

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60739

Première édition
First edition
1983-01

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

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60739: 1983

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

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

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60739

Première édition
First edition
1983-01

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

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

© IEC 1983 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
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
SECTION DEUX — TERMINOLOGIE	
3. Appareils	8
4. Caractéristiques	10
5. Conditions d'essais et d'utilisation	18
6. Erreurs	18
SECTION TROIS — CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS	
7. Conditions de référence et domaine nominal de fonctionnement	22
8. Mesures d'arbitrage	24
9. Durée de mise en fonctionnement	26
10. Divers	26
11. Réglages préalables	28
12. Disposition générale pour les essais	28
SECTION QUATRE — CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS	
13. Généralités	30
14. Etendue de mesure — Caractéristiques d'entrée	34
15. Contrôle de la précision de la base de temps et vérifications de l'échelle de temps	34
16. Capacité de l'échelle	36
17. Temps de résolution et pertes de comptage	36
18. Erreur statistique moyenne relative	38
19. Temps de réponse	40
20. Caractéristiques de sortie	40
21. Sensibilité aux parasites	40
22. Mesures de protection	40
SECTION CINQ — ESSAIS CLIMATIQUES ET MÉCANIQUES	
SECTION SIX — FIABILITÉ ET MAINTENABILITÉ	
23. Fiabilité	42
24. Elimination des défauts de jeunesse (E.D.J.)	42
25. Maintenabilité	42
SECTION SEPT — CIRCUITS AUXILIAIRES	
26. Fréquences d'étalonnage	44
27. Contrôle de bon fonctionnement	44
ANNEXE A — Diagramme des pertes de comptage	46
ANNEXE B — Essais qualitatifs des ensembles d'ictométrie avec une source radioactive	52
ANNEXE C — Notations	66
ANNEXE D — Fiabilité	68

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
SECTION TWO — TERMINOLOGY	
3. Instruments	9
4. Characteristics	11
5. Test and use conditions	19
6. Errors	19
SECTION THREE — GENERAL TEST CONDITIONS	
7. Reference conditions and rated range of use	23
8. Arbitration measurements	25
9. Warm-up time	27
10. Miscellaneous	27
11. Preliminary settings	29
12. General arrangement for tests	29
SECTION FOUR — CHARACTERISTICS AND TEST METHODS	
13. General	31
14. Effective range — Input characteristics	35
15. Checking the accuracy of the time base unit and verification of the time scaler	35
16. Scaler capacity	37
17. Resolving time and counting loss	37
18. Relative mean statistical error	39
19. Response time	41
20. Output characteristics	41
21. Susceptibility to interference	41
22. Protection measures	41
SECTION FIVE — ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES	
SECTION SIX — RELIABILITY AND MAINTAINABILITY	
23. Reliability	43
24. Burn-in	43
25. Maintainability	43
SECTION SEVEN — AUXILIARY CIRCUITS	
26. Calibration frequencies	45
27. Proper functioning check circuits	45
APPENDIX A — Counting loss diagram	47
APPENDIX B — Qualitative tests of ratemeters (and associated instruments) using a radioactive source	53
APPENDIX C — Notations	67
APPENDIX D — Reliability	69

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICTOMÈTRES NUMÉRIQUES

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 préparé lors de la réunion tenue à Varsovie en 1979, puis discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, le document 45(Bureau Central)143, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1981.

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

Afrique du Sud (République d')	Egypte	Pays-Bas
Australie	Espagne	Pologne
Autriche	Etats-Unis d'Amérique	Roumanie
Belgique	Finlande	Tchécoslovaquie
Canada	France	Union des Républiques
Chine	Irlande	Socialistes Soviétiques
Corée (République démocratique de)	Italie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications nos 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.
- 160: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures.
- 271: Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.
- 293: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors.
- 340: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour semicteurs pour rayonnements ionisants.
- 359: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.
- 443: Alimentations stabilisées à usage de mesure.
- 577: Epaisseurmètres par rayonnement ionisant pour matériaux sous forme de feuilles, de revêtements ou de laminés.
- 650: Ictomètres analogiques. Caractéristiques et méthodes d'essai.

Publication C.I.S.P.R. 16: Spécification du C.I.S.P.R. pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radio-électriques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

PREFACE

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

A first draft was prepared at the meeting held in Warsaw in 1979, then discussed at the meeting held in Stockholm in 1980. As a result of this latter meeting, a draft, Document 45(Central Office)143, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1981.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Finland	Poland
Austria	France	Romania
Belgium	Ireland	South Africa (Republic of)
Canada	Italy	Spain
China	Korea (Democratic	Union of Soviet
Czechoslovakia	People's Republic of)	Socialist Republics
Egypt	Netherlands	United States of America

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.
- 160: Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes.
- 271: List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability.
- 293: Supply Voltages for Transistorized Nuclear Instruments.
- 340: Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.
- 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.
- 443: Stabilized Supply Apparatus for Measurement.
- 577: Ionizing Radiation Thickness Meters for Materials in the Form of Sheets, Coatings or Laminates.
- 650: Analogue Counting Ratemeters. Characteristics and Test Methods.
- C.I.S.P.R. Publication 16: C.I.S.P.R. Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

ICTOMÈTRES NUMÉRIQUES CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux ictomètres numériques utilisés en instrumentation nucléaire pour la mesure du taux de comptage d'impulsions périodiques ou aléatoires fournies par des détecteurs, tels que des tubes compteurs ou des chambres d'ionisation à fission.

L'appareil considéré comprend essentiellement l'ictomètre lui-même 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 logiques définies et fournit une information à l'aide d'un affichage numérique ou d'une sortie numérique codée ou d'un convertisseur numérique-analogique. 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 devait 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 de 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, mesures en laboratoire, en usine, etc.) (voir paragraphe 3.1).

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 numériques.

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 l'être 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 de la CEI: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.

DIGITAL COUNTING RATEMETERS CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to digital ratemeters used in nuclear instrumentation to measure periodic or random pulse counting rates, 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 with an appropriate interfacing unit, it permits the measurement of counting rate. The counting ratemeter itself accepts defined logical pulses and gives information by means of a numerical display or an encoded digital output or digital-analogue converter. It may operate equipment connected at its output.

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

It was decided that the scope should be as general as possible, and therefore this standard gives neither lists 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 specific application (e.g. reactor instrumentation, health physics, laboratory measurement, manufacture, etc.) (see Sub-clause 3.1).

2. Object

This standard is intended to permit 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 digital 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 obligatory, but only that if such tests are carried out they shall be performed in accordance with the procedures given.

The indicating instrument, 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 IEC Publication 51: Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and their Accessories.

SECTION DEUX — TERMINOLOGIE

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans la présente norme, le lecteur est invité à se reporter à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International de la CEI (V.E.I.).

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 terminologie figurant dans la Publication 50 (391) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International, chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.

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

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

3. Appareils

3.1 Ictomètres (V.E.I. 391-11-44)

Sous-ensemble destiné à fournir une indication du taux de comptage moyen d'une suite d'impulsions.

Note. — Dans la présente norme, le terme «ensemble d'ictométrie» est utilisé pour désigner l'ensemble comprenant l'ictomètre lui-même et un certain nombre d'appareils associés tels que (voir figure 1, page 10):

- amplificateurs d'impulsions
 - appareil de traitement des impulsions
 - isolateur galvanique
 - déclencheur à seuil
 - filtre à double constante de temps
 - alimentations HT et BT (voir la Publication 443 de la CEI: Alimentations stabilisées à usage de mesure);
 - indicateur (voir la Publication 51 de la CEI).
- (voir la Publication 340 de la CEI: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour semicteurs pour rayonnements ionisants);
- (en projet);
- à l'exclusion du détecteur.

L'«ictomètre» est un appareil dont le signal (ou la grandeur) de sortie varie avec le taux d'impulsions appliqué à son entrée.

3.2 Ictomètre analogique

Ictomètre fournissant généralement en sortie un signal analogique.

Note. — Un signal analogique est un signal qui représente de façon continue dans le temps l'évolution de la grandeur caractéristique du phénomène considéré (traitement analogique).

3.3 Ictomètre numérique

Ictomètre fournissant généralement en sortie un signal numérique.

Note. — Un signal numérique est un signal qui représente de façon discontinue dans le temps et sous la forme d'un ensemble de symboles, l'évolution de la grandeur caractéristique du phénomène considéré (traitement numérique).

3.4 Ictomètre linéaire (V.E.I. 391-11-45)

Ictomètre dont l'indication est proportionnelle au taux de comptage.

3.5 Ictomètre logarithmique (V.E.I. 391-11-46)

Ictomètre dont l'indication est proportionnelle au logarithme du taux de comptage.

SECTION TWO — TERMINOLOGY

For the definitions of general terms used in this standard, reference should be made to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.).

The terminology used in this standard is in accordance with IEC Publication 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment, and with the terminology set forth in IEC Publication 50 (391): International Electrotechnical Vocabulary, 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 the reference, where applicable.

3. Instruments

3.1 (Counting) ratemeter (I.E.V. 391-11-44)

A sub-assembly designed to provide an indication of the average counting rate of a train of pulses.

Note. — In this standard the term “(counting) ratemeter and the associated instruments” refers to the assembly comprising the ratemeter itself and a number of associated instruments such as (see Figure 1, page 11):

- pulse amplifier (see IEC Publication 340: Test Procedures for Amplifiers and
 - pulse processor / Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation);
 - electrical isolator
 - biased trips
 - double time constant filter
 - HT and LT supplies (see IEC Publication 443: Stabilized Supply Apparatus for Measurement);
 - indicator (see IEC Publication 51).
- excluding the detector.

(under consideration);

The “ratemeter” is a device, the output signal (or quantity) of which varies with the pulse rate at the input.

3.2 Analogue ratemeter

A ratemeter generally providing an analogue output signal.

Note. — An analogue signal is a signal that represents the quantity characteristic of the phenomenon under consideration as a continuous variable in time (analogue processing).

3.3 Digital ratemeter

A ratemeter generally providing a digital output signal.

Note. — A digital signal is a signal that represents the quantity characteristic of the phenomenon under consideration as a discontinuous variable in time and in coded form (digital processing).

3.4 Linear ratemeter (I.E.V. 391-11-45)

A ratemeter in which the indication is proportional to the counting rate.

3.5 Logarithmic ratemeter (I.E.V. 391-11-46)

A ratemeter in which the indication is proportional to the logarithm of the counting rate.

