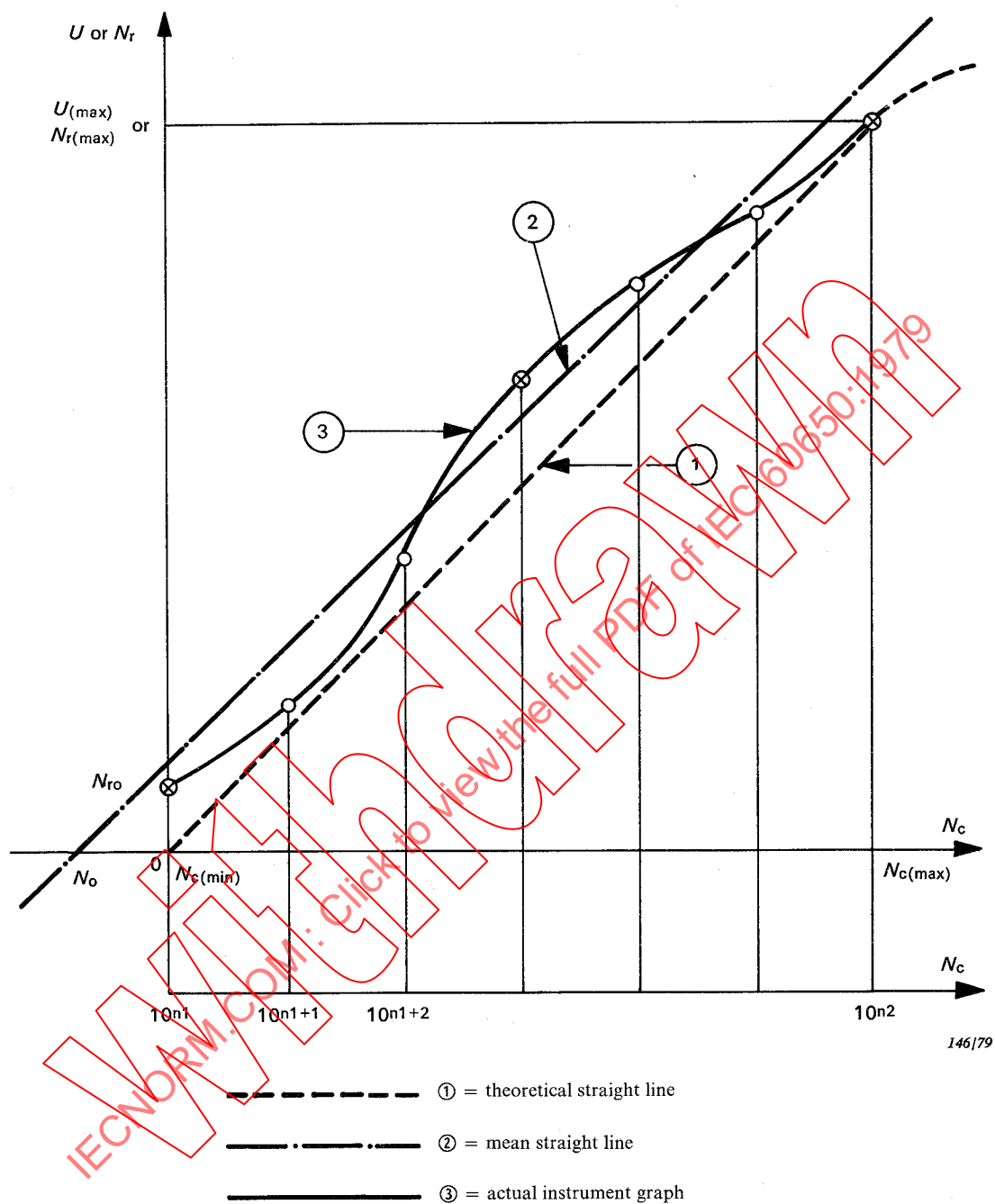


FIG. 2. — Response of logarithmic ratemeter.

5.4.2 Maximum load current (voltage output)

The maximum output current which the instrument is able to provide is given by the manufacturer.

This is the maximum current for which the ratemeter remains in its specified range.

See the verification method in Sub-clause 5.17.

5.4.3 Impédance maximale de charge (sortie en courant)

C'est l'impédance maximale de charge d'utilisation qui ne perturbe pas de plus d'un pourcentage déterminé le courant de sortie nominal pour le taux d'impulsions d'entrée maximal.

Le générateur étant réglé à la valeur maximale, on branche à la sortie des impédances de valeurs croissantes, on mesure le courant de sortie et on détermine alors l'impédance maximale de charge.

5.4.4 Capacité de charge

C'est la valeur maximale de la capacité que l'on peut raccorder à la sortie de l'appareil en restant dans les limites normales de fonctionnement.

Cette valeur est indiquée par le constructeur.

On peut la vérifier en raccordant des capacités croissantes à la sortie jusqu'à une valeur pour laquelle l'appareil ne fonctionne plus normalement (début d'oscillations, par exemple, ou temps de réponse augmentant au-delà de la valeur spécifiée).

5.5 Temps de réponse et temps d'établissement

Ces caractéristiques sont définies aux paragraphes 3.2.12 et 3.2.14.

On mesure les temps de réponse et les temps d'établissement à la montée et à la descente, comme indiqué ci-après ou avec un chronomètre électronique.

Les variations des échelons du taux d'impulsions N ainsi que les variations de l'indication de sortie (N_r ou U) à prendre en compte sont indiquées dans le tableau II.

Pour les icromètres avec sortie directe, il est indispensable que la sortie ne soit pas chargée de façon à affecter le temps de réponse et le temps d'établissement.

Lorsque des échelons de variations du taux d'impulsions différents auront été adoptés, il faudra préciser les valeurs exactes de départ et d'arrivée que l'on aura utilisées.

La figure 3, page 30, représente (dans le cas d'un appareil linéaire) les différents temps de réponse (à la montée t_m , à la descente t_{rf}) et temps d'établissement (à la montée t_{sr} , à la descente t_{st}).

Notes 1. — Pour les icromètres linéaires, le temps de réponse devra être indiqué pour chaque calibre.

2. — Pour les icromètres logarithmiques, le temps de réponse devra être indiqué pour chaque puissance de 10 du taux d'impulsions.

3. — L'appareil peut comporter plusieurs temps de réponse commutables.

4. — Le temps de réponse peut aussi être déterminé pour 86,5% de la valeur finale, correspondant au double de la constante de temps de l'appareil.

5. — Pour un icromètre linéaire à «double constante de temps», on détermine le temps de réponse à 63% puis à 97% de la valeur de l'indication de sortie.

5.4.3 Maximum load impedance (current output)

This is the maximum usable load impedance which does not disturb the nominal output current by more than a given percentage when the input pulse rate is at a maximum.

With the generator set to provide the maximum input pulse rate, one may connect at the output impedances of increasing value and by measuring the output current, determine the maximum load impedance.

5.4.4 Load capacitance

This is the maximum value of the capacitance that may be connected to the instrument output for it to remain within the normal limits of use.

This value is given by the manufacturer.

It may be verified by connecting increasing capacitances at the output until the instrument no longer operates normally (oscillations start, for example, or the response time increases beyond the specified value).

5.5 Response time and settling time

These characteristics are defined in Sub-clauses 3.2.12 and 3.2.14.

Response times and settling times are measured, for both rising and falling rates, as indicated below or with an electronic chronometer.

The step variations of pulse rate N as well as the variations of the output indication (N_r or U) to be used are indicated in Table II.

For ratemeters with a direct output, it is essential not to load the output in a manner which affects the response and settling times.

If different step variations of pulse rate have been chosen, the precise stop and start values shall be indicated.

Figure 3, page 31, shows (in the case of a linear instrument) the different response times (rising t_{rr} , falling t_{rf}) and the different settling times (rising t_{sr} , falling t_{sf}).

Notes 1. — For linear ratemeters, the response time shall be indicated for each switch position (range).

2. — For logarithmic ratemeters, the response time shall be indicated for each decade of pulse rate.

3. — The instrument may have several switched response times.

4. — The response time may also be determined for 86.5% of the final value which corresponds to double the time constant.

5. — For a linear ratemeter with "double time constant", the response time is determined to 63%, then to 97% of the output value.

TABEAU II

Variations des grandeurs d'entrée et de sortie

Sens	Types	Variation-échelon du taux d'impulsions	Variation de l'indication de sortie	
			Temps de réponse	Temps d'établissement
Montée	Appareils linéaires	0 à $N_{(\max)}$ du calibre étudié	0 à 0,9 N_r ou 0 à 0,9 U	0 à (0,9 ou 1,10) N_r^* ou 0 à (0,9 ou 1,10) U^*
	Appareils logarithmiques	N à 10 N	N_r à 9 N_r ou variation de U correspondante**	N_r à (9 ou 11) N_r^* ou variation de U correspondante
Descente	Appareils linéaires	$N_{(\max)}$ du calibre considéré à 0	N_r à 0,10 N_r ou U à 0,10 U	N_r à $\pm$ (0,10 N_r)* ou U à $\pm$ (0,10 U)*
	Appareils logarithmiques	10 N à N	N_r à 0,11 N_r ou variation de U correspondante	N_r à (0,11 ou 0,09) N_r^* ou variation de U correspondante
* Le temps d'établissement est déterminé par l'instant où le signal de sortie ne sort plus de la région située entre ces deux valeurs (voir figure 3). ** En logarithmique, 90% à la sortie correspond à 80% de l'échelon du taux d'impulsions.				

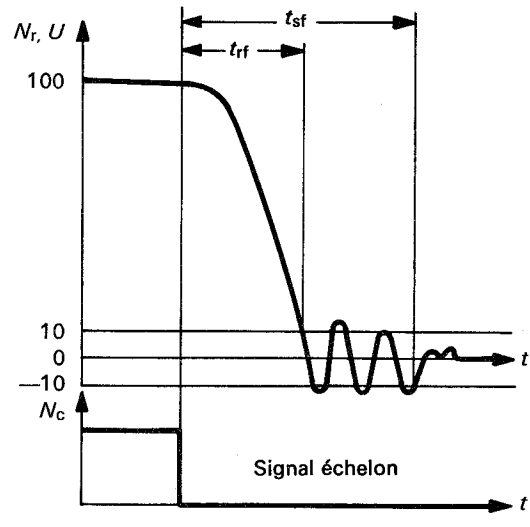
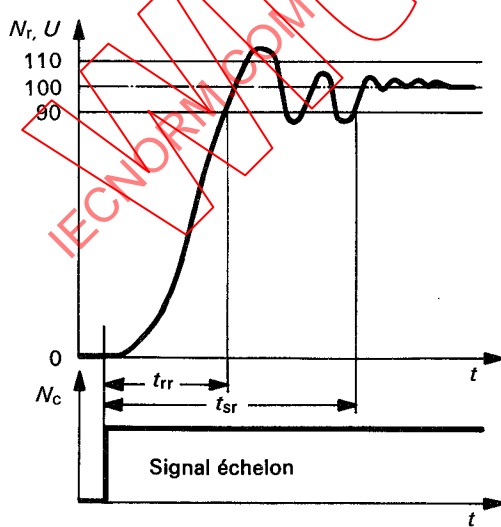


FIG. 3. — Temps de réponse et temps d'établissement.

TABLE II

Input and output variations

Direction	Types	Pulse rate step variation	Output indication variation	
			Response time	Settling time
Rise	Linear instruments	0 to $N_{(\max)}$ of the range being studied	0 to $0.9 N_r$ or 0 to $0.9 U$	0 to $(0.9 \text{ or } 1.10) N_r^*$ or 0 to $(0.9 \text{ or } 1.10) U^*$
	Logarithmic instruments	N to $10 N$	N_r to $9 N_r$ or corresponding U variation**	N_r to $(9 \text{ or } 11) N_r^*$ or corresponding U variation
Fall	Linear instruments	$N_{(\max)}$ of the range being studied to 0	N_r to $0.10 N_r$ or U to $0.10 U$	N_r to $\pm (0.10 N_r)^*$ or U to $\pm (0.10 U)^*$
	Logarithmic instruments	$10 N$ to N	N_r to $0.11 N_r$ or corresponding U variation	N_r to $(0.11 \text{ or } 0.09) N_r^*$ or corresponding U variation

* The settling time is determined at the moment when the output indication reaches and remains within the region between those two values (see Figure 3).

** In logarithmic, 90% at the output corresponds to 80% of the step pulse rate.

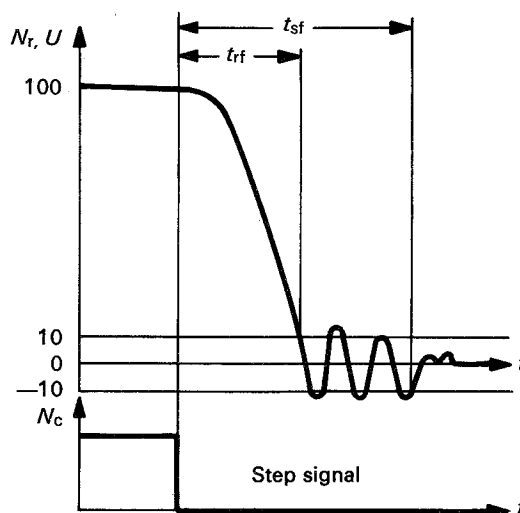
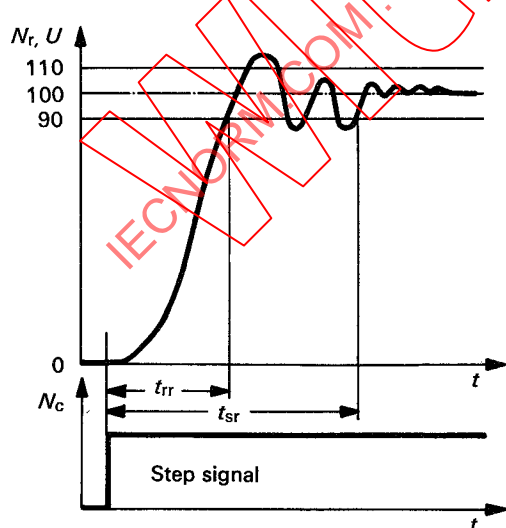


FIG. 3. — Response time, settling time.