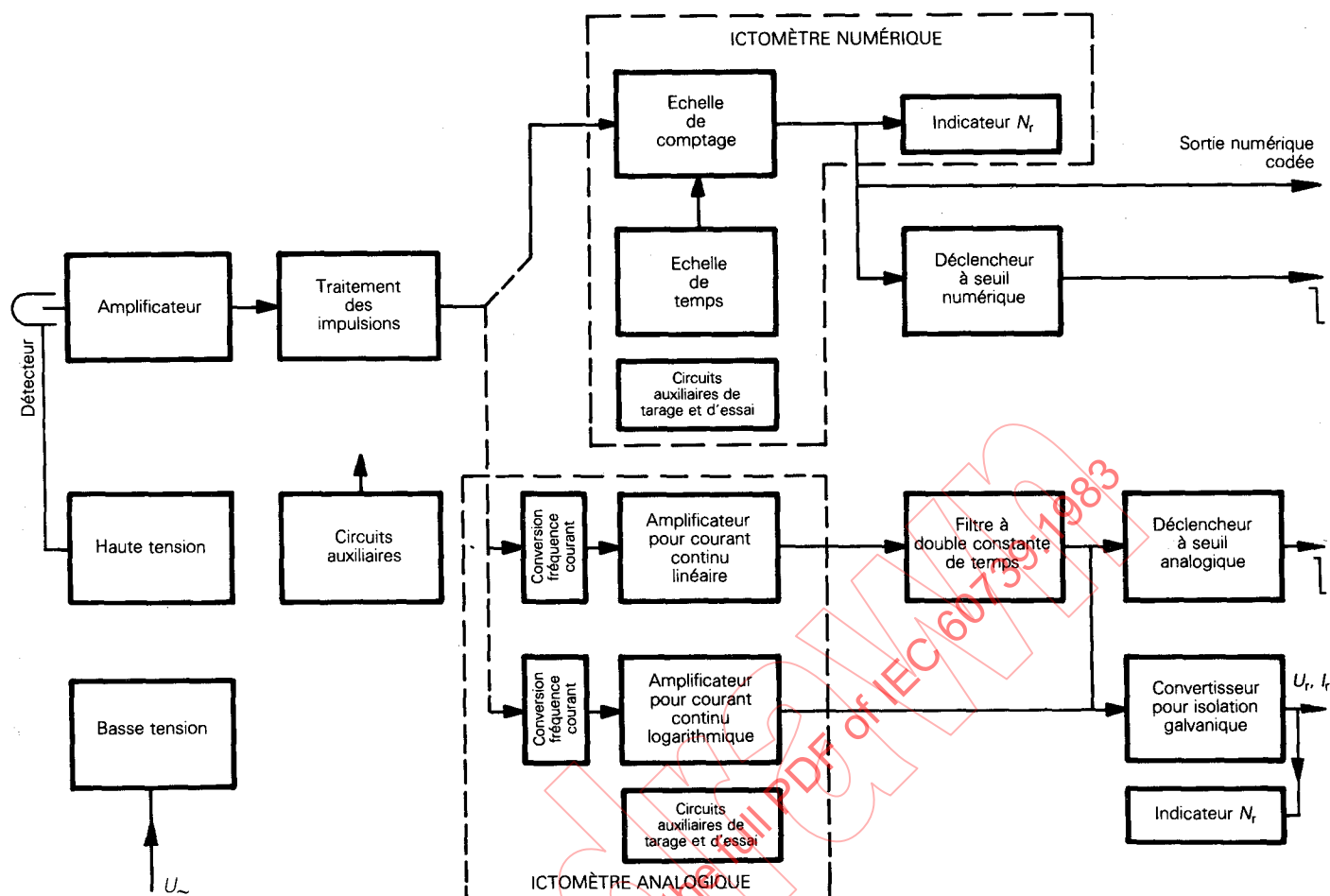


FIG. 1. — Exemple de composition d'un ensemble d'ictométrie.

036/83

Remarques sur la conception de l'ictomètre

Certains ictomètres affichent le résultat du comptage sous la formes:

$$N \cdot 10^p$$

où:

N est l'affichage des poids forts sur 2, 3 ou 4 puissances de 10

p est le facteur d'échelle

Par exemple, pour un affichage à 3 décades

	N	p	
999	999	0	
99 918	(99 900)	2	(999 × 100)

Cette disposition permet de réduire le nombre de puissances de 10 nécessaires à la réalisation de l'échelle de comptage et de réduire les fluctuations apparentes de comptage puisque les chiffres de poids faibles ne sont pas visualisés.

4. Caractéristiques

4.1 Domaine nominal*

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

4.2 Etendue de mesure*

Partie du domaine nominal dans laquelle l'équipement satisfait aux prescriptions relatives aux limites d'erreur (voir la 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.

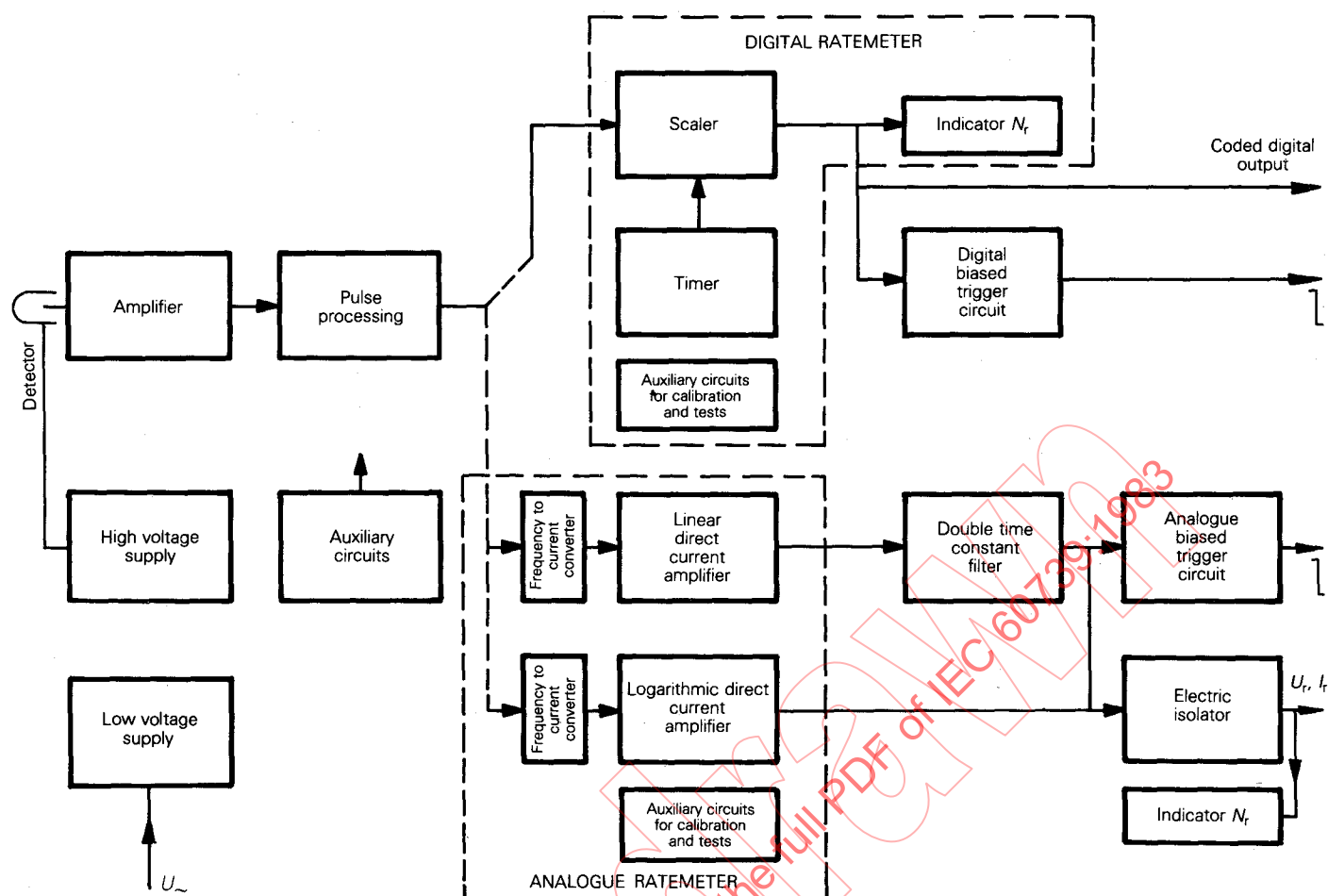


FIG. 1. — Example of a ratemeter and the associated instruments.

036/83

Remark on the concept of the ratemeter

Some ratemeters display the result of the counting rate in the form

$$N \cdot 10^p$$

where:

N is the display of the more significant figures in 2, 3 or 4 decades

p is the scale factor

For example, for a 3-decade display

	N	p
999	999	0
99 918 (99 900)	999	2 (999 × 100)

This arrangement permits the reduction of the number of decades necessary for the scaler and reduces the apparent counting fluctuations since the less significant figures are not seen.

4. Characteristics**4.1 Rated range***

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

4.2 Effective range*

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

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

4.3 *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 (voir la Publication 359 de la CEI).

4.4 *Valeur nominale*

Valeur, ou l'une des valeurs, assignées à un équipement par le constructeur pour la ou les grandeurs à mesurer, à observer, à afficher ou à fournir (voir la Publication 359 de la CEI).

4.5 *Caractéristique fonctionnelle*

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

4.6 *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 (voir la Publication 359 de la CEI).

4.7 *Signal échelon*

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

4.8 *Echelon de taux de comptage (d'impulsions)*

Signal représenté par le taux de comptage d'une suite d'impulsions qui passe instantanément d'une valeur spécifiée à une autre valeur spécifiée.

4.9 *Coup (V.E.I. 391-15-10)*

Information isolée donnée par un ensemble de comptage, synonyme d'impulsions.

4.10 *Taux de comptage mesuré (à la sortie)*

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

4.11 *Taux d'impulsion vrai (à l'entrée)*

Nombre d'impulsions par unité de temps fournies à l'entrée de l'ictomètre (taux de comptage vrai).

4.12 *Temps de réponse (d'un ensemble de mesure) (V.E.I. 391-15-04)*

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.

4.13 *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

4.3 *Conventionally true value (of a quantity)*

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

4.4 *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 (see IEC Publication 359).

4.5 *Performance characteristic*

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

4.6 *Influence quantity*

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

Note. — When a change of a performance characteristic affects another performance characteristic, it is referred to as an influencing characteristic (see IEC Publication 359).

4.7 *Step signal*

A signal, the amplitude or the frequency of which changes instantaneously from a specified value to another specified value.

4.8 *Step pulse rate*

Signal represented by the pulse rate of a train of pulses, which changes instantaneously from a specified value to another specified value.

4.9 *Count (I.E.V. 391-15-10)*

A single response of a counting assembly, synonym for pulse.

4.10 *Counting rate measured (at the output)*

Number of counts per unit time (from I.E.V. 391-15-12) as measured by the ratemeter.

4.11 *True pulse rate (at the input)*

The number of pulses per unit time provided at the ratemeter input (true counting rate).

4.12 *Response time (of a measuring assembly) (I.E.V. 391-15-04)*

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

4.13 *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

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).

4.14 *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 (d'après V.E.I. 391-15-05).

4.15 *Temps de récupération*

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

4.16 *Temps de résolution* (V.E.I. 391-15-17)

Intervalle de temps minimal devant séparer l'apparition de deux impulsions ou de deux événements ionisants consécutifs pour qu'ils soient traités comme des événements ou des impulsions distincts.

4.17 *Résolution de taux de comptage*

Différence minimale entre deux valeurs d'entrée adjacentes de taux de comptage nécessaire pour obtenir des lectures différentes à la sortie, due aux fluctuations statistiques et à l'instabilité en courant continu de l'ictomètre.

$$R_{Nr} = \frac{1}{S_a} R_N \text{ (voir paragraphe 4.27)}$$

4.18 *Correction de temps de résolution ou correction de temps mort* (V.E.I. 391-15-18)

Correction à appliquer au nombre d'impulsions observées afin de tenir compte du nombre d'impulsions perdues du fait du temps de résolution.

4.19 *Temps de paralysie* (V.E.I. 391-15-19)

Valeur constante prédéterminée imposée au temps de résolution par un circuit de blocage, généralement afin de rendre plus précise la correction de temps de résolution.

4.20 *Temps de restitution* (V.E.I. 391-15-20)

Intervalle de temps minimal entre le début d'une impulsion enregistrée et le moment où l'amplitude de l'impulsion suivante peut atteindre un pourcentage déterminé de l'amplitude finale de l'impulsion enregistrée.

4.21 *Temps de montée (d'un ensemble de mesure)* (V.E.I. 391-15-06)

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

4.22 *Perte de comptage* (V.E.I. 391-15-13)

Erreur par défaut affectant le taux de comptage, due au temps de résolution ou à des phénomènes tels que l'empilement.

4.23 *Taux de perte de comptage*

Perte de comptage rapportée au nombre d'informations reçues (d'après V.E.I. 391-15-14)

of the signal (IEC Publication 577: Ionizing Radiation Thickness Meters for Materials in the Form of Sheets, Coatings or Laminates).

4.14 *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 (from I.E.V. 391-15-05).

4.15 *Restoration time*

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

4.16 *Resolving time* (I.E.V. 391-15-17)

The smallest time interval which must elapse between the occurrence of two consecutive pulses or ionizing events for them to be recognized as separate pulses or events.

4.17 *Counting rate resolution*

The minimum difference due to statistical fluctuations and the d.c. instability of the ratemeter between two adjacent values of input counting rate required to obtain distinct readings at the output.

$$R_{Nr} = \frac{1}{S_a} R_N \text{ (see Sub-clause 4.27)}$$

4.18 *Resolving time correction or dead time correction* (I.E.V. 391-15-18)

Correction to be applied to the observed number of pulses in order to take into account the number of pulses lost due to the resolving time.

4.19 *Paralysis time* (I.E.V. 391-15-19)

Constant predetermined value imposed on the resolving time by a paralysis circuit, usually in order to make the resolving time correction more accurate.

4.20 *Recovery time* (I.E.V. 391-15-20)

The minimum time interval from the start of a counted pulse to the instant a succeeding pulse can attain a specified percentage of the maximum amplitude of the counted pulse.

4.21 *Rise time (of a measuring assembly)* (I.E.V. 391-15-06)

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

4.22 *Counting loss* (I.E.V. 391-15-13)

A reduction of the observed counting rate due to the resolving time or to losses caused by phenomena such as pile-up.

4.23 *Fractional counting loss*

Counting loss referred to the received data (from I.E.V. 391-15-14).

4.24 *Signal logique*

Signal numérique dont les symboles obéissent aux règles d'une algèbre particulière (binaire, ternaire, etc.).

4.25 *Etalonnage*

Représentation analytique ou graphique du signal de sortie Y en fonction de la variable à mesurer X (à l'étude).

4.26 *Sensibilité (d'un ensemble de mesure)* (V.E.I. 391-15-01)

Pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, quotient de la variation de la variable observée par la variation correspondante de la grandeur mesurée.

4.27 *Sensibilité absolue*

La sensibilité absolue est définie par:

$$S_a = \frac{\Delta N}{\Delta N_r}$$

où:

ΔN est la variation du taux d'impulsions d'entrée

ΔN_r est la variation de la valeur de la variable mesurée, le taux de comptage de sortie

4.28 *Mouvement propre (d'un radiamètre)* (V.E.I. 391-15-02)

Valeur indiquée par un radiamètre placé dans ses conditions normales d'emploi, en l'absence de la source dont on veut mesurer le rayonnement.

4.29 *Empilement (dans un ensemble de comptage)* (V.E.I. 391-15-15)

Phénomène par lequel l'apparition d'une impulsion sur la descente ou la montée de l'impulsion précédente produit une indication incorrecte de l'amplitude. Le phénomène d'empilement peut également empêcher de séparer des impulsions.

4.30 *Coup parasite* (V.E.I. 391-15-11)

Coup produit par toute action autre que celle du rayonnement que l'on désire mesurer (voir article 21).

4.31 *Moyenne des temps de bon fonctionnement (observés) MTBF (pour les dispositifs réparables)*

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

4.32 *Moyenne des temps de bon fonctionnement (estimée) (MTBF)*

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

4.33 *Exposition* (391-03-09 Exposition: texte du rapport 33 de l'ICRU)

L'exposition X est le quotient de dQ par dm , où la valeur de dQ est la valeur absolue de la charge totale des ions d'un signe produits dans l'air quand tous les électrons (négatons et positons) libérés par photons dans l'air de masse dm sont complètement arrêtés dans l'air.

4.24 *Logical signal*

A digital signal the symbols of which follow the rules of a particular algebra (binary, ternary, etc.).

4.25 *Calibration*

Analytical and/or graphical representation of the output signal Y as a function of the variable to be measured X (under consideration).

4.26 *Sensitivity (of a measuring assembly) (I.E.V. 391-15-01)*

For a given value of the measured quantity, the ratio of the variation of the observed variable to the corresponding variation of the measured quantity.

4.27 *Absolute sensitivity*

The absolute sensitivity is determined by:

$$S_a = \frac{\Delta N}{\Delta N_r}$$

where:

ΔN is the change in the input pulse rate

ΔN_r is the change in the value of measured variable, the output counting rate

4.28 *Background (of a radiation meter) (I.E.V. 391-15-02)*

The value indicated by a radiation meter in the absence of the source whose radiation is to be measured, when the device is set to operate normally.

4.29 *Pile-up (in a counting assembly) (I.E.V. 391-15-15)*

A phenomenon where a pulse occurs on the tail or rise of the preceding pulse so as to result in an incorrect indication of pulse amplitude. The pile-up can also result in failure to resolve some pulses.

4.30 *Spurious count (I.E.V. 391-15-11)*

Count caused by any agency other than the radiation to be measured (see Clause 21).

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

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

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

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

4.33 *Exposure (391-03-09 Exposure: text of ICRU Report 33)*

The exposure X , is the quotient of dQ by dm where the value of dQ is the absolute value of the total charge of the ions of one sign produced in air when all the electrons (negatrons and positrons) liberated by photons in air of mass dm are completely stopped in air.

$$\underline{X} = \frac{dQ}{dm}$$

Unité: C·kg⁻¹

L'unité spéciale d'exposition, le röntgen (R), peut être utilisée temporairement:

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (exactement)}$$

5. Conditions d'essais et d'utilisation

5.1 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 (voir la Publication 359 de la CEI).

5.2 Domaine nominal de fonctionnement

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

5.3 Conditions nominales de fonctionnement

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

5.4 Conditions limites de fonctionnement

Ensemble des domaines des grandeurs d'influence et des caractéristiques fonctionnelles, au-delà des domaines nominaux de fonctionnement et des étendues de mesure respectifs, dans lesquels un équipement peut encore fonctionner sans qu'il en résulte de détérioration ou de dégradation de ses qualités de fonctionnement lorsqu'il fonctionne à nouveau dans les conditions nominales de fonctionnement (voir la Publication 359 de la CEI).

Note. — Les conditions limites comprennent, en général, la ou les surcharges.

5.5 Durée d'échauffement préalable

Intervalle de temps après la mise en service de l'appareil dans des conditions spécifiées nécessaires lui permettant de satisfaire aux prescriptions concernant son fonctionnement.

6. Erreurs

6.1 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 pré réglée (voir la 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 4.3).

$$\underline{X} = \frac{dQ}{dm}$$

Unit: $C \cdot kg^{-1}$

The special unit of exposure, roentgen (R), may be used temporarily:

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C \cdot kg^{-1} \text{ (exactly)}$$

5. Test and use conditions

5.1 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 (see IEC Publication 359).

5.2 Rated range of use

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

5.3 Rated operating conditions

The whole set of effective ranges and rated ranges, within which the performance of the apparatus is specified (see IEC Publication 359).

5.4 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 function without suffering damage or degradation of performance when it is again operated under rated operating conditions (see IEC Publication 359).

Note. — The limit conditions will, in general, include overload.

5.5 Warm-up time

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

6. Errors

6.1 Absolute error

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

- 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 pre-set value (see 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 4.3) is used in place of the true value.

6.2 Erreur relative

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

6.3 Erreur intrinsèque

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

6.4 Erreur de fonctionnement

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

6.5 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.

6.6 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.

6.7 Erreur de stabilité

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

6.8 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)*.

6.9 Erreur de justesse

Somme algébrique (résultante) des erreurs systématiques (voir paragraphe 6.8) entachant l'indication d'un instrument de mesure dans des conditions déterminées d'emploi.

Note. — 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:

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

6.10 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.

6.11 Incertitude

Caractéristique de la dispersion des résultats d'une série de mesures. L'incertitude de la série est représentée par $e = \pm t \cdot s$ 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 (d'après OIML).

* Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML): Vocabulaire de métrologie légale — Termes fondamentaux (édition, mars 1969).

6.2 *Relative error*

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

6.3 *Intrinsic error*

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

6.4 *Operating error*

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

6.5 *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.

6.6 *Maximum error*

Maximum difference between the actual calibration curve of the output indication of the counting ratemeter and the mean linear calibration curve.

6.7 *Stability error*

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

6.8 *Systematic error*

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

6.9 *Total systematic error*

Algebraic sum (resultant) of systematic errors (see Sub-clause 6.8) affecting the measuring instrument indication in determined operating conditions.

Note. — 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 (performed in the usual operating conditions) and the conventionally true value v_c of the measured quantity:

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

6.10 *Reproducibility 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.

6.11 *Uncertainty*

A value characterizing the dispersion of the results in a set of measurements. The uncertainty of the set is given by $e = \pm t \cdot s$ 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 (from OIML).

* International Organization of Legal Metrology (OIML): Legal Metrology Vocabulary—Fundamental terms (March 1969 edition).

Notes 1. — On prend souvent $t = 3$, ce qui correspond à une probabilité P de 99,73% que l'erreur de mesure ne dépasse pas $3s$, quand le nombre de mesures est infini, et ce dans le cas d'une distribution gaussienne de la mesure (les erreurs systématiques étant corrigées) (voir paragraphe 6.8).

2. — Et pour d'autres valeurs: $P = f(t)$ (quand le nombre de mesure est infini).

$P \%$: 99,96 99,73 99,02 95,44 95,00 90,10 76,20 68,26 49,72 10,34 4,78
 t : 3,49 3,00 2,58 2,00 1,96 1,65 1,18 1,00 0,67 0,13 0,06

3. — En fait, la probabilité $P = f(t, n)$ est donnée dans le tableau suivant (où n est le nombre de mesures):

Probabilité $P = f(t, n)$				
t	$n = 5$	10	20	∞
1	0,626	0,657	0,670	0,683
2	0,884	0,923	0,940	0,955
3	0,960	0,985	0,993	0,997

4. — Avec l'estimation de l'écart type s (ou écart moyen quadratique) dans une série de n mesures:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{meilleure estimation de la variance } \sigma^2)$$

où x_i est le i^{e} résultat de mesure et $\bar{x}$ la moyenne arithmétique des n résultats.

La variance est:

$$\sigma^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

6.12 Erreur de mesure absolue minimale admissible (E_a)

- L'erreur introduite par θ (constante de temps de mesurage) ou par t (temps de comptage) est considérée comme négligeable par rapport à l'erreur statistique (voir article 18).
- L'erreur introduite par le traitement linéaire (instabilité du seuil de discrimination, variation de la charge des impulsions, dérive de l'amplificateur pour courant continu) est considérée comme négligeable par rapport à l'erreur statistique (voir article 18).

SECTION TROIS — CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

7. 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 (paragraphe 6.3) 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 (paragraphe 6.4) 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.

Notes 1. — Often $t = 3$ is chosen, corresponding to a probability $P = 99.73\%$ that the error of measurement does not exceed $3s$, when the number of measurements is infinite, and with the results following a Gaussian distribution (systematic errors being corrected (see Sub-clause 6.8)).

2. — And for other values: $P = f(t)$ (when the number of measurements is infinite).

$P\%$: 99.96 99.73 99.02 95.44 95.00 90.10 76.20 68.26 49.72 10.34 4.78
 t : 3.49 3.00 2.58 2.00 1.96 1.65 1.18 1.00 0.67 0.13 0.06

3. — In fact, the probability $P = f(t, n)$ is given in the following table (where n is the number of measurements):

Probability $P = f(t, n)$				
t	$n = 5$	10	20	∞
1	0.626	0.657	0.670	0.683
2	0.884	0.923	0.940	0.955
3	0.960	0.985	0.993	0.997

4. — With the estimation of the standard deviation s (or mean square deviation) in a set of n measurements:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{best estimation of the variance } \sigma^2)$$

where x_i is the i^{th} measurement and $\bar{x}$ the arithmetic mean of n measurements.

The variance is:

$$\sigma^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

6.12 Permissible minimum absolute measuring error (E_a)

- The error introduced by θ (measuring time constant) or by t (counting time) is held to be negligible in relation to the statistical error (see Clause 18).
- The error introduced by the linear ratemeter (instability of discriminator threshold, variation in charge pulse, d.c. amplifier drift) is held to be negligible in relation to the statistical error (see Clause 18).

SECTION THREE — GENERAL TEST CONDITIONS

7. 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 shall 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 6.3) 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 6.4) that shall 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.

TABLEAU I

Conditions de référence et domaine nominal de fonctionnement

Grandeur d'influence	Conditions de référence	Domaine nominal de fonctionnement
Température ambiante	+20 °C ± 2 °C	+5 °C à +40 °C ²⁾
Humidité relative de l'air ⁴⁾	45% à 95%	20% à 100% sans condensation
Pression atmosphérique	101,3 kPa ²⁾	86,0 kPa à 106,0 kPa ²⁾
Position de fonctionnement	Position normale indiquée par le constructeur ± 1° ²⁾	Position de référence ± 30° ou limite tolérée pour l'appareil indicateur
Tension d'alimentation: Courant alternatif Courant continu Courant continu stabilisé	$U_N \pm 1\%^{2)}$ $U_N \pm 1\%^{2)}$ $U_N \pm 0,3\%^{3)}$	$U_N \pm 10\%^{1), 2)}$ $U_N \pm 10\%^{2)}$ $U_N \pm 1\%$
Fréquence d'alimentation	$f_N \pm 1\%^{2)}$ (f_N = fréquence nominale)	$f_N \pm 5\%^{2)}$
Temps de stabilisation préalable	1 h	45 ± 15 min
<i>Note.</i> — Dans certains cas particuliers (utilisation sous climat tropical, en recherche spatiale, etc.), des valeurs différentes peuvent être retenues. ¹⁾ Distorsion: $\beta \leq 0,05$. ²⁾ Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques. ³⁾ Publication 293 de la CEI: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors. ⁴⁾ Domaine des réacteurs nucléaires.		