5.5.1 Temps relativement brefs (cas général)

Dans le cas général où les temps à mesurer sont brefs, par exemple inférieurs à 1 s, on emploie un oscilloscope à deux voies et à balayage lent possédant une bonne rémanence et on photographie le signal de sortie.

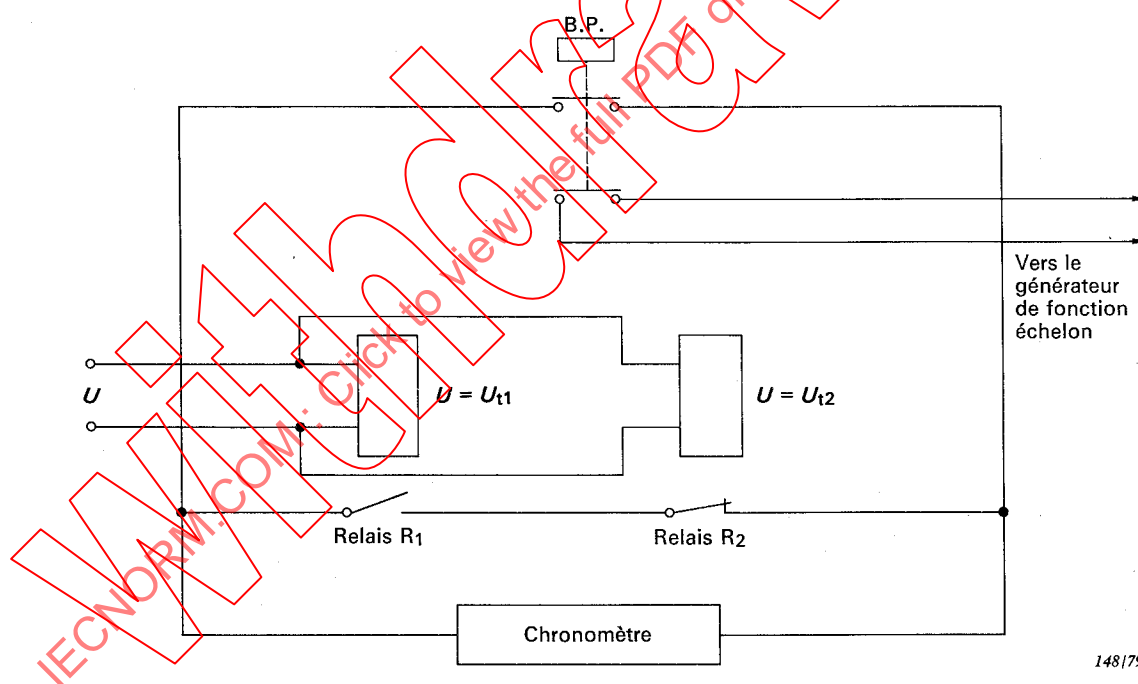
La figure 3, page 30, représente un exemple de lecture possible des temps de réponse et d'établissement à la montée et à la descente sur un oscillogramme.

Si on ne dispose que d'un oscilloscope simple trace, on se donne un repère pour l'instant de départ.

5.5.2 Temps relativement longs

Il s'agit des temps supérieurs, par exemple, à 1 s.

- Si on ne dispose pas de sortie directe, seule la lecture de l'indicateur est possible. On mesure les temps au chronomètre et la précision est faible.
- Si on dispose d'une sortie directe, on utilise par exemple deux relais à seuil et un chronomètre électronique suivant le montage représenté à la figure 4. Cette méthode ne permet de mesurer que les temps de réponse. Pour mesurer les temps d'établissement, il faut avoir recours à un oscilloscope ou à un enregistreur afin de voir le dernier passage dans la zone considérée.



148/79

FIG. 4. — Mesure des temps de réponse.

Note. — Le bouton-poussoir B.P. permet de maintenir le fonctionnement du chronomètre dans le cas où des rebondissements se produiraient.

Les relais sont réglés pour des tensions de déclenchement U_{11} et U_{12} correspondant aux valeurs des taux d'impulsions donnés dans le tableau III et liés à un taux d'impulsions N . On peut choisir pour N les valeurs $\frac{N_{(max)}}{10}$ et $N_{(max)}$ pour chaque calibre (2 mesures).

5.5.1 Comparatively short times (general case)

In the general case where the times to be measured are short, for instance shorter than 1 s, a two-trace slow sweep oscilloscope with suitable persistence is used and the output signal is photographed.

Figure 3, page 31, shows an example where response time and settling time for both rise and fall can be read from an oscillogram.

When only a single-trace oscilloscope is available, a reference mark will be taken as the starting moment.

5.5.2 Comparatively long times

The times in question are greater than, for example, 1 s.

- When a direct output is not provided, only the indicating meter is available. Times are then measured with a chronometer and the precision is low.
- When a direct output is available, two threshold relays and an electronic chronometer can be used according to the arrangement shown in Figure 4. With this method, it is possible only to measure the response times. In order to measure the settling times, an oscilloscope or a recorder is necessary to see the last passage in the considered region.

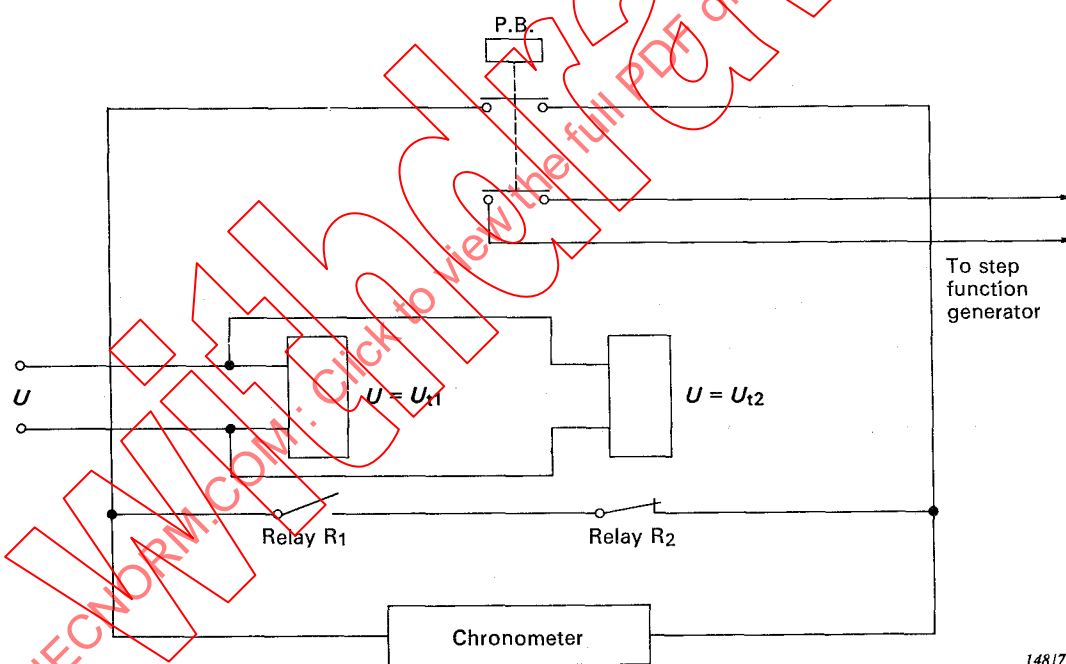


FIG. 4. — Response time measurement.

Note. — The push-button P.B. permits the chronometer to continue operating, should contact rebound occur.

The relays are set at triggering voltages U_{t1} and U_{t2} corresponding to the pulse rate values given in Table III and related to the pulse rate N . The values $\frac{N_{(max)}}{10}$ and $N_{(max)}$ (2 measurements) may be chosen for each switch position (range).

Pour commander le départ de l'échelon de variation à l'entrée et du chronomètre, on appuie sur le bouton poussoir B.P. (laisser appuyé quelques secondes, et relâcher dès que le relais R_1 s'est enclenché). Le premier relais R_1 étant enclenché, le deuxième relais R_2 est en position de repos et maintient fermé le circuit. L'apparition d'une tension U_{12} ouvre le relais R_2 et le chronomètre s'arrête de compter.

Pour la mesure des temps de descente le relais R_2 est choisi de façon que son seuil de déclenchement inférieur soit plus petit que les valeurs indiquées dans le tableau III.

TABLEAU III

Valeurs de déclenchement

Sens		Montée		Descente	
Tension de déclenchement		U_{11}	U_{12}	U_{11}	U_{12}
Taux d'impulsions	Appareils linéaires	0	0,9 N	N	0,1 N
	Appareils logarithmiques	0,1 N	0,9 N	N	0,11 N

5.6 Temps de montée

En modifiant le montage de la figure 4, page 32, on peut mesurer également le temps de montée (voir paragraphe 3.2.11).

Les deux relais R_1 et R_2 sont montés en série avec le chronomètre et le contacteur C qui, cette fois-ci, reste enclenché après action (voir figure 5, page 36).

TABLEAU IV

Valeurs de déclenchement

Sens		Montée		Descente	
Tension de déclenchement		U_{11}	U_{12}	U_{11}	U_{12}
Taux d'impulsions	Appareils linéaires	0,1 N	0,9 N	0,9 N	0,1 N
	Appareils logarithmiques	0,11 N	0,9 N	0,9 N	0,11 N

To control the input step-variation and the chronometer start, press push-button P.B. (keep pressed for a few seconds and release as soon as R_1 relay has operated). The first relay R_1 being on, the second relay R_2 is off and keeps the circuit closed. When the voltage U_{t2} is reached, relay R_2 opens and the chronometer ceases to record.

When measuring fall times, the relay R_2 is chosen such that its lower triggering threshold is less than the values given in Table III.

TABLE III

Triggering values

Direction		Rise		Fall	
Triggering voltage		U_{t1}	U_{t2}	U_{t1}	U_{t2}
Pulse rate	Linear instruments	0	0.9 N	N	0.1 N
	Logarithmic instruments	0.1 N	0.9 N	N	0.11 N

5.6 Rise time

By modifying the Figure 4, page 33, arrangement, we can also measure the rise time (see Sub-clause 3.2.11).

The two relays R_1 and R_2 are in series with the chronometer and the contact C which, this time, stays closed after action (see Figure 5, page 37).

TABLE IV

Triggering values

Direction		Rise		Fall	
Triggering voltage		U_{t1}	U_{t2}	U_{t1}	U_{t2}
Pulse rate	Linear instruments	0.1 N	0.9 N	0.9 N	0.1 N
	Logarithmic instruments	0.11 N	0.9 N	0.9 N	0.11 N

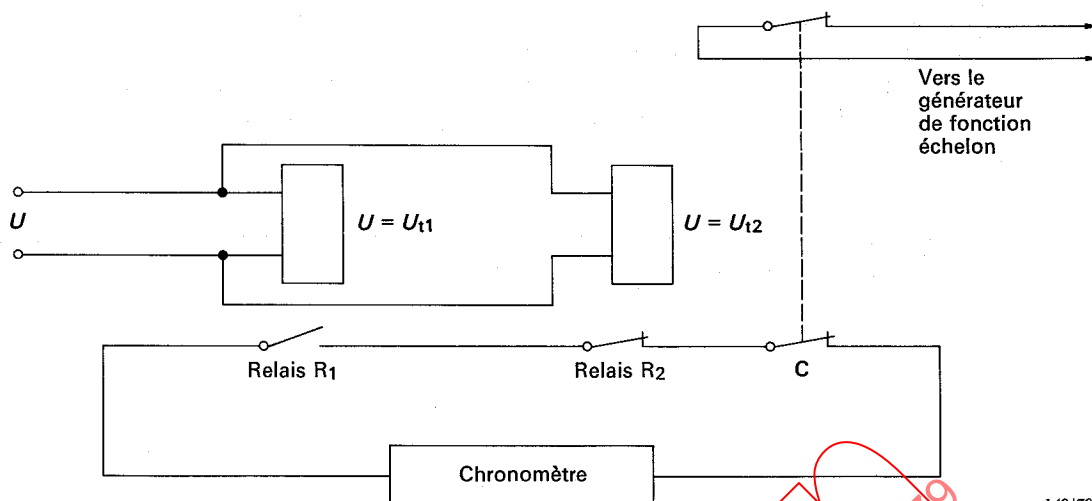


FIG. 5. — Mesure des temps de montée.