Domaines nominaux de fonctionnement possibles (voir la Publication 359 de la CEI)

Température ambiante

Valeur de référence: 20 °C, 23 °C, 25 °C ou 27 °C.

Tolérance sur la valeur de référence selon la consommation des appareils:

≤ 50 W ... ± 1 °C
> 50 W ... ± 2 °C

Domaines nominaux de fonctionnement I:

+ 5 °C à +40 °C

II:

− 10 °C à +55 °C

III:

− 25 °C à +70 °C

Domaine limite de fonctionnement:

sauf indication contraire, identique au domaine nominal de fonctionnement.

Domaine limite de stockage et de transport:

− 40 °C à +70 °C.

8. Mesures d'arbitrage

Mesures répétées dans des conditions atmosphériques sévèrement contrôlées lorsqu'on ne connaît pas les facteurs de correction à utiliser pour ramener les paramètres qui varient en fonction des conditions atmosphériques, aux conditions atmosphériques normales et lorsque les mesures effectuées dans la plage recommandée de conditions atmosphériques ambiantes ne sont pas satisfaisantes (Publication 160 de la CEI: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures).

Trois atmosphères normales sont reconnues pour les mesures d'arbitrage effectuées sur des échantillons dans des conditions voisines de l'atmosphère ambiante.

TABLE I

Reference conditions and rated range of use

Influence quantity	Reference conditions	Rated range of use
Ambient temperature	+20 °C ± 2 °C	+5 °C to +40 °C ²⁾
Relative humidity of the air ⁴⁾	45% to 95%	20% to 100% excluding condensation
Atmospheric pressure	101.3 kPa ²⁾	86.0 kPa to 106.0 kPa ²⁾
Operating position	Normal position as stated by the manufacturer ± 1° ²⁾	Reference position ± 30° or tolerated limit for the indicating apparatus
Supply voltage: A.C. D.C. Stabilized d.c.	$U_N \pm 1\%2)$ $U_N \pm 1\%2)$ $U_N \pm 0.3\%3)$	$U_N \pm 10\%1), 2)$ $U_N \pm 10\%2)$ $U_N \pm 1\%$
Mains supply frequency	$f_N \pm 1\%2)$ (f_N = rated frequency)	$f_N \pm 5\%2)$
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. ¹⁾ Distortion: $\beta \leq 0.05$. ²⁾ IEC Publication 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment. ³⁾ IEC Publication 293: Supply Voltages for Transistorized Nuclear Instruments. ⁴⁾ Nuclear reactor field.		

*Possible rated ranges of use (see IEC Publication 359)**Ambient temperature*

Reference value: 20 °C, 23 °C, 25 °C or 27 °C.

Tolerance on reference value for apparatus with power consumption:

 $\leq 50 \text{ W} \dots \pm 1 \text{ °C}$
 $> 50 \text{ W} \dots \pm 2 \text{ °C}$

Rated ranges of use I:

+ 5 °C to +40 °C

II:

−10 °C to +55 °C

III:

−25 °C to +70 °C

Limit range of operation:

equal to the rated range of use unless otherwise stated.

Limit range for storage and transport:

−40 °C to +70 °C.

8. Arbitration measurements

Measurements repeated under closely controlled atmospheric conditions when the correction factors to enable parameters sensitive to atmospheric conditions to be adjusted to their standard atmosphere values are unknown and when measurements over the recommended range of ambient atmospheric conditions are unsatisfactory (IEC Publication 160: Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes).

Three standard atmospheric conditions are identified for arbitration measurements on samples in conditions approximating the ambient atmospheric conditions.

Les trois atmosphères normales sont les suivantes:

TABLEAU II
Atmosphères normales

Atmosphère	Température			Humidité relative		Pression atmosphérique
	Valeur nominale	Tolérance normale	Tolérance étroite	Tolérance normale	Tolérance étroite	
a)	+20 °C	± 2 °C	± 1 °C	60% à 70%	63% à 67%	860 kPa à 1 060 kPa (650 mm Hg à 800 mm Hg)
b)	+23 °C	± 2 °C	± 1 °C	45% à 55%	48% à 52%	860 kPa à 1 060 kPa (650 mm Hg à 800 mm Hg)
c)	+27 °C	± 2 °C	± 1 °C	60% à 70%	63% à 67%	860 kPa à 1 060 kPa (650 mm Hg à 800 mm Hg)

(Article 6 de la Publication 160 de la CEI.)

9. Durée de mise en fonctionnement

La durée de mise en fonctionnement est fixée par les spécifications. En l'absence d'indication, elle est de 45 ± 15 min.

Note. — On s'assure que la durée d'échauffement préalable (paragraphe 5.5) demandée effectivement ne dépasse pas la durée spécifiée à aucune température ambiante entre +5 °C et +40 °C.

10. Divers

10.1 Position de fonctionnement

La position de fonctionnement est indiquée par le constructeur de l'appareil. En l'absence d'indication, la position d'essai sera l'une des positions normales d'utilisation.

10.2 Induction magnétique d'origine extérieure

L'induction magnétique d'origine extérieure devrait être limitée à celle du champ terrestre.

10.3 Champ électromagnétique à fréquence radioélectrique d'origine extérieure

Le champ électromagnétique devrait être limité à une valeur ne causant pas de perturbations mesurables au fonctionnement de l'appareil.

10.4 Rayonnements ionisants et lumière ambiante

Le rayonnement ionisant et la lumière ambiante devraient être limités à une valeur ne causant pas de perturbations mesurables au fonctionnement de l'appareil. La limite supérieure du bruit de fond du rayonnement γ pour les conditions d'essais normales est de $0,25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ dans l'air ($25 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ dans l'air).

10.5 Conditions limites d'essais (voir paragraphe 5.4)

Les essais des éléments et de l'ensemble complet doivent montrer que les spécifications sont respectées dans le domaine nominal de fonctionnement.

De plus, ils doivent montrer que l'appareil peut encore être utilisé, avec des performances éventuellement réduites, pour des températures plus éloignées dans les conditions nominales d'alimentation (voir tableau I), à la charge de sortie maximale (par exemple 0 °C +55 °C).

10.6 Effet d'échauffement dû au rayonnement solaire (voir la Publication 359 de la CEI)

The three standard atmospheric conditions are as follows:

TABLE II
Standard atmospheric conditions

Atmosphere	Temperature			Relative humidity		Air pressure
	Nominal value	Normal tolerance	Close tolerance	Normal tolerance	Close tolerance	
a)	+20 °C	± 2 °C	± 1 °C	60% to 70%	63% to 67%	860 kPa to 1 060 kPa (650 mm Hg to 800 mm Hg)
b)	+23 °C	± 2 °C	± 1 °C	45% to 55%	48% to 52%	860 kPa to 1 060 kPa (650 mm Hg to 800 mm Hg)
c)	+27 °C	± 2 °C	± 1 °C	60% to 70%	63% to 67%	860 kPa to 1 060 kPa (650 mm Hg to 800 mm Hg)

(Clause 6 of IEC Publication 160.)

9. Warm-up time

The warm-up time should be stated by the specifications but if not, it is 45 ± 15 min.

Note. — It should be verified that the warm-up time (Sub-clause 5.5) actually required does not exceed the specified warm-up time at any ambient temperature between +5 °C and +40 °C.

10. Miscellaneous

10.1 Operating position

The operating position is normally stated by the manufacturer. If it is not stated, the test position should be taken as one of the normal operating positions.

10.2 Magnetic induction of external origin

Magnetic induction of external origin should be limited to the earth's magnetic field.

10.3 Radio-frequency electromagnetic field of external origin

The electromagnetic field should be limited to a value causing no measurable disturbance in the instrument operation.

10.4 Ionizing radiation and ambient light

The ionizing radiation and ambient light should be limited to a value causing no measurable disturbance in the instrument operation. The upper limit for background radiation γ in the standard test conditions is $0.25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ in air ($25 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ in air).

10.5 Limit conditions of test (see Sub-clause 5.4)

The tests shall show that the units and the assembly satisfy the requirements in the rated range of use.

Furthermore, they shall show that the instrument may still be used, possibly with lower performance, for a greater range of temperature with nominal supply conditions (see Table I), and with maximum output load. (e.g. 0 °C to +55 °C).

10.6 Heating effect due to solar radiation (see IEC Publication 359)

- | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| 10.7 Champs électriques | } | Pas de prescriptions actuellement |
| 10.8 Champs magnétiques | | |
| 10.9 Rayonnements ionisants | | |

11. Réglages préalables

Les divers réglages préalables recommandés par le constructeur sont effectués en se plaçant selon le cas dans les conditions de références 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 les fréquences d'étalonnage et le réglage du zéro de l'appareil. On effectue le contrôle de bon fonctionnement, s'il y en a un.

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.

12. Disposition générale pour les essais

La figure 2 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.

De plus, le taux de comptage effectif peut être contrôlé au moyen d'un fréquencemètre (suffisamment rapide), connecté à la sortie du générateur d'impulsions (aléatoires).

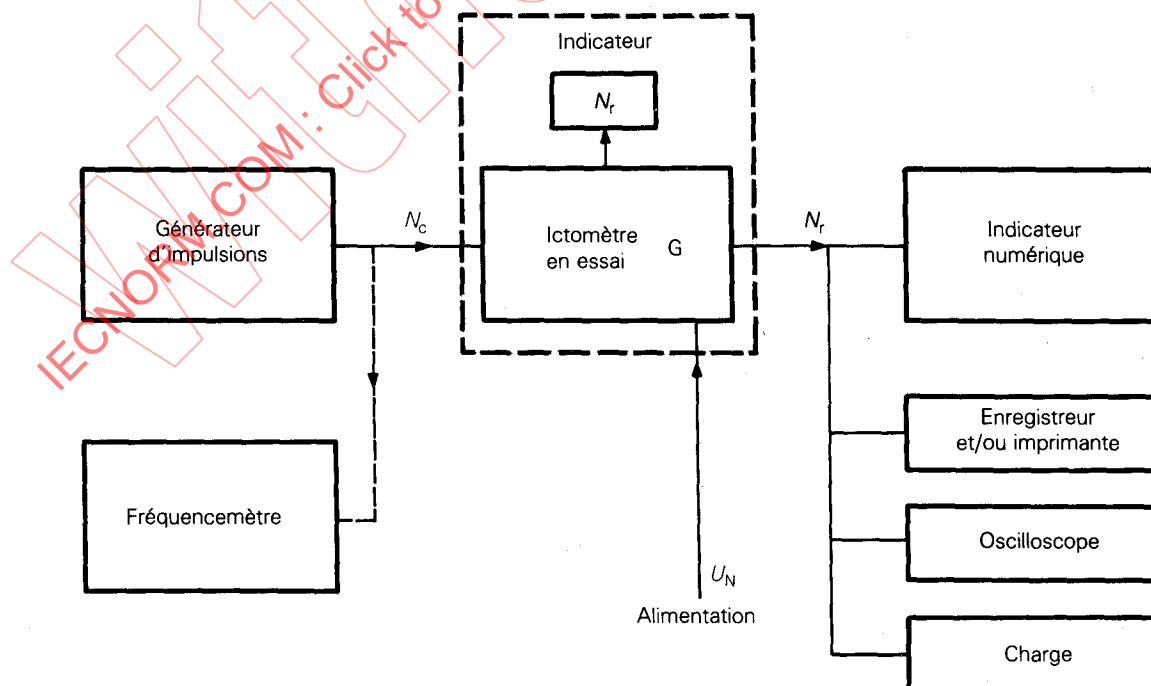


FIG. 2. — Disposition générale pour les essais.

10.7 <i>Electric fields</i>	} No requirements at present
10.8 <i>Magnetic fields</i>	
10.9 <i>Ionizing radiations</i>	

11. 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. The proper functioning of check circuits where fitted should also be checked.

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.

12. General arrangement for tests

Figure 2 shows a general arrangement for tests. The random or pseudo-random pulse generator used for testing is connected to the ratemeter input with a short connection. It will have been previously set and 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) frequency meter, connected to the output of the (random) pulse generator.

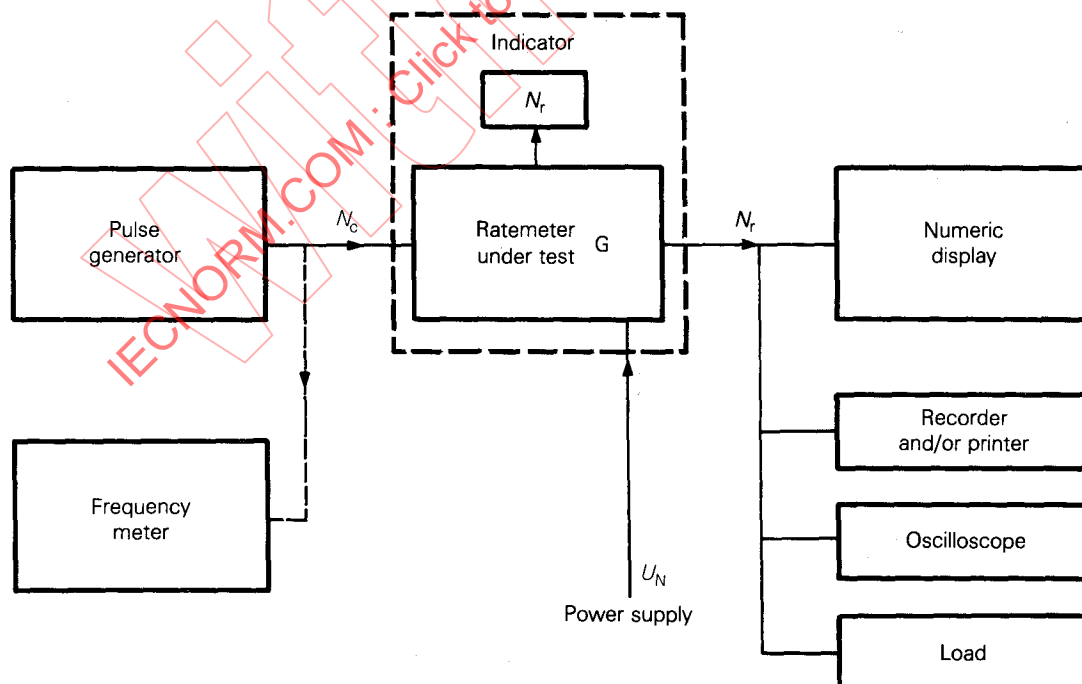


FIG. 2. — General arrangement for tests.

La valeur conventionnellement vraie N_c du taux d'impulsions N est obtenue de la façon suivante.

On branche à l'entrée du sous-ensemble ictomètre un générateur d'impulsions dont les caractéristiques doivent être appropriées aux caractéristiques d'entrée définies par le constructeur. Le taux d'impulsions fourni par un tel générateur représente la valeur conventionnellement vraie N_c du taux d'impulsions.

On lit N_c sur le générateur qui a été préalablement réglé et étalonné.

La grandeur mesurée N_r peut être lue sur l'indicateur et/ou en sortie directe numérique de l'appareil, à l'aide d'un indicateur approprié.

Les circuits situés en aval de la sortie directe sont soit essayés séparément suivant les méthodes classiques, soit essayés globalement en même temps que le sous-ensemble ictomètre. S'ils comprennent un indicateur, son erreur de fonctionnement est indiquée par le constructeur de l'ictomètre.

SECTION QUATRE — CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

On donne dans cette section les caractéristiques propres aux ictomètres numériques; certaines caractéristiques des ictomètres analogiques peuvent s'appliquer ici (voir la Publication 650 de la CEI: Ictomètres analogiques. Caractéristiques et méthodes d'essai).

13. Généralités

13.1 *Un ictomètre numérique est constitué essentiellement par une échelle de comptage et par une base de temps.*

Il est possible de définir deux catégories d'ictomètres numériques:

- l'ictomètre numérique à simple précision (ou simple constante de temps), où l'opérateur affiche lui-même manuellement la durée de comptage;
- l'ictomètre numérique automatique permettant la mesure du taux de comptage avec une erreur statistique maximale constante sur une grande étendue dynamique.

Les ictomètres qui mesurent les intervalles de temps entre impulsions ne sont pas traités dans cette norme.

13.2 *Les ictomètres numériques possèdent des caractéristiques importantes:*

- la capacité, en nombre de coups, de l'échelle de comptage (voir article 16);
- la précision de la base de temps (voir article 15);
- le temps de résolution (voir paragraphe 17.1);
- le temps de réponse (voir article 19);
- et les caractéristiques électriques des signaux d'entrée (voir article 14).

13.3 *Ictomètres numérique à simple précision*

L'ictomètre numérique à simple précision est constitué essentiellement d'une échelle de comptage et d'une base de temps permettant de compter des impulsions pendant des intervalles de temps déterminés.

Il est possible de distinguer deux modes de fonctionnement:

- à durée fixe;
- à compte fixe.

The conventionally true value N_c of the pulse rate is obtained as follows.

A pulse generator is connected to the input of the ratemeter sub-assembly. The characteristics of this generator shall be suited to the input characteristics stated by the manufacturer. The pulse rate produced by such a generator represents the conventionally true value N_c of the pulse rate.

N_c can be read on the generator which has been previously set and calibrated.

The measured quantity N_r can be read on the indicator and/or at the direct digital output of the apparatus by means of an appropriate indicator.

The circuits following the direct output are either tested separately according to established methods or as a whole with the ratemeter sub-assembly. If they include an indicator, its operating error shall be stated by the manufacturer of the counting ratemeter.

SECTION FOUR — CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

This section deals with characteristics particular to digital counting ratemeters; some characteristics of analogue counting ratemeters are applicable (see IEC Publication 650: Analogue Counting Ratemeters. Characteristics and Test Methods).

13. General

13.1 A *digital counting ratemeter* is essentially composed of a counting scaler and a time base unit.

Two categories of digital counting ratemeters can be defined:

- simple precision (or simple time constant) digital counting ratemeter for which the operator manually selects the counting duration;
- automatic digital counting ratemeter which allows the measurement of the counting rate with a constant maximum statistical error over a large dynamic range.

Counting ratemeters which measure the time interval between pulses are excluded from this standard.

13.2 *Digital counting ratemeters* have the following main characteristics:

- the scaler capacity, in number of counts (see Clause 16);
- the time base unit accuracy (see Clause 15);
- the resolving time (see Sub-clause 17.1);
- the response time (see Clause 19);
- and the electrical characteristics of the input signals (see Clause 14).

13.3 *Simple precision digital counting ratemeter*

The simple precision digital counting ratemeter is essentially composed of a counting scaler and a time base unit which allow pulses to be counted during defined time intervals.

Two modes of operation can be distinguished:

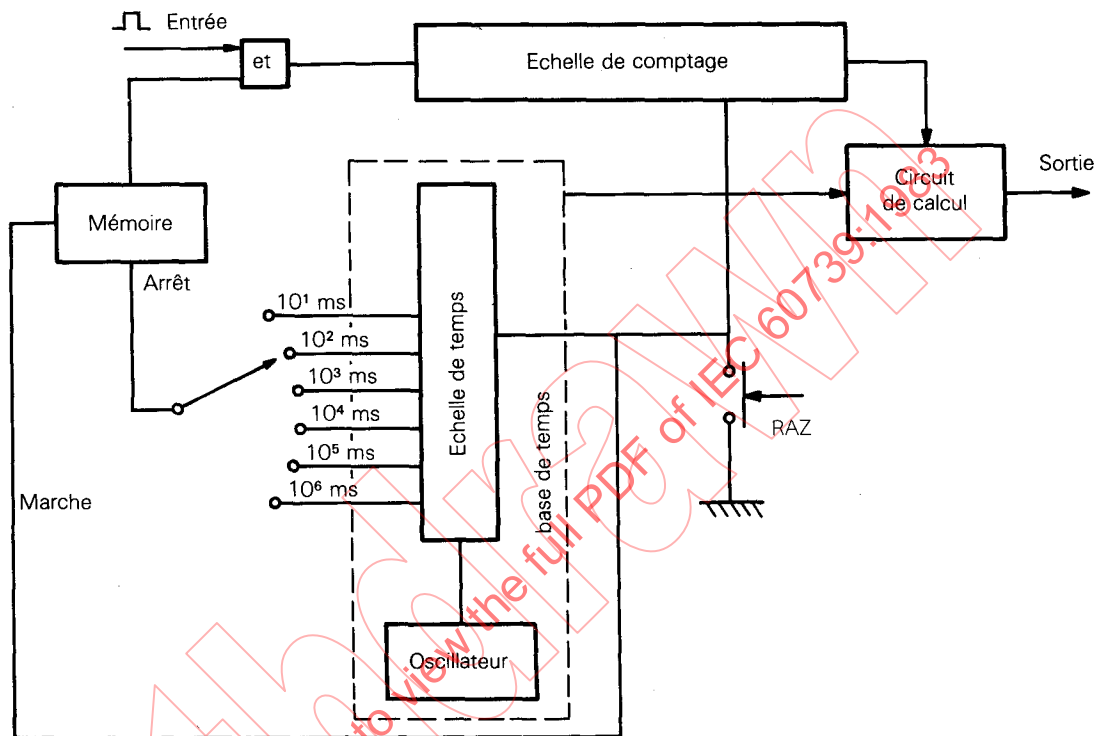
- with fixed duration;
- with fixed count.

a) *Fonctionnement à durée fixe*

Dans ce cas, l'échelle compte les impulsions appliquées à l'entrée, pendant une durée fixe, ce qui entraîne une certaine erreur statistique qu'il faut calculer.

Cette durée est déterminée et choisie par l'utilisateur à partir de la base de temps à l'aide d'un commutateur.

Le résultat de la mesure se présente sous la forme d'un nombre d'impulsions par unité de temps.



038/83

FIG. 3. — Exemple d'un ictomètre numérique à simple précision et à durée fixe.

b) *Fonctionnement à compte fixe*

Dans ce cas, la précision statistique est un impératif de la mesure et impose un compte prédéterminé. Celui-ci est choisi à l'aide d'un commutateur.

L'échelle compte les impulsions appliquées à l'entrée, provenant de la base de temps, pendant le temps nécessaire pour que le nombre des impulsions d'entrée enregistré dans une autre échelle, atteigne le compte fixé. Le résultat de la mesure se présente sous la forme du compte divisé par le temps.

13.4 Ictomètre numérique automatique à précision constante

L'ictomètre numérique automatique à précision constante est composé généralement d'une échelle de comptage et d'un élément base de temps permettant de compter des impulsions pendant des temps bien déterminés.