149/79

5.7 Temps de récupération (voir paragraphe 3.2.16)

Un taux d'impulsions de valeur* et de durée suffisantes pour obtenir la saturation de l'ictomètre (voir paragraphe 5.12.3) est envoyé à son entrée. Ce taux est ensuite ramené à une valeur comprise à l'intérieur de l'étendue de mesure de l'appareil. On mesure le temps entre le moment où la valeur de sortie commence à baisser et celui où cette valeur de sortie atteint et reste dans une zone ne différant de la valeur stable finale que d'un pourcentage déterminé du taux de comptage maximal. On prend ce pourcentage égal à 10%.

Dans l'exemple de la figure 6, on a envoyé un taux d'entrée $10 N_{(\max)}$. L'appareil s'est bloqué à une valeur $N_{r(\text{sat})}$ ou $U_{(\text{sat})}$. On a arrêté le générateur d'impulsions. Le temps de récupération est noté entre l'instant de cet arrêt et l'instant où la valeur de sortie arrive et reste dans la zone entre 0 et 10% $N_{(\max)}$. On vérifie ensuite que l'appareil a repris son fonctionnement normal.

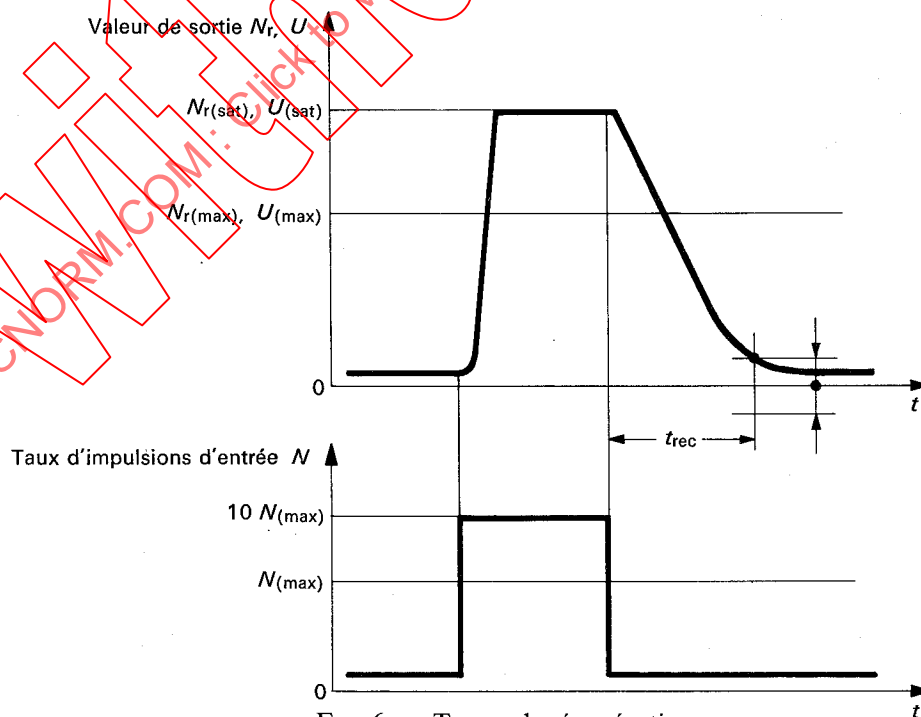


FIG. 6. — Temps de récupération.

150/79

* Donnée par le constructeur.

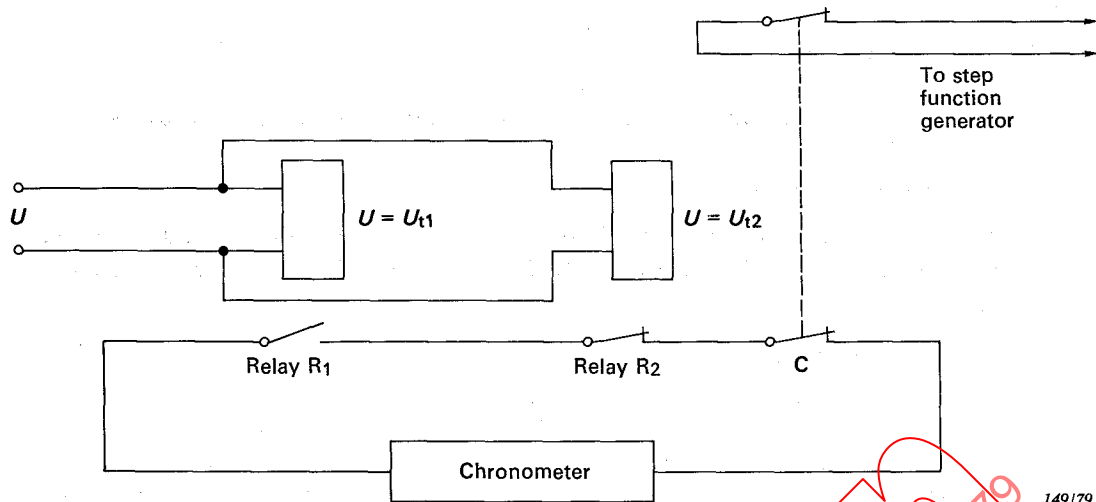


FIG. 5. — Rise-time measurement.

149/79

5.7 Restoration time (see Sub-clause 3.2.16)

A pulse rate of sufficient value* and duration to saturate the ratemeter is supplied at the input (see Sub-clause 5.12.3). This rate is then reduced to a value within the range of the instrument. The time is measured between the moment of reduction and the moment when the output value reaches and remains within a zone differing from the final value by a specified percentage of the maximum counting rate. This percentage is taken equal to 10%.

In the example of Figure 6, a counting rate of $10 N_{(max)}$ has been supplied at the input. The instrument blocks itself at a saturation value $N_{r(sat)}$ or $U_{(sat)}$. The pulse generator is then stopped. The restoration time is measured between the moment of stopping and the moment when the output value reaches and remains in the zone within 0 and 10% $N_{(max)}$. The normal working of the instrument is then verified.

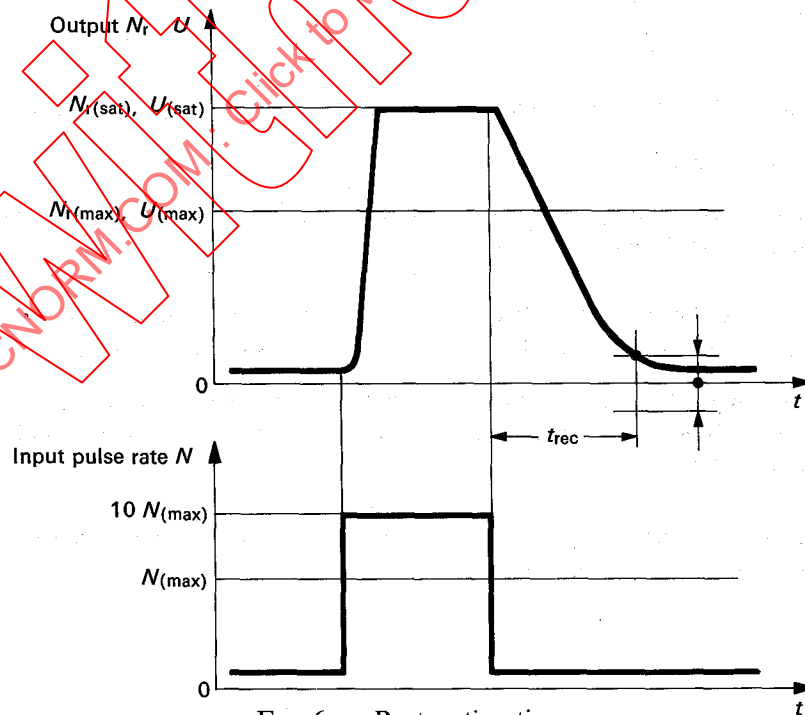


FIG. 6. — Restoration time.

150/79

* Given by the manufacturer.

5.8 Erreurs — Expression générale

Pour ces essais on devrait utiliser des impulsions aléatoires ou pseudo-aléatoires*.

5.8.1 Lecture de l'appareil indicateur

On fait varier le taux d'impulsions N_c fourni par le générateur. Pour chaque valeur conventionnellement vraie N_c , on relève la valeur lue N_r et on détermine l'erreur pour chacun des points choisis.

L'erreur relative est donnée par :

$$e = \left| \frac{N_r - N_c}{N_c} \right|$$

Note. — Une caractéristique souvent considérée est la valeur maximale de cette erreur relative correspondant à un taux d'impulsions N_c .

5.8.2 Mesure en sortie directe

En opérant comme ci-dessus, on mesure la tension de sortie U correspondant à chaque taux d'impulsions N_c .

On calcule $U_c = kN_c$ pour les ictomètres linéaires ou $U_c = a \log (bN_c)$ pour les ictomètres logarithmiques.

L'erreur relative sur la tension est :

$$e = \pm \left| \frac{U - U_c}{U_c} \right|$$

On indique les valeurs maximales positive et négative de cette erreur relative.

Pour les ictomètres linéaires, les erreurs relatives sur la tension U et sur le taux de comptage N sont les mêmes : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta N}{N}$.

Pour les ictomètres logarithmiques, la relation entre $\frac{\Delta U}{U}$ et $\frac{\Delta N}{N}$ peut s'obtenir à partir de la formule $U = a \log (bN)$.

Les ictomètres logarithmiques ont une échelle «quasi-logarithmique» car le taux de comptage zéro est indiqué normalement sur l'échelle.

5.8.3 Pour les ictomètres linéaires, on calcule l'erreur relative e en cinq points, pour les ictomètres logarithmiques en $n + 1$ points, n étant le nombre de puissances de 10 de l'appareil.

On retient la valeur absolue maximale de l'erreur relative soit pour chaque calibre, soit pour l'ensemble des calibres, et en outre on indique la valeur de N_r qui correspond à un taux d'impulsions nul, soit : $\pm N_{ro}$.

5.8.4 D'autre part, pour les ictomètres logarithmiques, il est commode, pour déterminer plus aisément l'erreur relative maximale sur le taux de comptage

$$\pm \left| \frac{\Delta N}{N} \right|_{(\max)}$$

* Spécifiées par le constructeur.

5.8 Errors—General expression

Random or pseudo-random pulses should be used for these tests.*

5.8.1 Indicating-instrument reading

The pulse rate N_c provided by the generator is varied. For each conventionally true value N_c , the reading N_r is noted and the error is determined for each of the chosen points.

The relative error is given by:

$$e = \left| \frac{N_r - N_c}{N_c} \right|$$

Note. — The maximum absolute value of this error corresponding to a pulse rate N_c is an often considered characteristic.

5.8.2 Direct output measurement

As above, the output voltage U corresponding to each pulse rate N_c is measured.

$U_c = kN_c$ is calculated for linear ratemeters or $U_c = a \log(bN_c)$ for logarithmic ratemeters.

The relative error on the voltage is deduced:

$$e = \pm \left| \frac{U - U_c}{U_c} \right|$$

and the maximum positive and negative values of this error are then indicated.

For linear ratemeters, the relative errors on the voltage U and on the counting rate N are the same: $\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta N}{N}$.

For logarithmic ratemeters, the relation between $\frac{\Delta U}{U}$ and $\frac{\Delta N}{N}$ can be obtained starting from the formula $U = a \log(bN)$.

Logarithmic ratemeters typically have a “quasi-logarithmic” scale since zero counting rate is normally displayed on scale.

5.8.3 For linear ratemeters, the relative error e is calculated for five points; for logarithmic ratemeters, for $n + 1$ points, where n is the number of decades.

The maximum absolute value of the relative error is recorded either for each range or for all ranges. In addition, the value N_r corresponding to a zero input pulse rate is indicated as: $\pm N_{r0}$.

5.8.4 For logarithmic ratemeters, to determine more easily the maximum relative error on the counting rate

$$\pm \left| \frac{\Delta N}{N} \right|_{(\max)}$$

* Specified by the manufacturer.

d'exprimer $\frac{\Delta N}{N}$ en fonction de l'erreur absolue sur la tension $\pm \Delta U$ à l'aide d'un tableau de correspondance ou d'une courbe.

On trouve dans les annexes B et C deux exemples de courbes:

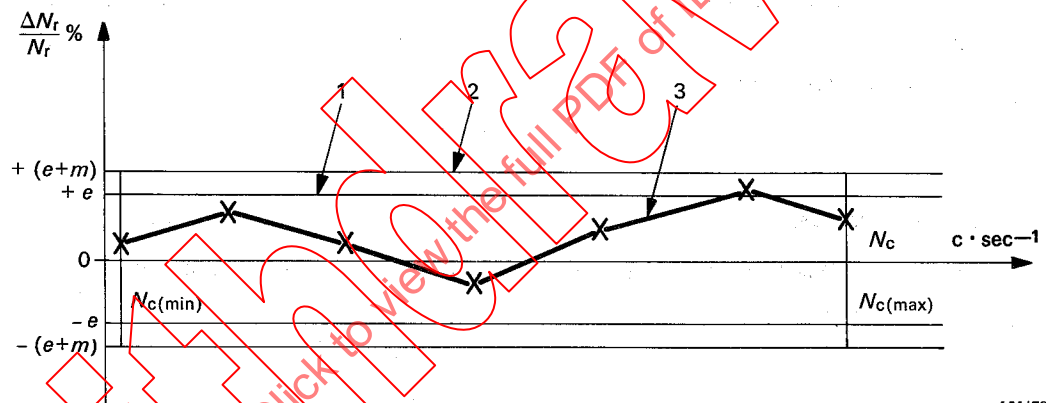
$$\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U) \text{ pour } U_{(\max)} = 10 \text{ V}$$

pour un appareil à 6 puissances de 10 (figure 15, page 74) et à 7 puissances de 10 (figure 16, page 76). Ces courbes montrent que la valeur de l'erreur dépend du signe de ΔU . On indique les valeurs maximales positive et négative de l'erreur relative sur le taux de comptage.

5.8.5 Présentation des résultats

La présentation des résultats sous forme d'un diagramme analogue à la figure 7 permet d'apprécier les différentes valeurs de l'erreur relative $\frac{\Delta N_r}{N_r}$ pour les différentes valeurs du taux d'impulsions N_c .

Dans le cas représenté sur la figure, l'appareil est acceptable par l'utilisateur puisque l'erreur maximale observée (voir paragraphe 3.4.6) est inférieure à l'erreur admise $\pm (e + m)\%$, m étant l'erreur de l'appareil (générateur d'impulsions) utilisé pour la vérification.



- 1 = erreur relative admise $e\%$ de l'appareil
- 2 = erreur relative admise + erreur du générateur d'impulsions, soit $(e + m)\%$
- 3 = ligne réunissant les points de mesure obtenus.

FIG. 7. — Exemple de diagramme d'erreur.

5.9 Classe de précision

Pour déterminer la classe de précision, on retient les valeurs suivantes:

5.9.1 Pour les ictomètres linéaires: la valeur maximale de l'erreur absolue exprimée en pourcentage du taux de comptage maximal, soit:

$$C = 100 \frac{|N_r - N_c|_{(\max)}}{N_{c(\max)}}$$

Cette valeur est appelée «indice de classe» (voir Publication 359 de la CEI).

Note. — Pour les appareils multicalibres, il y a une valeur C par calibre puisqu'il existe un taux de comptage maximal par calibre.

it is convenient to express $\frac{\Delta N}{N}$ as a function of the absolute error on the voltage $\pm \Delta U$ with the help of a table or a graph.

Two examples of typical curves are shown in Appendices B and C:

$$\frac{\Delta N}{N} = f(\Delta U) \text{ with } U_{(\max)} = 10 \text{ V}$$

for an instrument with 6 decades (Figure 15, page 75) and for an instrument with 7 decades (Figure 16, page 77). These graphs show that the value of the error depends on the sign of ΔU . The maximum positive and negative values of the counting rate relative error are indicated.

5.8.5 Presentation of results

The presentation of the results in a diagram such as Figure 7 allows the appreciation of the different values of the relative error $\frac{\Delta N_r}{N_r}$ for the different values of the pulse rate N_c .

In the case illustrated in the figure, the instrument is acceptable to the user since the observed maximum error (see Sub-clause 3.4.6) is less than the admitted error $\pm (e + m)\%$, where m is the error of the pulse generator used in the verification.

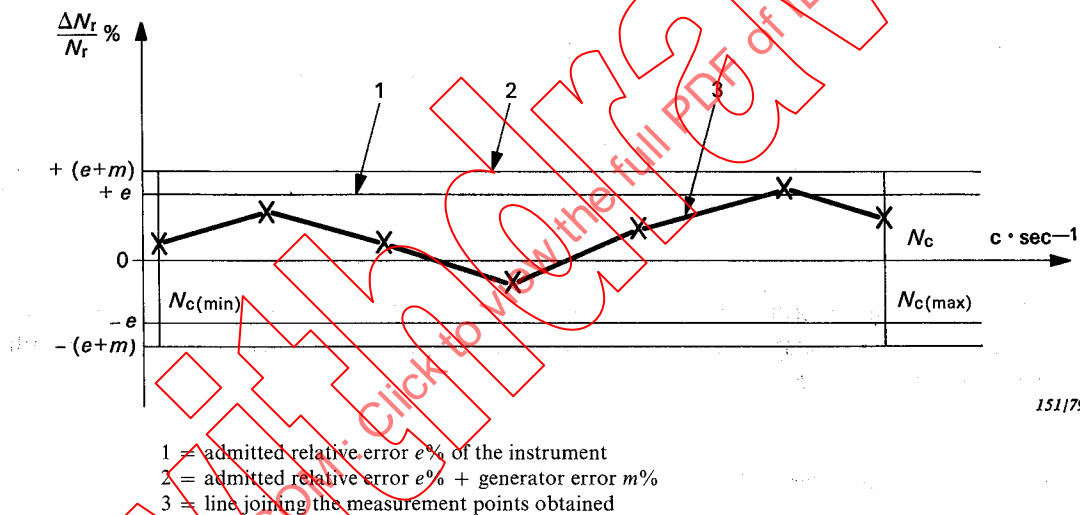


FIG. 7. — Typical errors diagram.

5.9 Accuracy class

For the determination of the accuracy class, the following values are noted:

5.9.1 For linear ratemeters: the maximum value of the absolute error expressed as a percentage of the maximum counting rate:

$$C = 100 \frac{|N_r - N_c|_{(\max)}}{N_{c(\max)}}$$

This value is called “class index” (see IEC Publication 359).

Note. — Multi-range instruments have a C value for each range since they have a maximum counting rate for each range.

5.9.2 Pour les ictomètres logarithmiques, de façon analogue, la valeur :

$$C = 100 \frac{|U - U_c|_{(\max)}}{U_{c(\max)}}$$

appelée « indice de classe en tension ».

Note. — La figure 15, page 74, à l'annexe B (pour un appareil à 6 puissances de 10 et avec $U_{(\max)} = 10$ V) montre que pour $\Delta U = \pm 0,1$ V soit un indice de classe $C = 1\%$, on a une erreur relative $\frac{\Delta N}{N}$ sur le taux de comptage égale à $+14,8\%$ et à $-12,9\%$.

Pour $\Delta U = \pm 0,5$ V, soit $C = 5\%$, on a $\frac{\Delta N}{N} = +100\%$ et -50% .

5.10 Erreur statique

L'erreur statique est définie par l'écart entre le signal de sortie U et la tension U_c calculée pour une valeur fixe N_c du taux d'impulsions.

Elle s'exprime en pourcentage à l'aide de l'équation :

$$e_{\text{sta}} = 100 \frac{U - U_c}{U_{c(\max)}} \text{ pour le linéaire et}$$

$$e_{\text{sta}} = 100 \frac{U - U_c}{a} \text{ pour le logarithmique.}$$

On indique souvent la valeur la plus élevée.

5.11 Erreur dynamique

L'erreur dynamique est définie comme la valeur maximale de l'erreur statique quand on fait varier linéairement ou exponentiellement N_c dans le temps. La mesure peut être faite pour plusieurs valeurs de la pente dN_c/dt .

5.12 Erreur de linéarité (intégrale)

5.12.1 Pour l'étude de cette caractéristique de fonctionnement, on doit par définition (voir paragraphe 3.4.5), tracer une droite de référence. Dans le cas des ictomètres linéaires, cette droite représente, selon la méthode de mesure utilisée, soit $N_r = f(N_c)$, soit $U = f(U_c)$.

Dans le cas des ictomètres logarithmiques, $N_r = f(N_c)$ devrait être tracé sur papier log-log, ce qui est peu pratique; aussi on représente de préférence $U = f(N_c)$ ou $U = f(U_c)$ qui peuvent être tracés sur papier lin-log.

On effectue une série de mesures permettant de dresser le tableau de correspondance entre N_r ou U et N_c ou U_c . On trace, suivant l'exemple représenté à la figure 8, page 44, la courbe qui relie les points de mesure (courbe ③).

5.9.2 For logarithmic ratemeters, similarly, the value

$$C = 100 \frac{|U - U_c|_{(\max)}}{U_{c(\max)}}$$

is called “voltage class index”.

Note. — The graph given in Figure 15, page 75, Appendix B (for an instrument with 6 decades and for $U_{(\max)} = 10$ V) shows that when $\Delta U = \pm 0.1$ V, i.e. a class index $C = 1\%$, then the counting rate relative error $\frac{\Delta N}{N}$ is $+14.8\%$ and -12.9% .

When $\Delta U = \pm 0.5$ V, i.e. $C = 5\%$, then $\frac{\Delta N}{N} = +100\%$ and -50% .

5.10 Static error

The static error is defined as the difference between the output signal U , and the calculated output voltage U_c for a fixed pulse rate N_c .

It is expressed as a percentage by the equation:

$$e_{\text{sta}} = 100 \frac{U - U_c}{U_{c(\max)}} \text{ for linear and}$$

$$e_{\text{sta}} = 100 \frac{U - U_c}{a} \text{ for logarithmic instruments.}$$

The greatest value is often indicated.

5.11 Dynamic error

The dynamic error is defined as the maximum value of the static error when N_c varies linearly or exponentially with time. The measurement may be made for several values of the slope dN_c/dt .

5.12 (Integral) Linearity error

5.12.1 It is necessary, by definition (see Sub-clause 3.4.5), to draw a straight reference line in order to study this operational characteristic. In the case of linear ratemeters this straight line represents, according to the method of measurements used, either $N_r = f(N_c)$, or $U = f(U_c)$.

In the case of logarithmic ratemeters, $N_r = f(N_c)$ should ideally be drawn on log-log paper but this is not very practical, therefore instead, $U = f(N_c)$ or $U = f(U_c)$, are presented, and these may be drawn on lin-log paper.

A sequence of measurements is made, allowing a table of the correspondence between N_r or U and N_c or U_c to be set up. The graph joining the measurement points (curve ③) is drawn according to the example shown in Figure 8, page 45.

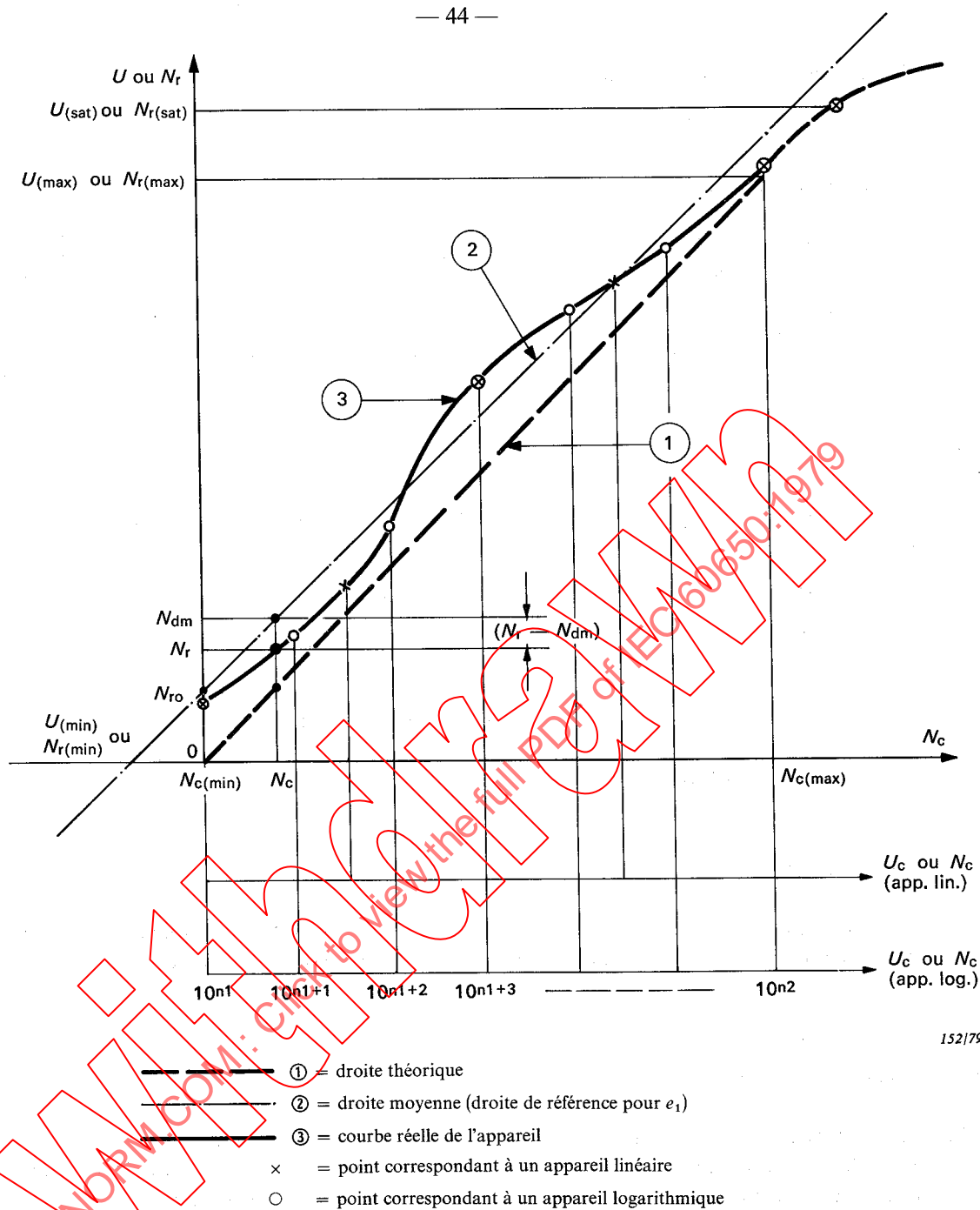


FIG. 8. — Caractéristiques de linéarité.