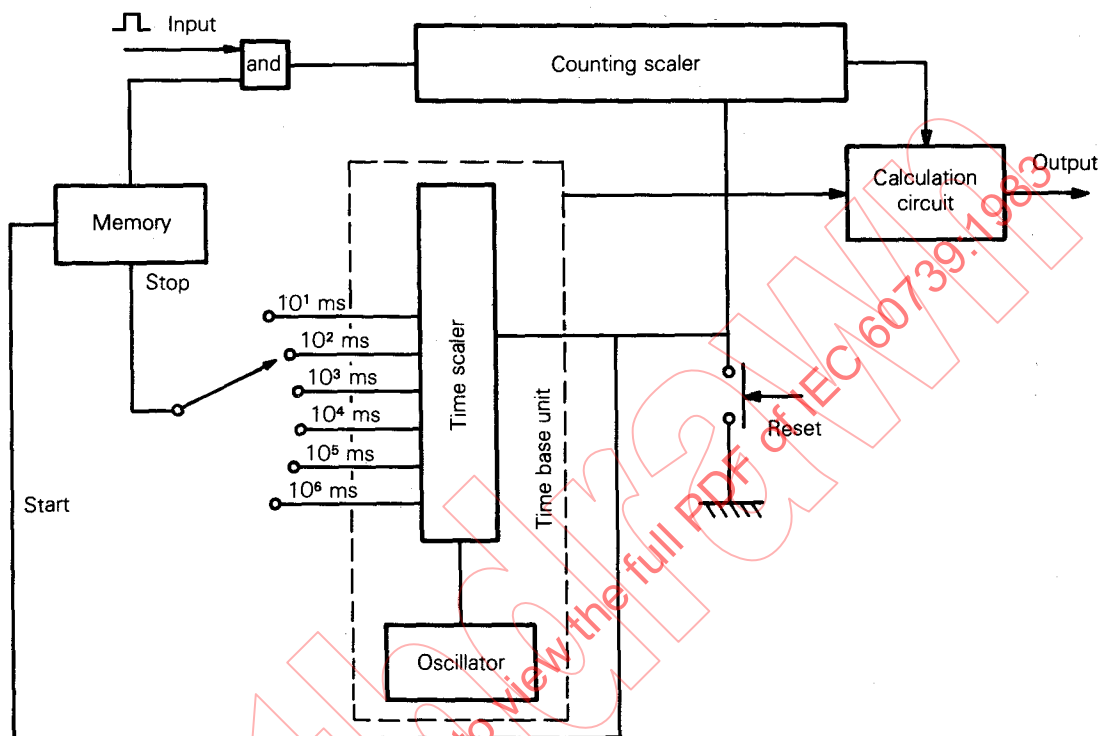
L'automatisme consiste dans le changement du temps de comptage en fonction du taux d'impulsions de façon à conserver une erreur statistique maximale constante sur plusieurs puissances de dix.

a) *Fixed duration operation*

In this case, the scaler counts the pulses at the input during a fixed duration, which implies a certain statistical error that shall be calculated.

This duration is determined and chosen by the user from the time base unit by means of a switch.

The result of the measurement is expressed as a number of pulses per unit time.



038/83

FIG. 3. — Example of simple precision fixed duration digital counting ratemeter.

b) *Fixed count operation*

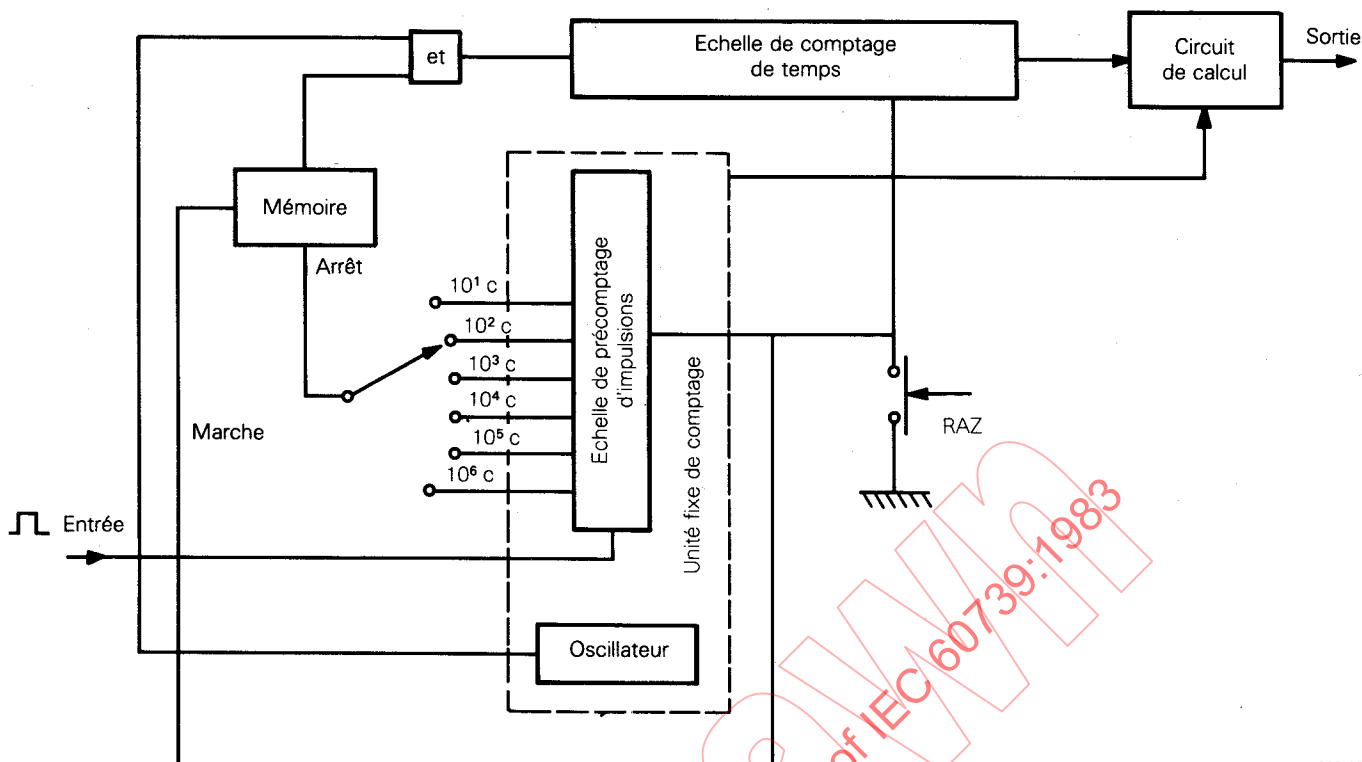
In this case, the statistical precision is an essential feature of the measurement and requires a predetermined count. It is chosen by means of a switch.

The scaler counts the timing pulses from the time base unit during the time taken for the number of input pulses recorded in another scaler to reach the predetermined count. The result of the measurement appears as the count divided by the time.

13.4 *Automatic digital counting ratemeter with constant precision*

This digital counting ratemeter is generally composed of a counting scaler and a time base unit which allow pulses to be counted during well-defined time intervals.

The automatic working consists of a change of counting duration with pulse rate so as to maintain a constant maximum statistical error over several decades.



039/83

FIG. 4. — Exemple d'un ictomètre numérique à simple précision et à compte fixe.

14. Etendue de mesure — Caractéristiques d'entrée

L'étendue de mesure est fixée par le constructeur qui indique les valeurs limites N_m et N_M pour une erreur statistique donnée.

Le constructeur indique les caractéristiques (amplitude maximale, temps de montée et de descente, durée, forme, polarité, etc.) des impulsions d'entrée que l'ictomètre peut admettre et leurs tolérances. On les vérifie.

On raccorde à l'entrée de l'ictomètre un générateur d'impulsions (piloté par quartz), et en parallèle un fréquencemètre (ou un autre ictomètre de précision supérieure) pour le contrôle.

a) Ictomètre à simple précision

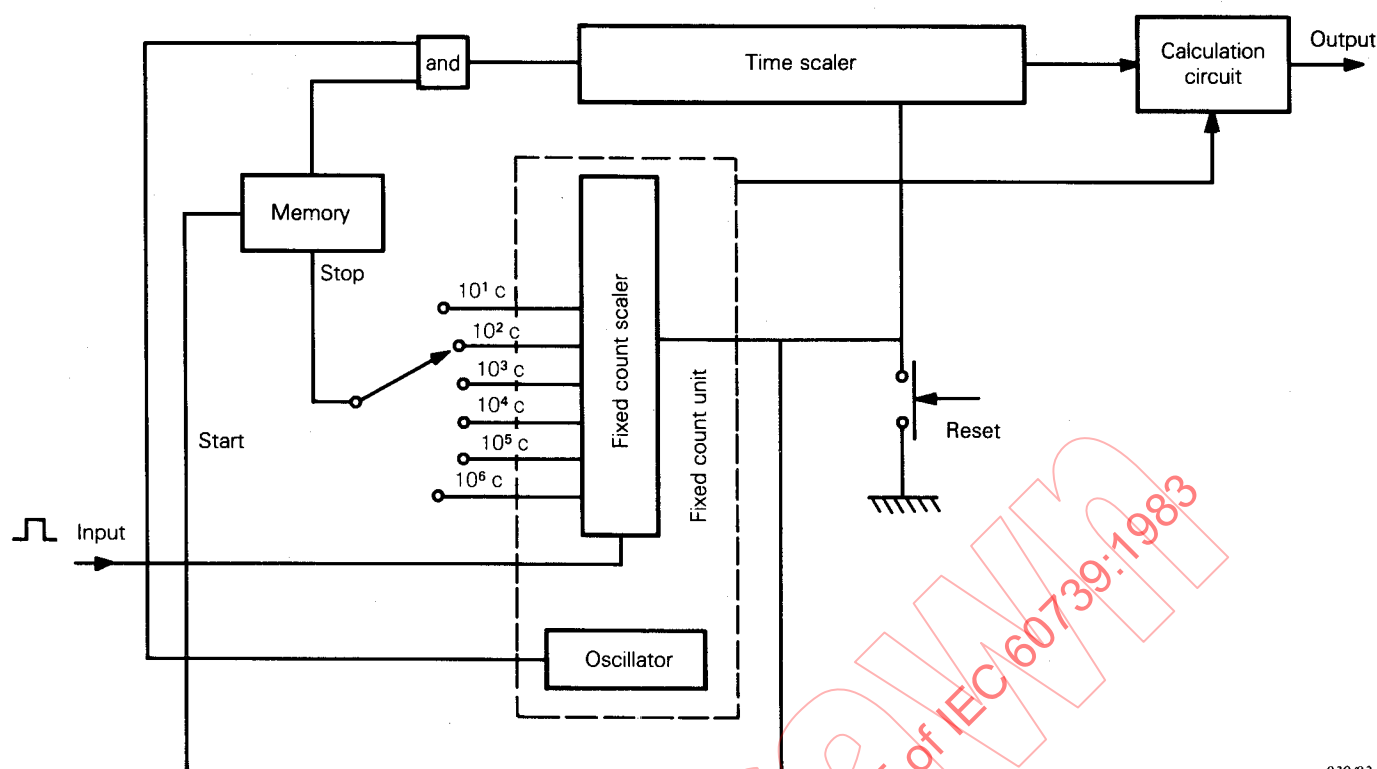
On choisit une valeur de taux de comptage telle qu'elle ne provoque pas le débordement de l'échelle, pour le temps de comptage le plus long. On vérifie alors, en changeant le temps de comptage que la valeur mesurée, l'indication, est la même sur les deux appareils.

b) Ictomètre automatique à précision constante

On explore tout le domaine de mesure de l'appareil et l'on vérifie l'égalité des résultats de mesure des deux appareils. On effectue au moins une mesure par puissance de dix et une à chaque extrémité de l'étendue.

15. Contrôle de la précision de la base de temps et vérification de l'échelle de temps

Les bases de temps sont les différentes périodes de comptage des impulsions imposées à l'échelle de comptage. Elles sont exprimées généralement en secondes.



039/83

FIG. 4. — Example of simple precision fixed count digital counting ratemeter.

14. Effective range — Input characteristics

The effective range is stated by the manufacturer who gives the limit values N_m and N_M for a given statistical error.

The manufacturer states the characteristics (maximum amplitude rise and fall time, duration, shape, polarity, etc.) of the input pulses and their tolerances. These shall be verified.

The counting ratemeter input is connected to a generator of recurrent pulses (quartz crystal controlled) and in parallel to a frequency meter (or another counting ratemeter of higher accuracy) for checking it.

a) Simple precision ratemeter

A counting rate value is chosen so that it does not cause an over-scale indication for the longest counting duration. It is then verified that on changing the counting duration, the measured value, the indication, is the same on both instruments.

b) Automatic counting ratemeter with constant precision

The whole measurement range of the instrument is explored to verify the equality of the results obtained from both instruments. At least, one measurement per decade and one at each end of the range shall be performed.

15. Checking the accuracy of the time base unit and verification of the time scaler

The time periods generated are the various time intervals imposed on the counting scaler and are generally expressed in seconds.

On vérifie l'échelle de temps.

La valeur de la fréquence de l'oscillateur ainsi que celle des différentes périodes de comptage sont lues à l'aide d'un chronomètre électronique et sont comparées aux valeurs nominales fournies par le constructeur.