5.12.2 On trace, soit au jugé, soit à l'aide d'une méthode mathématique, comme la méthode des moindres carrés ou la méthode des moyennes discontinues, la droite moyenne la plus voisine possible des points de mesure (droite ②).

L'erreur de linéarité (intégrale) en un point est définie par:

$$e_1 = \frac{N_r - N_{dm}}{N_{dm}}$$

où:

N_r = ordonnée de la courbe réelle ③ correspondant à une abscisse N_c , et

N_{dm} = ordonnée de la droite moyenne ② correspondant à la même abscisse N_c .

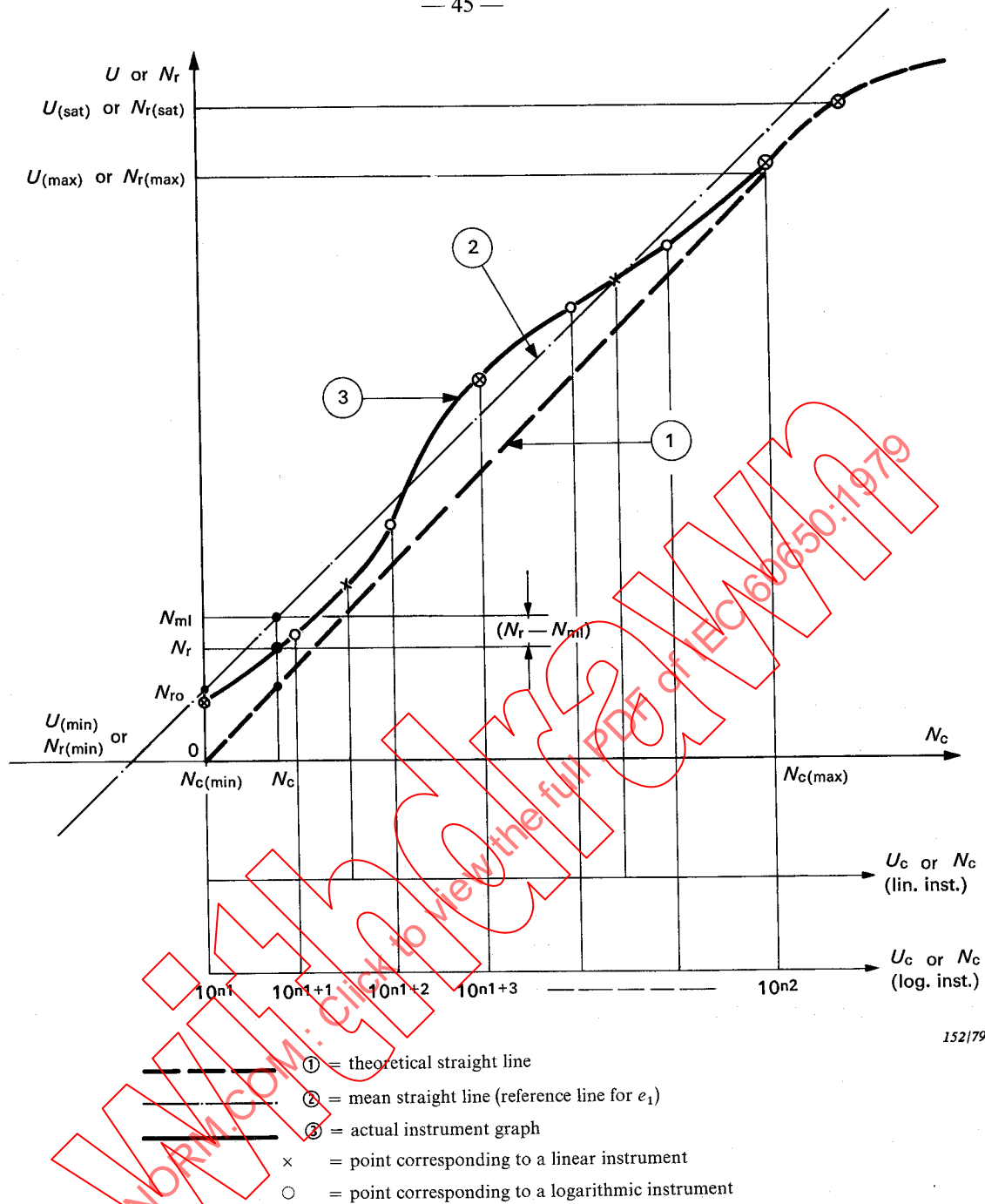


FIG. 8. — Linearity characteristics.

5.12.2 The mean straight line (line ②) is drawn, either by inspection, or by a mathematical method such as the least squares method or the discontinuous mean method.

The (integral) linearity error at a precise point is defined by:

$$e_1 = \frac{N_r - N_{ml}}{N_{ml}}$$

where:

N_r = curve ③ ordinate corresponding to the abscissa N_c , and

N_{ml} = line ② ordinate corresponding to the same abscissa N_c .

Dans le cas des ictomètres linéaires, on indique :

$$e_1 = \frac{|(N_r - N_{dm})|_{(max)}}{N_{dm(max)}}$$

Dans le cas des ictomètres logarithmiques, on indique :

$$e_1 = \pm |e_{1(max)}|$$

Notes 1. — Dans certains cas la courbe réelle de l'appareil (courbe ③, figure 8, page 44) s'éloigne tellement peu de la droite moyenne (courbe ②, figure 8) que la lecture de e_1 peut être très difficile à faire. On trace alors la courbe $\Delta U = U - U_c = f(U_c)$, et on détermine e_1 par rapport à la droite moyenne obtenue.

2. — Ces essais devraient être faits en utilisant des impulsions aléatoires (ou des impulsions pseudo-aléatoires spécifiées).

5.12.3 Saturation

Si on augmente le taux d'impulsions au-delà de $N_{c(max)}$, on observe qu'à partir d'une certaine valeur $N_{r(sat)}$ l'indication de sortie N_r (ou U) cesse d'augmenter et devient pratiquement constante.

On note la valeur $N_{r(sat)}$ ou $U_{(sat)}$.

5.13 Erreur de stabilité (variations dans le temps)

5.13.1 L'erreur de stabilité de l'appareil est déterminée en relevant soit l'écart maximal de l'indication de sortie ΔU soit la pente maximale $\frac{\Delta U}{\Delta t}$ de cet écart pendant une durée spécifiée Δt .

La durée spécifiée est de :

- 1 h pour l'erreur de stabilité à court terme;
- 7 h et 24 h pour les erreurs de stabilité à moyen terme;
- 10 jours pour l'erreur de stabilité à long terme;
- 3 mois pour l'erreur de stabilité à très long terme.

5.13.2 L'emploi d'un voltmètre enregistreur est pratiquement obligatoire et on a avantage à l'utiliser avec une méthode d'opposition.

Les mesures ne commencent qu'après un arrêt de l'appareil d'au moins 1 h.

Le taux d'impulsion est réglé à $\frac{N_{c(max)}}{2}$ * pendant les mesures et l'instant origine est donné par la fin du temps de stabilisation préalable (voir paragraphe 3.3.5) (30 min à 60 min).

La figure 9, page 48, représente l'allure générale d'un enregistrement.

On note les valeurs des différentes dérives relevées que l'on exprime en ΔU (ou en $\frac{\Delta U}{\Delta t}$) ou encore

en $\frac{\Delta U}{U}$ (ou en $\frac{\Delta U/U}{\Delta t}$) en x heures.

* Les valeurs moitié sont recommandées car les valeurs maximales pourraient conduire à des difficultés de mesure lorsqu'on obtient des valeurs $N_{r(max)} > N_{c(max)}$ ou $U_{(max)} > U_{c(max)}$.

For linear ratemeters, the value is indicated:

$$e_1 = \frac{|(N_r - N_{ml})|_{(max)}}{N_{ml(max)}}$$

For logarithmic ratemeters, the value is indicated:

$$e_1 = \pm |e_{1(max)}|$$

Notes 1. — In some cases, the actual instrument graph (line ③, Figure 8, page 45) deviates so little from the mean straight line (line ②, Figure 8) that the e_1 reading may be very difficult to obtain. The graph $\Delta U = U - U_c = f(U_c)$ is then drawn and e_1 determined from the mean straight line obtained.

2. — These tests should be made using random pulses (or specified pseudo-random pulses).

5.12.3 Saturation

When the input pulse rate is increased beyond $N_{c(max)}$, it is observed that from a particular value $N_{r(sat)}$ the output indication N_r (or U) ceases to increase and becomes practically constant.

The $N_{r(sat)}$ or $U_{(sat)}$ value is noted.

5.13 Stability error (variation with time)

5.13.1 The instrument stability error is determined by noting either the maximum deviation ΔU of the output indication or the maximum slope of this deviation $\frac{\Delta U}{\Delta t}$ during a specified time interval Δt .

The specified time interval is:

- 1 h for the short-term stability error;
- 7 h and 24 h for the medium-term stability errors;
- 10 days for the long-term stability error;
- 3 months for the very long-term stability error.

5.13.2 The use of a recording voltmeter is essential in practice and it is advantageous to use it in an opposition method.

The measurements do not start until the instrument has been switched off for at least 1 h.

The pulse rate is set at $\frac{N_{c(max)}}{2}$ * during the measurements and the drift figures are taken after a period equal to the preliminary stabilization time (see Sub-clause 3.3.5) (30 min to 60 min).

Figure 9, page 49, shows a typical recording.

The different drift values are noted and expressed as ΔU (or $\frac{\Delta U}{\Delta t}$) or as $\frac{\Delta U}{U}$ (or $\frac{\Delta U/U}{\Delta t}$) in x hours.

* Half-values are recommended because the maximum values might cause measurement difficulties when obtaining values $N_{r(max)} > N_{c(max)}$ or $U_{(max)} > U_{c(max)}$.

On peut aussi indiquer :

$$e_s = 100 \frac{\Delta U}{U_{(\max)}} \text{ pour les ictomètres linéaires ou}$$

$$e_s = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ pour les ictomètres logarithmiques.}$$

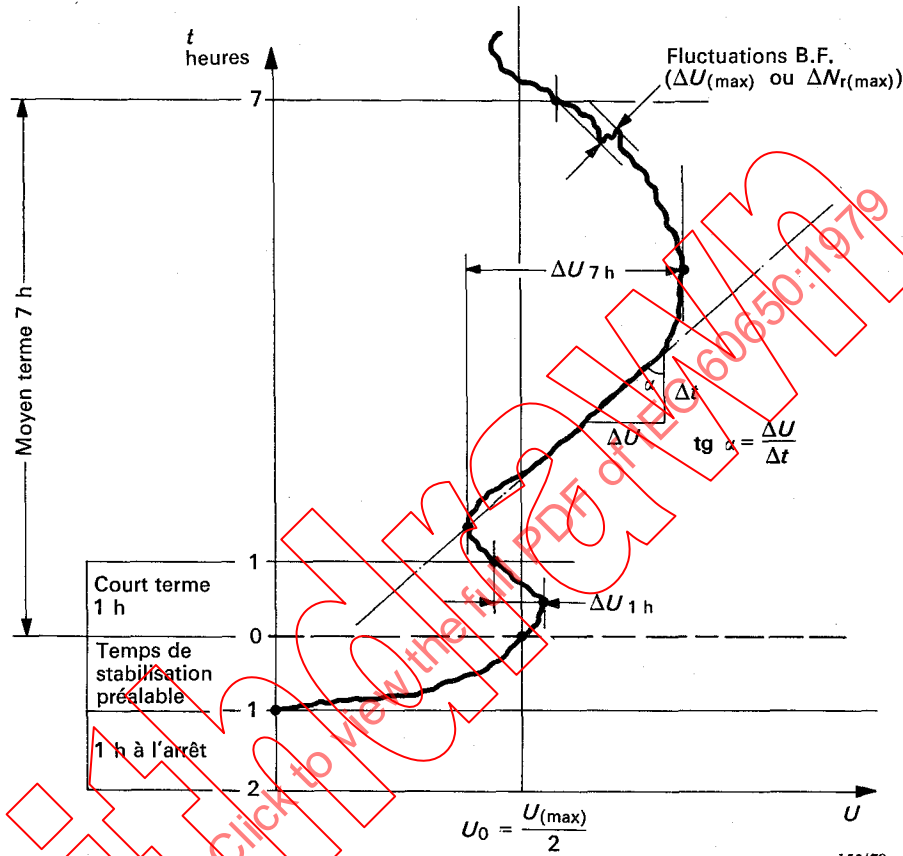


FIG. 9. — Erreur de stabilité.

Note. — Généralement, on peut relever sur l'enregistrement obtenu la valeur maximale crête à crête des fluctuations à basse fréquence de U autour de sa valeur moyenne.

5.14 Fluctuations de l'indication de sortie

Ce sont les variations basse et haute fréquence de l'indication de sortie. On les observe soit pour un taux d'impulsions nul, entrée blindée*, soit pour un taux d'impulsions correspondant au milieu de l'étendue de mesure $N = \frac{N_{c(\max)}}{2}$.

5.14.1 Si on ne dispose pas d'une sortie directe, on ne peut que lire la variation maximale sur l'indicateur et on indique si possible la variation de part et d'autre de l'indication de sortie.

* Voir la note du paragraphe 4.2.

The following values may also be indicated:

$$e_s = 100 \frac{\Delta U}{U_{(\max)}} \text{ for linear ratemeters,}$$

$$e_s = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ for logarithmic ratemeters.}$$

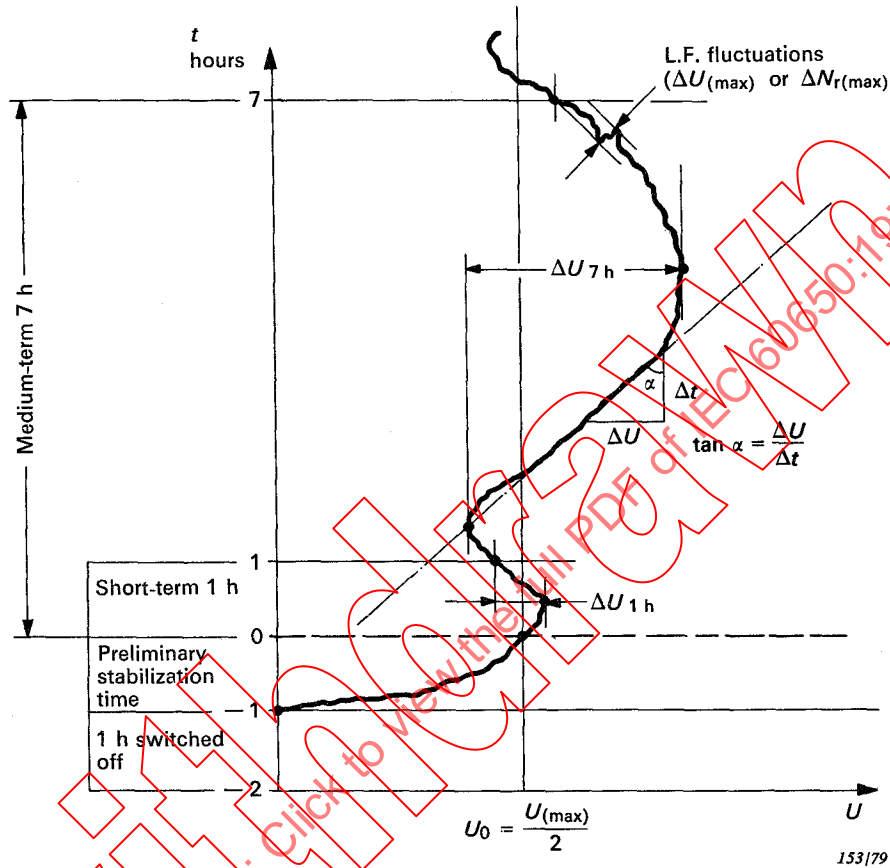


FIG. 9. — Stability error.

Note. — Generally, it is possible to observe on the recording the maximum peak-to-peak value of the low-frequency fluctuations of U about its mean value.

5.14 Output indication fluctuations

These are the high and low-frequency output indication variations observed either with a zero pulse-rate, shielded input*, or when $N = \frac{N_{c(\max)}}{2}$.

5.14.1 When a direct output is not available on an instrument, only the maximum variation on the indicating meter can be read and where possible the variation on each side of the output indication is noted.

* See note in Sub-clause 4.2.

5.14.2 Si on dispose d'une sortie directe, les fluctuations haute fréquence sont lues sur un oscilloscope à grande sensibilité (1 mV/cm à 5 mV/cm par exemple) et de bande passante à 3 dB près supérieure ou égale à 4 MHz, dont on a pris soin de régler la brillance du spot à sa valeur maximale.

On indique la valeur maximale crête à crête observée $\Delta U_{HF(max)}$ pour $N = 0$ et pour $N = \frac{N_{c(max)}}{2}$.

Les fluctuations basse fréquence sont lues sur un enregistreur de bande passante à 3 dB d'environ 1 Hz et on indique la valeur maximale crête à crête observée $\Delta U_{BF(max)}$ pour $N = 0$ et pour $N = \frac{N_{c(max)}}{2}$.

On peut indiquer:

$$F = 100 \frac{\Delta U}{U_{(max)}} \text{ pour les ictomètres linéaires ou}$$

$$F = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ pour les ictomètres logarithmiques.}$$

5.14.3 On peut également mesurer le bruit à la sortie de l'appareil au moyen d'un voltmètre de valeur efficace et éventuellement d'un amplificateur sélectif.

5.15 Variations en fonction de la tension d'alimentation

Les essais correspondants sont en principe exécutés avec un taux d'impulsions réglé à $\frac{N_{(max)}}{2}$ et avec un courant de sortie nul ou très faible.

5.15.1 Alimentation directe par le réseau alternatif

On règle successivement la tension d'alimentation de l'ictomètre aux valeurs: U_N (tension nominale), $U_N + 10\%$, $U_N - 10\%$. On relève les valeurs U_0 , U_1 et U_2 correspondantes. La figure 10 représente l'allure d'un enregistrement obtenu avec un appareil qui présente, à titre d'exemple, une dérive à court terme très importante.

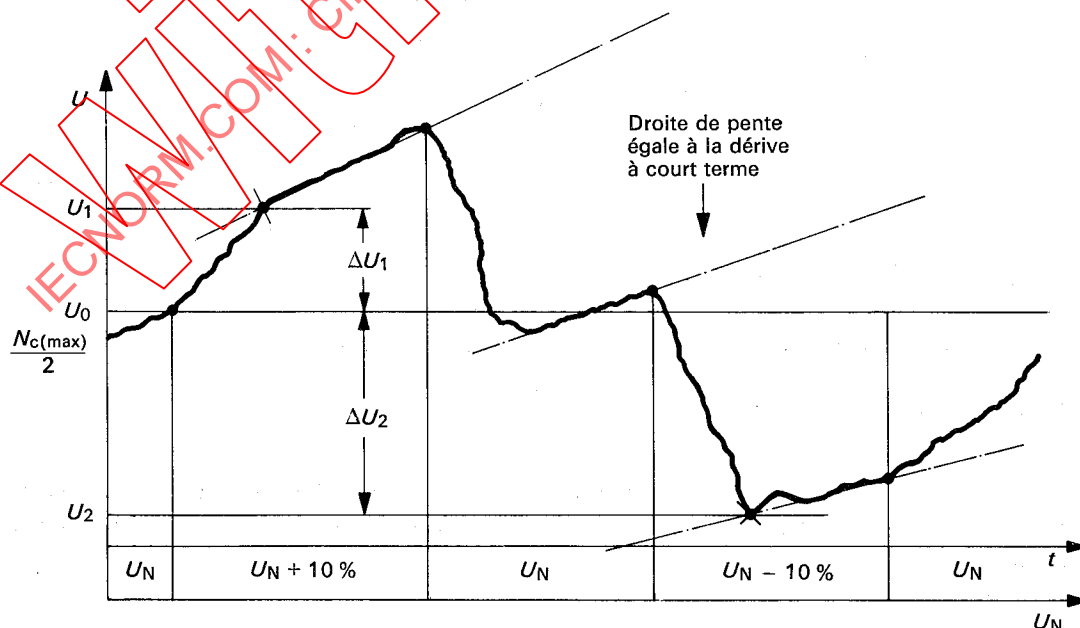


FIG. 10. — Variations en fonction de la tension du réseau.

5.14.2 When a direct output is available, high-frequency fluctuations are read on a high-sensitivity oscilloscope (1 mV/cm to 5 mV/cm for example) with a 3 dB bandwidth greater than or equal to 4 MHz, whose spot brightness has been carefully set at its maximum value. The observed peak-to-peak maximum value $\Delta U_{\text{HF(max)}}$ for: $N = 0$ and $N = \frac{N_{\text{c(max)}}}{2}$ are indicated.

Low-frequency fluctuations are read with a recorder with a 3 dB bandwidth of about 1 Hz and the observed peak-to-peak maximum values $\Delta U_{\text{LF(max)}}$ for: $N = 0$ and $N = \frac{N_{\text{c(max)}}}{2}$ are indicated. Also:

$$F = 100 \frac{\Delta U}{U_{(\text{max})}} \text{ for linear ratemeters or}$$

$$F = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ for logarithmic ratemeters}$$

may be indicated.

5.14.3 The noise value at the direct output may equally be measured by means of an r.m.s. voltmeter and possibly a frequency-selective amplifier.

5.15 Variations as a function of supply voltage

The related tests are generally performed with a counting rate set at $\frac{N_{(\text{max})}}{2}$ and an output current equal to zero or near zero.

5.15.1 Direct supply from alternating mains

The ratemeter supply voltage is successively set at U_N (rated mains voltage), $U_N + 10\%$, $U_N - 10\%$. The corresponding values of U_0 , U_1 and U_2 are noted. Figure 10 shows a typical recording obtained with an instrument having as an example a significant short-term drift.

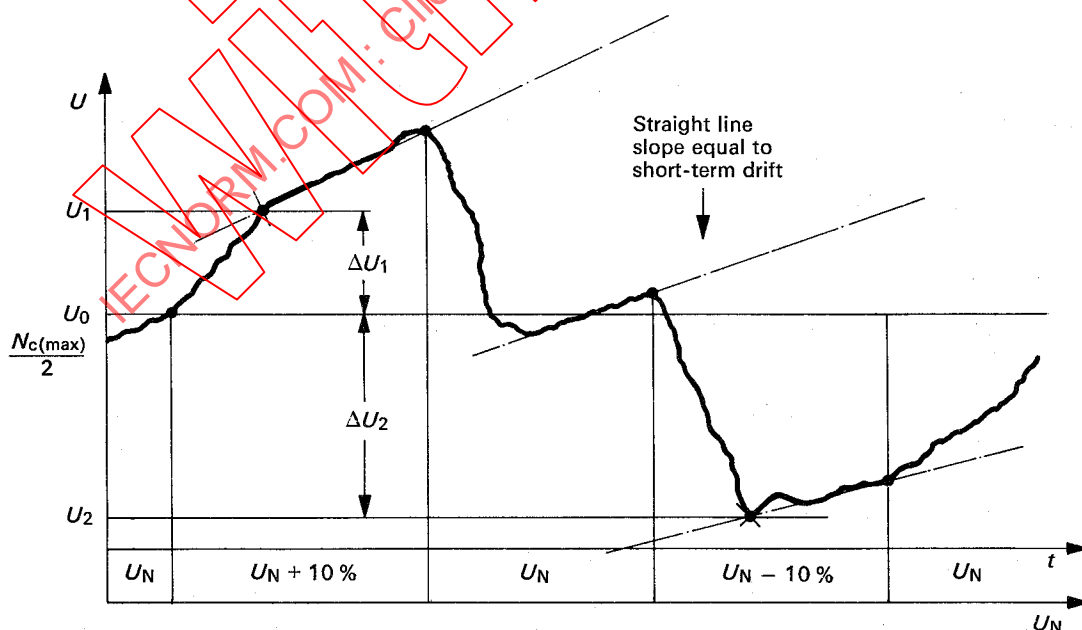


FIG. 10. — Variations as a function of mains voltage.

Le choix de la valeur de U à retenir peut présenter quelques difficultés, car s'il est toujours possible de s'affranchir des fluctuations en traçant une courbe moyenne « lissant la courbe réelle », il faut définir une méthode permettant de s'affranchir de la dérive.

On opère comme suit:

- a) Si l'appareil présente peu ou pas de dérive, la courbe moyenne est une droite parallèle à l'axe. L'ordonnée de cette droite définira la valeur de U .
- b) Si la dérive est relativement importante (cas de la figure 10, page 50), la courbe moyenne n'est pas parallèle à l'axe mais peut être décomposée en un tronçon curviligne suivi d'un tronçon linéaire.

On prendra pour U la valeur correspondant au début de la partie linéaire, ce point étant soit déterminé au jugé, soit défini comme l'intersection de la courbe moyenne et d'une droite de pente égale à la dérive à court terme que l'on superpose à la partie linéaire de la courbe moyenne.

$$\text{On calcule } \Delta U_1 = |U_1 - U_0| \text{ et } \Delta U_2 = |U_2 - U_0|$$

On indique la variation totale en fonction de la tension d'alimentation rapportée à la valeur U_N , soit:

$$K_{u(\text{tot})} = \frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{U_N} = \frac{U_1 - U_2}{U_N}$$

On peut aussi indiquer la variation maximale rapportée à U_N , soit:

$$K_{u(\text{max})} = \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{U_N}$$

où $\Delta U_{(\text{max})}$ est la plus grande des deux valeurs ΔU_1 ou ΔU_2 .

Enfin, on peut encore donner l'erreur relative maximale due aux variations de tension:

$$e_u = 100 \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{U_{(\text{max})}} \text{ pour les ictomètres linéaires ou}$$

$$e_u = 100 \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{a} \text{ pour les ictomètres logarithmiques.}$$

5.15.2 Alimentation par une source de courant continu non stabilisée

Si l'ictomètre est alimenté par l'intermédiaire d'une source de courant continu, 24 V ou 48 V par exemple, on opère comme ci-dessus en prenant pour valeurs successives de la tension d'alimentation U_N , $U_N + 10\%$, $U_N - 10\%$.

Les mêmes coefficients que précédemment sont indiqués.

5.15.3 Alimentation par une alimentation stabilisée

On opère comme précédemment, en prenant comme tension fournie à l'ictomètre les valeurs U_N , $U_N + 1\%$, $U_N - 1\%$.