Si l'on n'a pas accès à la sortie de l'oscillateur, on ne peut que comparer, pour une durée de comptage donnée l'indication de sortie de l'ictomètre avec la fréquence fournie par un générateur extérieur.

16. Capacité de l'échelle

La capacité de l'échelle est le nombre maximal d'impulsions que peut compter l'échelle, exprimé en coups.

Pour une durée de comptage quelconque, on effectue une excursion de taux d'impulsions couvrant toute l'étendue de mesure jusqu'au débordement, tout en comparant, à l'aide d'un autre ictomètre (ou fréquencemètre), les valeurs correspondantes de chaque appareil.

17. Temps de résolution et pertes de comptage

17.1 Temps de résolution

La détermination du temps de résolution τ de l'ictomètre se fait à l'aide d'un générateur d'impulsions déphasables (voir dans l'annexe A le diagramme des pertes de taux de comptage) (générateur à double ou triple impulsion, ou générateur aléatoire).

Ces générateurs possèdent un commutateur permettant d'avoir soit une sortie normale d'impulsions récurrentes, soit avec la même récurrence la sortie d'impulsions doubles. L'intervalle de temps séparant ces deux impulsions est réglable, à l'intérieur d'une certaine gamme, grâce aux commandes de retard.

Le temps de résolution de l'ictomètre est l'écart minimal qui peut séparer ces deux impulsions pour qu'elles soient toutes deux comptées.

17.2 Pertes de comptage

La valeur de τ , temps de résolution, détermine les pertes de comptage.

La perte relative de comptage est d'autant plus élevée qu'est plus grande la probabilité de recevoir une nouvelle impulsion dans l'intervalle de temps τ suivant l'arrivée d'une première impulsion.

La perte relative de comptage est d'autant plus grande que le nombre moyen N d'impulsions par seconde et le temps de résolution τ sont plus grands. Si N_r est le taux de comptage lu et N le taux de comptage vrai, dans le cas où les impulsions obéissent à une distribution de Poisson,

On a (voir annexe A):

$$1. \quad P = 1 - \frac{N_r}{N} = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(N\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(N\tau)^n}{n!} e^{-N\tau}$$

où n est le nombre de pertes de comptage dans le temps.

$P_1(N\tau) \sim N\tau e^{-N\tau}$ si $N\tau$ est très petit devant 1, et $\sum_{n=2}^{\infty} P_n(N\tau)$ est petit devant $P_1(N\tau)$.

$$\frac{N_r}{N} \sim 1 - N\tau e^{-N\tau}$$

The time scaler is to be checked.

The oscillator frequency and the various counting intervals are read by means of an electronic chronometer and they are compared with the rated values stated by the manufacturer.

If the oscillator output is not accessible, the ratemeter output indication for a given counting duration can only be compared by use of a frequency provided by a separate generator.

16. Scaler capacity

The scaler capacity is the maximum number of pulses, expressed in counts, that the scaler can record.

For any counting duration the pulse rate is varied over the whole effective range to overflow, while the output is compared with that of another ratemeter (or frequency meter), taking corresponding values of each instrument.

17. Resolving time and counting loss

17.1 Resolving time

The ratemeter resolving time τ is determined with the aid of a generator of phase-shifted pulses (see the diagram of the counting rate loss in Appendix A) (double, triple, or random pulse generator).

These generators are fitted with a switch that allows them to have either a normal output of recurrent pulses or, with the same recurrence frequency, an output of double pulses. The time interval between the two pulses is adjustable within a certain range by delay controls.

The resolving time of the ratemeter is the smallest time interval between these two pulses at which both are counted.

17.2 Counting loss

The value of τ , the resolving time, determines the counting loss.

The higher the relative counting loss, the greater the probability of a new pulse occurring in the time interval τ following the occurrence of a first pulse.

The relative counting loss increases as the mean number N of pulses per second and the resolving time τ are increased. If N_r is the observed counting rate and N the true counting rate, in the case of pulses obeying a Poisson distribution,

we have (see Appendix A):

$$1. \quad P = 1 - \frac{N_r}{N} = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(N\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(N\tau)^n}{n!} e^{-N\tau}$$

where n is number of counting loss in the time.

$$P_1(N\tau) \sim N\tau e^{-N\tau} \text{ if } N\tau \text{ is very small compared to } 1, \text{ and } \sum_{n=2}^{\infty} P_n(N\tau) \text{ is small compared to } P_1(N\tau).$$

$$\frac{N_r}{N} \sim 1 - N\tau e^{-N\tau}$$

2. $\frac{N_r}{N} \sim 1 - N \cdot \tau$ si $N \cdot \tau$ est petit devant 1 (décomposition en série).

On peut prendre approximativement (en prenant N_r au lieu de N):

$$N \sim \frac{N_r}{1 - N_r \cdot \tau}$$

18. Erreur statistique moyenne relative

- 18.1 Pour mesurer le taux de comptage avec une erreur statistique donnée, un nombre minimal d'impulsions doit être compté, ce qui demande une durée de comptage minimale.

— Pour un icomètre numérique le temps de comptage minimal peut être calculé par:

$$t_m = \frac{k^2 \cdot N}{E_a^2 \cdot S_a^2}$$

où k est un coefficient en relation avec le niveau de confiance.

— Pour un icomètre analogique le temps de mesure minimal constant peut être calculé par:

$$\theta_m = \frac{k^2 \eta^2 N}{2 E_a^2 S_a^2}$$

où $\eta = \sqrt{1 + (\Delta q/q)^2}$ est un facteur caractérisant la fluctuation de la charge de l'impulsion de la sortie du convertisseur fréquence-courant, où généralement $\eta \sim 1$

Dans le cas où les impulsions suivent une distribution de Poisson, on doit considérer que les mesures sont distribuées suivant une loi de Gauss, dont l'écart type s est égal à la racine de la valeur moyenne $\sqrt{n}$.

De ce fait, l'erreur statistique moyenne relative s'exprime à taux moyen constant par:

$$E = \pm k \frac{s}{n} = \pm k \frac{\sqrt{Nt}}{Nt} = \pm \frac{k}{\sqrt{n}}$$

où:

N est le taux de comptage en coups par seconde

t le temps de comptage en secondes

n le nombre de coups

k le coefficient choisi par l'expérimentateur selon le degré de confiance qu'il souhaite pouvoir accorder aux résultats:

(En fait la probabilité du niveau de confiance est donnée par $P = f(t, n)$ (voir paragraphe 6.11, note 3.)

- en prenant $k = 1$, il pourra dire qu'il y a 68,3 chances sur 100 pour que l'erreur relative commise soit inférieure à $E = \pm 1/\sqrt{n}$;
- en prenant $k = 2$, il pourra dire qu'il y a 95,4 chances sur 100 pour que l'erreur relative commise soit inférieure à $E = \pm 2/\sqrt{n}$;
- et en prenant $k = 3$, il pourra dire qu'il y a 99,7 chances sur 100 pour que l'erreur relative commise soit inférieure à $E = \pm 3/\sqrt{n}$.

On raccorde, à l'entrée de l'icomètre, un générateur d'impulsions aléatoires distribuées selon une loi de Poisson ou un détecteur placé auprès d'une source radioactive.

Connaissant t le temps de comptage et pour divers taux d'impulsions N_c , on calcule l'erreur statistique moyenne relative définie ci-dessus.

Note. — Cela caractérise la valeur mesurée et non l'icomètre lui-même.

- 18.2 On pourra indiquer également la résolution du taux de comptage R_N (voir paragraphe 4.17), la sensibilité absolue S_a (voir paragraphe 4.27) et l'erreur de mesure absolue minimale admissible E_a (voir paragraphe 6.12).

2. $\frac{N_r}{N} \sim 1 - N \cdot \tau$ if $N \cdot \tau$ is small compared to 1 (express as a series).

Taking N_r instead of N we have the following approximation:

$$N \sim \frac{N_r}{1 - N_r \cdot \tau}$$

18. Relative mean statistical error

- 18.1 To measure the counting rate with a given statistical error, a minimum number of pulses must be counted, which requires a minimum counting duration.

— For a digital ratemeter, the minimum counting time can be calculated from:

$$t_m = \frac{k^2 \cdot N}{E_a^2 \cdot S_a^2}$$

where k is a coefficient related to the confidence level.

— For an analogue ratemeter the minimum measuring time constant can be calculated from:

$$\theta_m = \frac{k^2 \eta^2 N}{2 E_a^2 S_a^2}$$

where $\eta = \sqrt{1 + (\Delta q/q)^2}$ is a factor characterizing the fluctuation of the pulse charge from the output frequency-current converter. Generally $\eta \sim 1$

If the pulses follow Poisson's distribution law we must consider that the measurements are distributed following a Gaussian law and the standard deviation s is equal to the root mean value $\sqrt{n}$.

Therefore the relative mean statistical error is expressed at a constant mean rate by:

$$E = \pm k \frac{s}{n} = \pm k \frac{\sqrt{Nt}}{Nt} = \pm \frac{k}{\sqrt{n}}$$

where:

N is the counting rate in counts per second

t the counting time in seconds

n the number of counts and

k a coefficient chosen by the experimenter according to the level of confidence he requires in the results:

(In fact, the probability of confidence level is given by $P = f(t, n)$ (see Sub-clause 6.11, Note 3).)

- if $k = 1$, there is a 68.3% chance of the relative error being less than $E = \pm 1/\sqrt{n}$,
- if $k = 2$, there is a 95.4% chance of the relative error being less than $E = \pm 2/\sqrt{n}$,
- if $k = 3$, there is a 99.7% chance of the relative error being less than $E = \pm 3/\sqrt{n}$.

The ratemeter input is connected to a random pulse generator (distributed according to Poisson's law) or to a detector placed close to a radioactive source.

Knowing the counting duration t , the relative mean statistical error defined above is calculated for various pulse rates N_c .

Note. — This characterizes the measured value and not the ratemeter itself.

- 18.2 It will also be possible to indicate the counting rate resolution R_N (see Sub-clause 4.17), the absolute sensitivity S_a (see Sub-clause 4.27) and the permissible minimum absolute measuring error E_a (see Sub-clause 6.12).

19. Temps de réponse (période de comptage)

C'est le temps nécessaire à l'instrument pour communiquer au système de visualisation un pourcentage donné du résultat final de la mesure après une variation échelon du taux d'impulsions.

Commentaires

- pour un icitomètre numérique, le temps de réponse t_r est égal au temps de mesurage t , si l'information est affichée jusqu'à la fin de la mesure; il est plus petit que t si l'information est donnée simultanément avec la variation du taux de comptage.
- Pour un icitomètre analogique le temps de réponse pour un changement échelon est fonction de θ et de N , généralement $t_r = 2,3 \theta$ (pour 0% à 90% du résultat final) (voir le paragraphe B5.1.2 de l'annexe B).

20. Caractéristiques de sortie

Le constructeur doit indiquer le code de sortie des résultats et le courant de sortie maximal que peut fournir chaque sortie numérique.

Il est nécessaire de vérifier que le code de sortie des résultats correspond bien aux indications du constructeur.

On mesure la valeur maximale du courant de sortie que peut fournir chaque sortie.

21. Sensibilité aux parasites

Elle concerne le niveau d'amplitude et le spectre de fréquence des signaux perturbateurs pour lesquels les icitomètres ont leur précision dégradée (voir l'annexe E de la Publication C.I.S.P.R. 16: Spécifications du C.I.S.P.R. pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radio-électriques).

22. Mesures de protection

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

On vérifie également que les précautions indiquées par le constructeur et dans les documents relatifs à la protection des travailleurs contre les dangers électriques ont été observées.

SECTION CINQ — ESSAIS CLIMATIQUES ET MÉCANIQUES

Si on les estime nécessaires, ces essais doivent être exécutés en conformité avec la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.

On peut effectuer un essai de fonctionnement en haute température dans les conditions décrites à l'article 12 de la Publication 68-2-2 de la CEI: Deuxième partie: Essais — Essais B: Chaleur sèche, avec une température de $+55 \pm 3$ °C et une durée d'exposition de 500 h, le taux d'impulsions étant réglé à

$$\frac{N_{cm}}{2}$$

19. Response time (counting time)

This is the time required for the instrument to communicate to the display system a given percentage of the final result of the measurement after a step variation in the pulse rate.