Dans le cas où l'alimentation stabilisée est incorporée à l'appareil, on est ramené au cas du paragraphe précédent.

5.15.4 Tensions limites de fonctionnement

Après quelques minutes de fonctionnement à $U_N + 10\%$ (voir paragraphes 5.15.1 et 5.15.2), la tension d'alimentation est portée à $U_N + 20\%$ (voir paragraphe 5.15.1) ou $U_N + 15\%$ (voir paragraphe 5.15.2) pendant 1 min. L'ictomètre doit avoir retrouvé ses caractéristiques spécifiées en moins de 30 min lorsqu'il est ramené dans les conditions nominales de fonctionnement.

The choice of the value of U may be difficult because although it is always possible to ignore fluctuations by drawing a mean curve “smoothing” the actual curve, it is necessary to define a method which will avoid the effects of drift.

This is done as follows:

- a) When the instrument has little or no drift, the mean graph will be a straight line parallel with the axis. This straight line ordinate defines U .
- b) When the drift is comparatively large (as in Figure 10, page 51), the mean graph is not parallel with the axis but may be divided into a curvilinear part followed by a linear part.

The value corresponding to the beginning of the linear part will be taken as U , this point being determined either by inspection, or defined as the intersection between the mean graph and a straight line whose slope equals that of the short-term drift. This line is superimposed on the linear part of the mean graph.

$$\Delta U_1 = |U_1 - U_0| \text{ and } \Delta U_2 = |U_2 - U_0|$$

are calculated.

The total variation value as a function of supply voltage referred to U_N is given by:

$$K_{u(\text{tot})} = \frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{U_N} = \frac{U_1 - U_2}{U_N}$$

The maximum variation referred to U_N may also be indicated as:

$$K_{u(\text{max})} = \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{U_N}$$

where $\Delta U_{(\text{max})}$ is the greater of the two values ΔU_1 and ΔU_2 .

Lastly, the maximum relative error due to voltage changes may be given:

$$e_u = 100 \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{U_{(\text{max})}} \text{ for linear ratemeters or}$$

$$e_u = 100 \frac{\Delta U_{(\text{max})}}{a} \text{ for logarithmic ratemeters.}$$

5.15.2 Non-stabilized d.c. supply

When the ratemeter is supplied from a d.c. source, 24 V or 48 V for example, tests shall be performed as above and successive supply voltage values U_N , $U_N + 10\%$, $U_N - 10\%$ shall be taken.

The same coefficients as previously stated are indicated.

5.15.3 Stabilized voltage supply

The test shall be performed as above, but the voltage supplied to the ratemeter shall be U_N , $U_N + 1\%$, $U_N - 1\%$.

If the stabilized voltage supply is incorporated in the instrument, the same procedure as in the previous sub-clause is applied.

5.15.4 Limit supply voltages for operation

The instrument having operated a few minutes with a supply voltage of $U_N + 10\%$ (see Sub-clauses 5.15.1 and 5.15.2), the supply voltage is then set to $U_N + 20\%$ (see Sub-clause 5.15.1) or $U_N + 15\%$ (see Sub-clause 5.15.2) for 1 min. The ratemeter again shall satisfy its performance characteristics in less than 30 min after returning to the rated operating conditions.

D'autre part, on détermine la tension de décrochage U_d au-dessous de laquelle l'appareil ne fonctionne plus normalement. (En pratique, la valeur de l'indication baisse brutalement ou l'ondulation résiduelle augmente fortement lorsqu'on atteint U_d .)

5.16 Variations en fonction de la température

5.16.1 On opère suivant les prescriptions du chapitre II de la Publication 68-2-14 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais — Essai N: Variations de température. Les températures haute et basse sont choisies en fonction de l'utilisation envisagée.

La durée de l'exposition est suffisante pour permettre l'équilibre thermique de l'air à l'intérieur de l'appareil à $\pm 2^\circ\text{C}$. Le taux d'impulsions est égal à $\frac{N_{c(\max)}}{2}$ et on relève les valeurs des tensions de sortie U_1 , U_2 , etc., correspondant aux différentes températures. Un seul cycle est prévu et la température de référence est, sauf spécification contraire, égale à $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

La figure 11 représente l'allure d'un enregistrement obtenu avec un appareil qui présente une dérive à court terme importante.

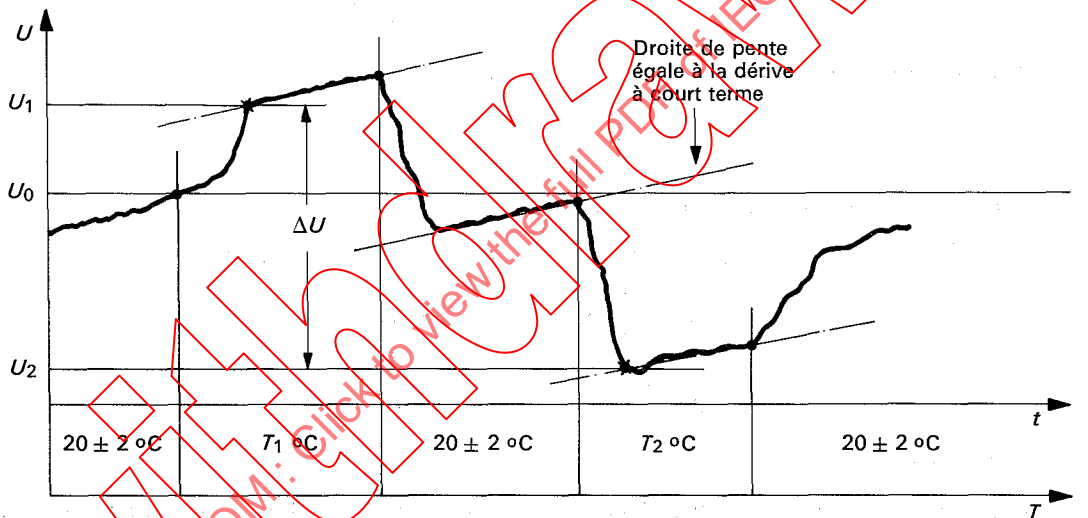


FIG. 11. — Variations en fonction de la température.

5.16.2 L'écart relatif entre deux températures T_1 et T_2 peut être exprimé par $k_{1-2} = \frac{U_1 - U_2}{U_0}$ où U_0 est la tension de sortie à la température de référence. On peut indiquer la valeur de k entre 5°C et 40°C . On peut également indiquer la variation relative moyenne par degré Celsius:

$\alpha_{1-2} = \frac{k_{1-2}}{T_2 - T_1}$. Cette valeur peut être donnée par exemple entre 5°C et 20°C et entre 20°C et 40°C .

Enfin, on indique l'erreur relative due aux variations de température entre 5°C et 40°C :

$$e_T = 100 \frac{U_1 - U_2}{U_{(\max)}} \text{ pour les ictomètres linéaires ou}$$

$$e_T = 100 \frac{U_1 - U_2}{a} \text{ pour les ictomètres logarithmiques.}$$

The cut-off voltage U_d below which the instrument does not operate normally shall also be determined. (In practice, the indication value decreases abruptly or the ripple noise increases strongly when U_d is reached.)

5.16 Variations as a function of temperature

5.16.1 The requirements of Chapter II of IEC Publication 68-2-14: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests — Test N: Change of Temperature, are followed, the high and low temperatures being chosen according to intended use.

The duration of the exposure shall be sufficient for the air inside the instrument to reach thermal equilibrium within $\pm 2^\circ\text{C}$. The pulse rate is $\frac{N_{c(\max)}}{2}$ and the output voltages U_1 , U_2 , etc., corresponding to the different temperatures shall be noted. One cycle only shall be provided for and the reference temperature shall be $20 \pm 2^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.

Figure 11 shows a recording with an instrument having a significant short-term drift.

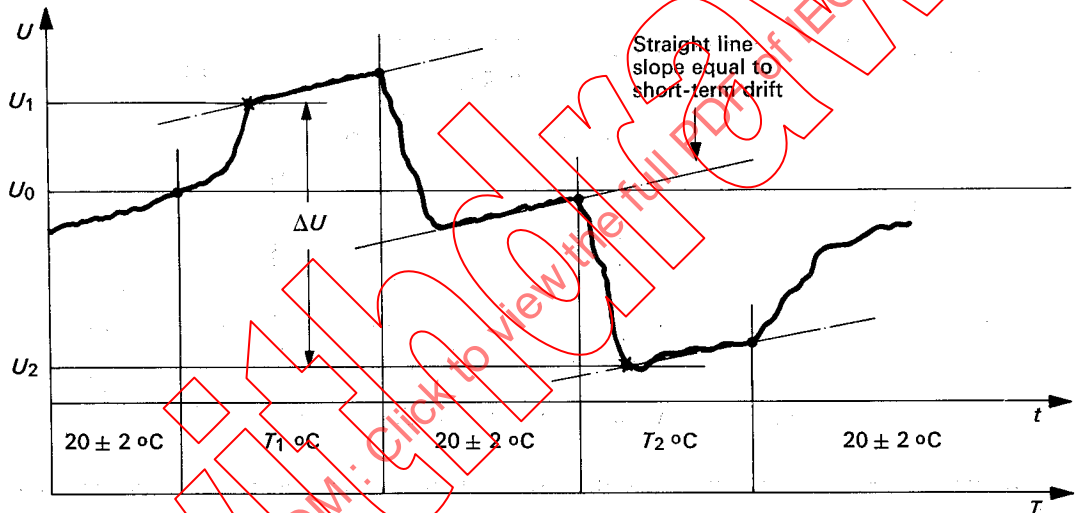


FIG. 11. — Variations as a function of temperature.

5.16.2 The relative variation between two temperatures T_1 and T_2 may be expressed as $k_{1-2} = \frac{U_1 - U_2}{U_0}$ where U_0 is the output voltage at the reference temperature. The value of k between 5°C and 40°C may be indicated and also the mean variation per degree Celsius: $\alpha_{1-2} = \frac{k_{1-2}}{T_2 - T_1}$. This value may be given for instance between 5°C and 20°C and between 20°C and 40°C .

Lastly, the relative error due to temperature variation between 5°C and 40°C is indicated:

$$e_T = 100 \frac{U_1 - U_2}{U_{(\max)}} \text{ for linear ratemeters or}$$

$$e_T = 100 \frac{U_1 - U_2}{a} \text{ for logarithmic ratemeters.}$$

5.16.3 Températures limites de fonctionnement

La température de l'enceinte est portée de 20°C à 0°C, puis à 60°C pendant un temps suffisant pour que la stabilisation thermique soit atteinte.

L'ictomètre doit avoir retrouvé ses qualités de fonctionnement en moins de 30 min lorsqu'il est ramené dans les conditions nominales de fonctionnement.

5.17 Variations en fonction de la charge

Ces mesures concernent les appareils qui débitent en sortie directe un courant I_2 qui est constant et non fonction du taux d'impulsions N .

5.17.1 On règle le taux d'impulsions de façon à obtenir en sortie directe $U = \frac{U_{c(max)}}{2}$ * et, en faisant varier la résistance de charge, on trace la courbe $U = f(I_2)$ (figure 12).

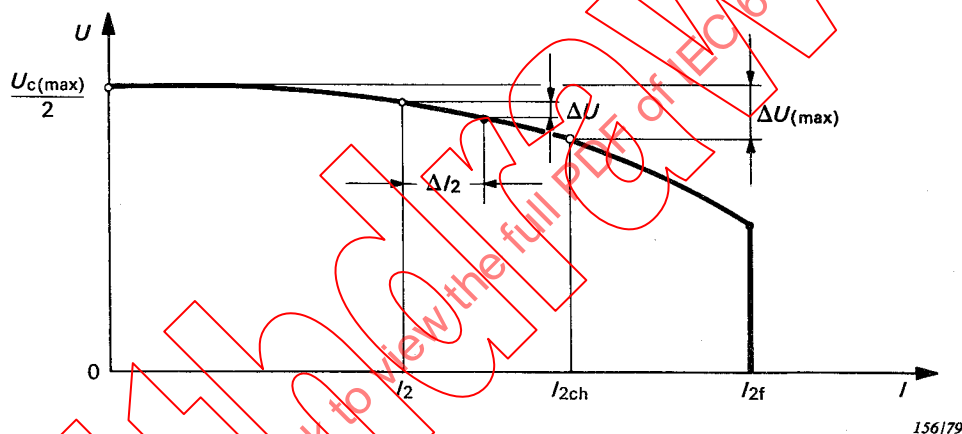


FIG. 12. — Variation en fonction de la charge.

On vérifie la valeur du courant limite de sortie indiqué par le constructeur, qui correspond à la limite de la variation de tension admise $\Delta U_{(max)}$.

On détermine pour une valeur de I_2 , par exemple I_{2ch} :

a) L'écart relatif en fonction de la charge, soit

$$K_{ch} = 100 \frac{\Delta U}{U}, \text{ en pourcentage}$$

b) La résistance interne (statique) de l'appareil, soit

$$R_i = \frac{\Delta U}{I_2}, \text{ en ohms}$$

c) La résistance interne dynamique

$$R_{i \text{ dyn}} = \frac{\Delta U}{\Delta I_2}, \text{ en ohms}$$

* On prend $\frac{U_{c(max)}}{2}$ pour les raisons indiquées dans la note en bas de page du paragraphe 5.13.2.

5.16.3 Limiting temperatures for operation

The enclosure temperature is lowered from 20°C to 0°C, then raised to 60°C over a time sufficient for thermal stability to be obtained.

The ratemeter shall again satisfy its performance characteristics in less than 30 min after returning to the rated operating conditions.

5.17 Variations as a function of load

These measurements apply to instruments supplying at the direct output a current I_2 which is constant and not a function of the pulse rate N .

5.17.1 The pulse rate is set to obtain at the direct output $U = \frac{U_{c(max)}}{2}$ * and by varying the load resistance, the graph $U = f(I_2)$ may be drawn (Figure 12).

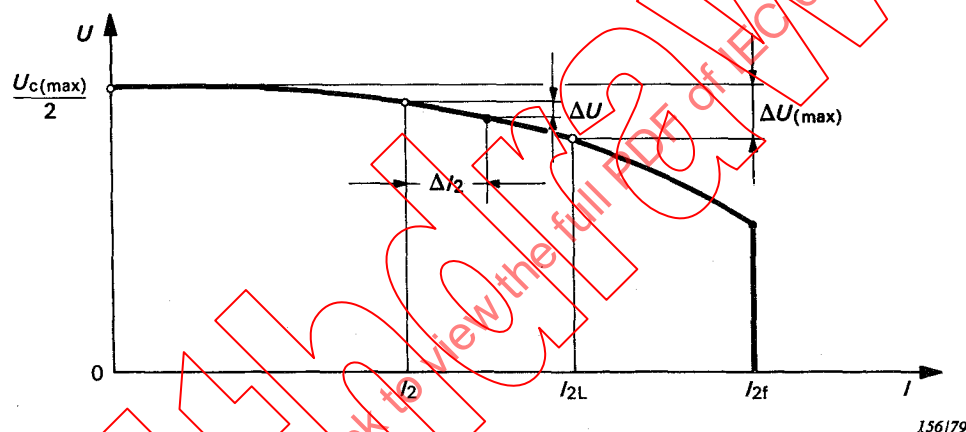


FIG. 12. — Variation as a function of load.

The output limit current I_{2L} indicated by the manufacturer which corresponds to the acceptable limit of voltage variation $\Delta U_{(max)}$ shall be verified.

For a value of I_2 , for example I_{2L} , the following is determined:

a) The relative variation as a function of load:

$$K_L = 100 \frac{\Delta U}{U}, \text{ in percentage}$$

b) The internal resistance (static) of the instrument:

$$R_i = \frac{\Delta U}{I_2}, \text{ in ohms}$$

c) The dynamic internal resistance:

$$R_{i \text{ dyn}} = \frac{\Delta U}{\Delta I_2}, \text{ in ohms}$$

* $\frac{U_{c(max)}}{2}$ is chosen for the reasons given in the footnote of Sub-clause 5.13.2.

qui est la plus intéressante de ces caractéristiques, et pour laquelle on peut tracer la courbe $R_{i\text{ dyn}} = f(I_2)$.

d) L'erreur relative due aux variations de la charge

$$e_{\text{ch}} = 100 \frac{\Delta U}{U_{(\text{max})}} \text{ pour les ictomètres linéaires ou}$$

$$e_{\text{ch}} = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ pour les ictomètres logarithmiques.}$$

5.17.2 La valeur du courant I_{2f} correspondant aux conditions limites de fonctionnement (voir paragraphe 3.3.4) est indiquée aussi par le constructeur. On précise si les courts-circuits en sortie sont autorisés.

6. Parasites

6.1 Sensibilité aux parasites

6.1.1 Transparence aux fréquences élevées

Une bonne appréciation de la sensibilité d'un appareil aux parasites est la mesure de sa «transparence». C'est son aptitude à laisser passer une perturbation entre une entrée et une sortie quelconque. La transparence aux fréquences élevées est la plus significative.

L'appareil est placé entre deux réseaux fictifs*. L'un est utilisé pour injecter un signal inférieur à 1 V et de fréquence de 0,15 MHz à 30 MHz du côté de l'alimentation. L'autre est utilisé pour la mesure. La transparence est donnée en décibels par le rapport de la tension injectée à la tension recueillie en sortie.

6.1.2 D'autres méthodes, applicables à l'appareil *in situ* et basées sur les recommandations du C.I.S.P.R., sont à l'étude.

6.1.3 Une autre méthode, souvent plus significative, consiste à appliquer d'une part des perturbations simulant les parasites du réseau et d'autre part des perturbations simulant les autres formes de parasites rencontrées dans les installations (parasites rayonnés, différence de potentiel entre terres et masses, etc.).

La méthode d'essai consiste à injecter à l'entrée, sur le blindage du sous-ensemble (masse du connecteur d'entrée) divers courants sinusoïdaux ou impulsionnels. On mesure alors le niveau de sortie en fonction des perturbations à l'entrée.

6.2 Production de parasites

Le même montage que celui utilisé au paragraphe précédent permet de mesurer les tensions parasites injectées par l'appareil dans le réseau d'alimentation d'une part, et dans les circuits d'utilisation d'autre part.

* Tels que les circuits définis dans l'annexe E de la Publication C.I.S.P.R. 16: Spécification du C.I.S.P.R. pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques.

which is the most useful of these characteristics, and for which the graph $R_{i \text{ dyn}} = f(I_2)$ may be drawn.

d) The relative error due to load variation:

$$e_L = 100 \frac{\Delta U}{U_{(\max)}} \text{ for linear ratemeters or}$$

$$e_L = 100 \frac{\Delta U}{a} \text{ for logarithmic ratemeters.}$$

5.17.2 The value I_{2f} of the current corresponding to the limit conditions of operation (see Sub-clause 3.3.4) is also indicated by the manufacturer. It shall be stated if short-circuiting the output is permissible.

6. Electromagnetic noise

6.1 Electromagnetic noise susceptibility

6.1.1 H.F. transparency

A reasonable evaluation of the susceptibility of an instrument to electromagnetic noise may be obtained from the measurement of its transparency. This is a measure of its tendency to allow a disturbance to pass between any input and output. The h.f. transparency is the most significant factor.

The instrument is placed between two artificial mains-networks*. One is used to inject a signal of less than 1 V with a frequency between 0.15 MHz and 30 MHz onto the power supply. The other is used for the measurement. The transparency is given in decibels as the ratio between the injected voltage and the voltage obtained at the output.

6.1.2 Other methods based on C.I.S.P.R. recommendations and applicable to the instrument when *in situ* are under consideration.

6.1.3 Another method, often of more significance, consists of applying both perturbations simulating mains-borne interference and those simulating other noise encountered in installations (radiated noise, potential difference between earths, frames, etc.).

The test method consists of injecting at the input, on the shielding of the sub-assembly (input connector frame connection) various sinusoidal or pulse currents. The output level is measured as a function of the input disturbance.

6.2 Interference production

The same arrangement as used in the previous sub-clause allows the measurement of interference voltages injected by the instrument into the supply mains and into any circuit which utilizes the output of the instrument.

* Such as the networks defined in Appendix E of C.I.S.P.R. Publication 16: C.I.S.P.R. Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

On peut donner les résultats sous la forme de courbes des tensions perturbatrices produites en fonction de la fréquence.

6.3 Mesures de protection

On vérifie que la borne «masse» est bien reliée à la «masse métallique» de l'appareil, et, éventuellement, que les autres bornes «masse» et «terre» remplissent bien leurs fonctions.

On vérifie également que les précautions éventuelles indiquées par le constructeur et celles contenues dans les documents relatifs à la protection des travailleurs contre les dangers électriques sont respectées.

7. Essais climatiques et mécaniques

Dans le cas où on les estime nécessaires, ces essais devront être exécutés en conformité avec la Publication 68 de la CEI.

On peut effectuer un essai de fonctionnement en température dans les conditions décrites à l'article 11 de la Publication 68-2-2 de la CEI: Essais B: Chaleur sèche, avec une température de $+55^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ et une durée d'exposition de 500 h, le taux d'impulsions étant réglé à $\frac{N_{c(\max)}}{2}$.

L'ictomètre doit avoir retrouvé ses qualités de fonctionnement en moins de 30 min lorsqu'il est ramené dans les conditions nominales de fonctionnement.

On peut vérifier également la réponse de l'appareil en fonctionnement à de légers chocs tout autour de son boîtier (microphonie, microclaquage, etc.).

8. Fiabilité

Dans le cas où la durée totale des essais effectués est suffisante, par exemple 500 h, il est possible de calculer les valeurs de la MTBF (moyenne des temps de bon fonctionnement) estimée (voir paragraphe 3.2.18) à partir des temps de bon fonctionnement observés (voir paragraphe 3.2.17) pendant l'ensemble des essais respectant le domaine nominal d'utilisation.

La borne inférieure m_c de l'intervalle de confiance (m_c, ∞) telle que m_c ait la probabilité c ($c = 90\%$) d'être inférieure ou égale à la MTBF réelle est donnée par la formule:

$$m_c = \frac{2t}{\chi^2 (2r + 2)}$$

où:

t = durée d'essai (500 h, ou durée totale des essais)

χ^2 = loi de distribution de khi-deux, ou loi de Pearson (voir tableau V)

c = niveau de confiance choisi égal à 90%

r = nombre cumulé de défaillances observées pendant la durée t (un appareil défaillant est réparé et remis en son état initial par le constructeur, puis remis en essai).

The results may be given in the form of graphs displaying interference voltages as a function of frequency.

6.3 Protection measures

A check should be made that the connector body terminal is properly connected to the “metallic mass” (frame) of the instrument and, where appropriate, that other “mass” (frame) and “earth” terminals fulfil their function.

It should also be verified that appropriate precautions are taken as indicated by the manufacturer and by documents related to protection of workers against electrical risks.

7. Environmental testing procedures

When these tests are considered to be necessary, they shall be performed in accordance with IEC Publication 68.

The high-temperature test in the conditions described in Clause 11 of IEC Publication 68-2-2: Tests B: Dry Heat, may be performed at a temperature of $+55^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ and an exposure duration of 500 h with the pulse rate set at $\frac{N_{c(\max)}}{2}$.

The ratemeter shall have recovered its performance characteristics in less than 30 min after return to the rated operating conditions.

The response of the instrument, when in operation, to small mechanical shocks on its case may also be verified (microphony, micro-breakdown, etc.).

8. Reliability

When the total duration of the tests is sufficient, for instance 500 h, it is possible to calculate the assessed MTBF (mean time between failures) (see Sub-clause 3.2.18) from the times between failures observed (see Sub-clause 3.2.17) during all the tests performed in the rated range of use.

The lower limit m_c of the confidence interval (m_c, ∞) such that m_c has the probability c ($c = 90\%$) of being less than or equal to the real MTBF is given by the formula:

$$m_c = \frac{2t}{\chi^2(2r + 2)}$$

where:

t = test duration (500 h or total test duration)

χ^2 = chi-square distribution law, or Pearson's law (see Table V)

c = chosen confidence level equal to 90%

r = total number of failures during time t (a faulty instrument is repaired and brought back to its original condition by the manufacturer, then put back on test).

TABLEAU V

Valeurs de khi-deux

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
χ^2	4,61	7,78	10,6	13,4	16,0	18,5	21,1	23,5	26,0	28,4	30,8	33,2

Lorsqu'on indique une valeur de la MTBF estimée, il faut préciser à quel essai et à quel niveau de confiance elle se rapporte.

Dans certains cas, on peut indiquer une valeur globale de la MTBF estimée, correspondant au total de la durée des essais à température élevée et de la durée des autres essais. Mais on est obligé de l'annoncer comme s'appliquant aux conditions habituelles de fonctionnement, et cette valeur est donc forcément pessimiste.

Les tables de distribution du khi-deux donnent, pour $c = 90\%$, les valeurs indiquées dans le tableau V.

Il peut être intéressant de vérifier les indications données par le constructeur relatives à la maintenance de l'appareil (essais d'acceptation, dépannage de secours, maintenance, notice d'emploi, disponibilité, etc.).

9. Circuits auxiliaires

Ces circuits éventuels sont destinés au calibrage et au réglage de l'ictomètre. Ils comprennent notamment un générateur de signaux d'étalonnage et un circuit de réglage du zéro (tarage).

Les essais sont conduits comme sur l'ictomètre. On traite les signaux de fréquence d'étalonnage comme des impulsions issues d'un générateur d'impulsions normal. On peut exécuter les mêmes essais que ceux indiqués pour l'ictomètre.

Il en est de même pour le réglage du zéro.

9.1 Fréquences d'étalonnage

Les signaux de tarage sont injectés à l'entrée de l'ictomètre sous la forme de signaux récurrents de fréquences déterminées. Ils permettent le réglage initial de l'ictomètre.

9.1.1 Erreur sur les fréquences d'étalonnage

Les fréquences d'étalonnage sont données avec une erreur en pourcentage:

$$e = 100 \frac{f_r - f_N}{f_N}$$

où: f_N = la fréquence d'étalonnage nominale et

f_r = la fréquence mesurée.

9.1.2 Variation des fréquences d'étalonnage avec la température

On indique, en particulier, la variation relative moyenne par degré Celsius comme au paragraphe 5.16.2:

$$\alpha_{1-2} = \frac{f_2 - f_1}{f_N} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1}$$