Comments

- For a digital ratemeter, the response time t_r is equal to the measuring time, t , if the information is fixed and displayed to the end of the measurement; it is less than t if the information is given simultaneously with the variation in the counting rate.
- For an analogue ratemeter, the response time for step change is a function of θ and N . Generally $t_r = 2.3 \theta$ (for 0% to 90% of final result) (see Sub-clause B5.1.2 of Appendix B).

20. Output characteristics

The manufacturer shall specify the digital output code used and the maximum output current that each digital output can provide.

It is necessary to verify that the output code corresponds to the manufacturer's specification.

The maximum value of the output current shall be measured for each output.

21. Susceptibility to interference

This concerns the amplitude level and the frequency spectrum of the interference signals which cause degradation of the accuracy of the counting ratemeters. (see Appendix E of C.I.S.P.R. Publication 16: C.I.S.P.R. Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods).

22. Protection measures

A check should be made that the connector body terminal is properly connected to the "metallic frame" of the instrument and, where appropriate, that other "frame" and "earth" terminals fulfil their functions.

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

SECTION FIVE — ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

When they are considered to be necessary these tests shall be performed in accordance with IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures.

The high temperature test in the conditions described in Clause 12 of IEC Publication 68-2-2, Part 2: Tests—Tests B: Dry Heat, may be performed at a temperature of $+55 \pm 3$ °C and an exposure duration of 500 h with the pulse rate set at

$$\frac{N_{\text{CM}}}{2}$$

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...).

SECTION SIX — FIABILITÉ ET MAINTENABILITÉ

23. Fiabilité

Lorsque la durée totale des essais effectués est suffisante, il est possible de calculer les valeurs de la MTBF (moyenne des temps de bon fonctionnement) estimée (voir paragraphe 4.32) à partir des temps de bon fonctionnement observés (voir paragraphe 4.31) pendant l'ensemble des essais exécutés dans le domaine nominal d'utilisation.

Lorsqu'on indique une valeur de 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 en haute température 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.

24. Elimination des défauts de jeunesse (E.D.J.)

Opération consistant à faire fonctionner les appareils pour découvrir et éliminer les éléments qui présentent des défaillances précoces.

Les défauts de jeunesse seront présumés avoir été éliminés au cours de cette opération, de telle sorte que les défaillances constatées en cours d'essai puissent normalement être prises en considération dans le critère de décision.

L'E.D.J., opération de fabrication, sera laissée à l'appréciation du constructeur.

Celui-ci pourra avoir intérêt à soumettre les équipements aux mêmes contraintes que celles du niveau d'essai spécifié. Le cas échéant, il tiendra à la disposition de l'utilisateur le compte rendu de cette opération.

Les essais de fiabilité ont pour objet de vérifier que les clauses de fiabilité sont satisfaites et, éventuellement, de mettre en œuvre divers procédés d'amélioration de la fiabilité observée.

Les résultats obtenus donnent une évaluation (plus ou moins approchée selon les conditions d'essai) de la fiabilité qu'atteindra l'équipement en exploitation (distribution exponentielle).

25. Maintenabilité

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

SECTION SEPT — CIRCUITS AUXILIAIRES

Ces circuits éventuels sont destinés à l'étalonnage et au réglage de l'ictomètre. Ils comprennent notamment un générateur de signaux d'étalonnage.

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, microbreakdown...).

SECTION SIX — RELIABILITY AND MAINTAINABILITY

23. Reliability

When the total duration of the test is sufficient, it is possible to calculate the assessed MTBF (mean time between failures) (see Sub-clause 4.32) from the times between failures observed (see Sub-clause 4.31) during all the tests performed in the rated range of use.

When an assessed MTBF value is stated, it is necessary to specify the test and the confidence level to which it is related.

In some cases it is possible to state a total value of the assessed MTBF corresponding to the total duration of the tests at high temperature and of the other tests, but it is necessary to present this value as applying to usual rated conditions, which is inevitably pessimistic.

24. Burn-in

The process whereby devices are operated to discover and eliminate those units which will be subject to early failure.

The early failures are assumed to have been eliminated during burn-in, so that the failures observed during the test can normally be taken into account in the decision criterion.

Burn-in which is part of the manufacturing process will be left to the discretion of the manufacturer.

It might be desirable to subject the equipment to the same constraints as those of the specified test level. If necessary, the report of this operation will be made available to the user.

Reliability tests aim to check that the reliability criteria are fulfilled and possibly to put into effect various processes for improving the observed reliability.

Results obtained give an estimate (more or less approximate according to the test conditions) of the reliability the equipment will reach in use (exponential distribution).

25. Maintainability

It may be useful to verify the information given by the manufacturer related to the instrument maintenance (acceptance tests, emergency repairs, maintenance, instruction manual, availability, etc.).

SECTION SEVEN — AUXILIARY CIRCUITS

These circuits, when used, are intended for the calibration and the setting of the ratemeter. They include, in particular, a calibration signal generator.

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 essais indiqués pour l'ictomètre (numérique ou analogique).

26. Fréquences d'étalonnage

Les signaux d'étalonnage sont injectés à l'entrée du sous-ensemble ictomètre sous la forme de signaux récurrents de fréquences déterminées. Ils permettent de régler éventuellement le sous-ensemble.

26.1 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 est la fréquence d'étalonnage nominale, et

f_r la fréquence mesurée

26.2 Variation des fréquences d'étalonnage avec la température

On indique, en particulier, la variation relative moyenne par degré Celsius

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

26.3 Stabilité

On vérifie les variations en fonction du temps

$$\Delta_{1-2} = \frac{f_2 - f_1}{t_2 - t_1}$$

27. Contrôle de bon fonctionnement

Des circuits éventuels permettent de contrôler le bon fonctionnement de l'ictomètre. Le signal provenant de ces circuits doit être appliqué le plus en amont possible dans l'ictomètre et peut être ajustable.

Le bon fonctionnement de ces circuits doit aussi être vérifié.

Tests are made in the same way as for the ratemeter. Calibration frequency signals are processed like pulses from a normal generator. The same tests as those indicated for the ratemeter may be carried out (digital or analogue).

26. Calibration frequencies

Calibration signals are provided at the ratemeter input in the form of recurrent signals of specified frequencies. They permit the occasional adjustment of the ratemeter.

26.1 Calibration frequency error

Calibration frequencies are given with a percentage error

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

where:

f_N is the rated calibration frequency, and

f_r is the measured frequency

26.2 Calibration frequency variation with temperature

In particular the mean relative variation per degree Celsius is indicated

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

26.3 Stability

Variation as a function of time is verified:

$$\Delta_{1-2} = \frac{f_2 - f_1}{t_2 - t_1}$$

27. Proper functioning check circuits

Where fitted, appropriate circuits make it possible to check the proper functioning of the ratemeter. The signal from these circuits shall be applied as near as possible to the ratemeter input and may be adjustable.

The proper functioning of these circuits themselves shall also be verified.

ANNEXE A

DIAGRAMME DES PERTES DE COMPTAGE

- A1. Le diagramme des pertes de comptage (ci-après) permet de déterminer le nombre d'impulsions perdues par seconde, l'erreur statistique moyenne relative en fonction du taux de comptage mesuré en sortie de l'ictomètre et du temps de résolution dans le cas où les impulsions ont une répartition dans le temps qui suit la loi de probabilité de Poisson (figure A1, page 48).

$$\begin{aligned} N_r &= f(\Delta N)_{\tau, p} \\ \text{avec } N_r &= N \cdot e^{-N\tau} & \text{en c/s} & \quad (\text{voir paragraphe 17.2}) \\ \Delta N &= N - N_r \\ p &= 100 \frac{\Delta N}{N} \end{aligned}$$

A2. Exemple d'utilisation

Soit un temps de résolution $\tau = 1$ et un taux de comptage $N_r = 10^5$ c/s on lit en abscisse le nombre d'impulsions perdues: $1,2 \cdot 10^4$ c/s.

D'autre part, on voit que l'erreur statistique moyenne relative lue sur le diagramme est légèrement supérieure à 10%.

- A3. Il est possible de calculer directement:

$$\begin{aligned} p &= 100 \frac{N - Ne^{-N\tau}}{N} \quad \text{en \%} \\ p &= 100 (1 - e^{-N\tau}) \end{aligned}$$

Si $N\tau \ll 1$, $p = N\tau$, la relation ci-dessus donne le taux de comptage admissible maximal, $N_{\max}$, pour une perte de taux de comptage p et un temps de résolution τ .

Connaissant $N_{\max}$ et l'efficacité de détection de l'ensemble de mesure des rayonnements, on peut calculer l'activité mesurable maximale, pour un détecteur spécifié dans une géométrie d'essai et pour un radioélément donné.

A4. Résolution du taux de comptage (voir paragraphe B5.1.2)

Pour la détermination du comptage, où plus de 100 coups sont accumulés indépendamment du temps, exigé, la distribution de Poisson peut être considérée comme un cas spécial de la distribution gaussienne, par exemple:

$$\sigma_n \approx \sqrt{n} \quad \text{et} \quad \sigma_N \approx \sqrt{N/t}$$

Si à l'entrée de l'ictomètre numérique le taux d'impulsions provenant du sous-ensemble détecteur augmente de N à $(1 + p)N$ avec un taux d'impulsions échelon, où $0 < p < 1$ pour de faibles variations ou $p = N_s/N$ pour les autres variations, alors le taux de comptage et l'écart type avant et après la montée peut être déterminé:

$$\text{à } t \leq 0, N_0 = N \quad \sigma_{N_0} = \sigma_N = \sqrt{N/t}$$

$$\text{pour } t \Rightarrow 0, N_t = (1 + p)N, \sigma_{N_t} = \sigma_N \sqrt{1 + p}$$

APPENDIX A

COUNTING LOSS DIAGRAM

- A1. The following diagram of the counting losses permits the determination of the number of pulses lost per second, the relative mean statistical error as a function of the counting rate measured at the ratemeter output and the resolving time when the time distribution of the pulses follows the Poisson probability law (Figure A1, page 49).

$$\begin{aligned} N_r &= f(\Delta N)_{\tau, p} \\ \text{with } N_r &= N \cdot e^{-N\tau} \quad \text{in c/s} \quad (\text{see Sub-clause 17.2}) \\ \Delta N &= N - N_r \\ p &= 100 \frac{\Delta N}{N} \end{aligned}$$

A2. Example of use

For a resolving time $\tau = 1 \mu\text{s}$ and a counting rate $N_r = 10^5 \text{ c/s}$, the number of lost pulses read in abscissa is $1.2 \cdot 10^4 \text{ c/s}$.

Moreover, the relative mean statistical error read on the diagram is slightly higher than 10%.

- A3. It is possible to calculate directly:

$$\begin{aligned} p &= 100 \frac{N - N_r}{N} \quad \text{in \%} \\ p &= 100 (1 - e^{-N\tau}) \end{aligned}$$

If $N\tau \ll 1$, then $p = N\tau$, the above relation gives the maximum permissible counting rate, $N_{\max}$, for a counting rate loss p and a resolving time τ .

Knowing $N_{\max}$ and the detection efficiency of the measuring radiometric assembly, the maximum measurable activity, for a specified detector in the operating geometry and for a given radionuclide, can be calculated.

A4. Counting rate resolution (see Sub-clause B5.1.2)

For counting determinations where more than 100 counts are accumulated independent of the time required, the Poisson distribution can be considered to be a special case of the Gaussian distribution, for example:

$$\sigma_n \approx \sqrt{n} \quad \text{and} \quad \sigma_N \approx \sqrt{N/t}$$

If at the digital ratemeter input, the pulse rate from a detection sub-assembly increases from N to $(1 + p)N$ with a step pulse rate, where $0 < p < 1$ for low variations or $p = N_s/N$ for any variation, then the counting rate and the standard deviation before and after the rise can be determined:

$$\text{at } t \leq 0, N_0 = N \quad \sigma_{N_0} = \sigma_N = \sqrt{N/t}$$

$$\text{for } t \Rightarrow 0, N_t = (1 + p)N, \sigma_{N_t} = \sigma_N \sqrt{1 + p}$$

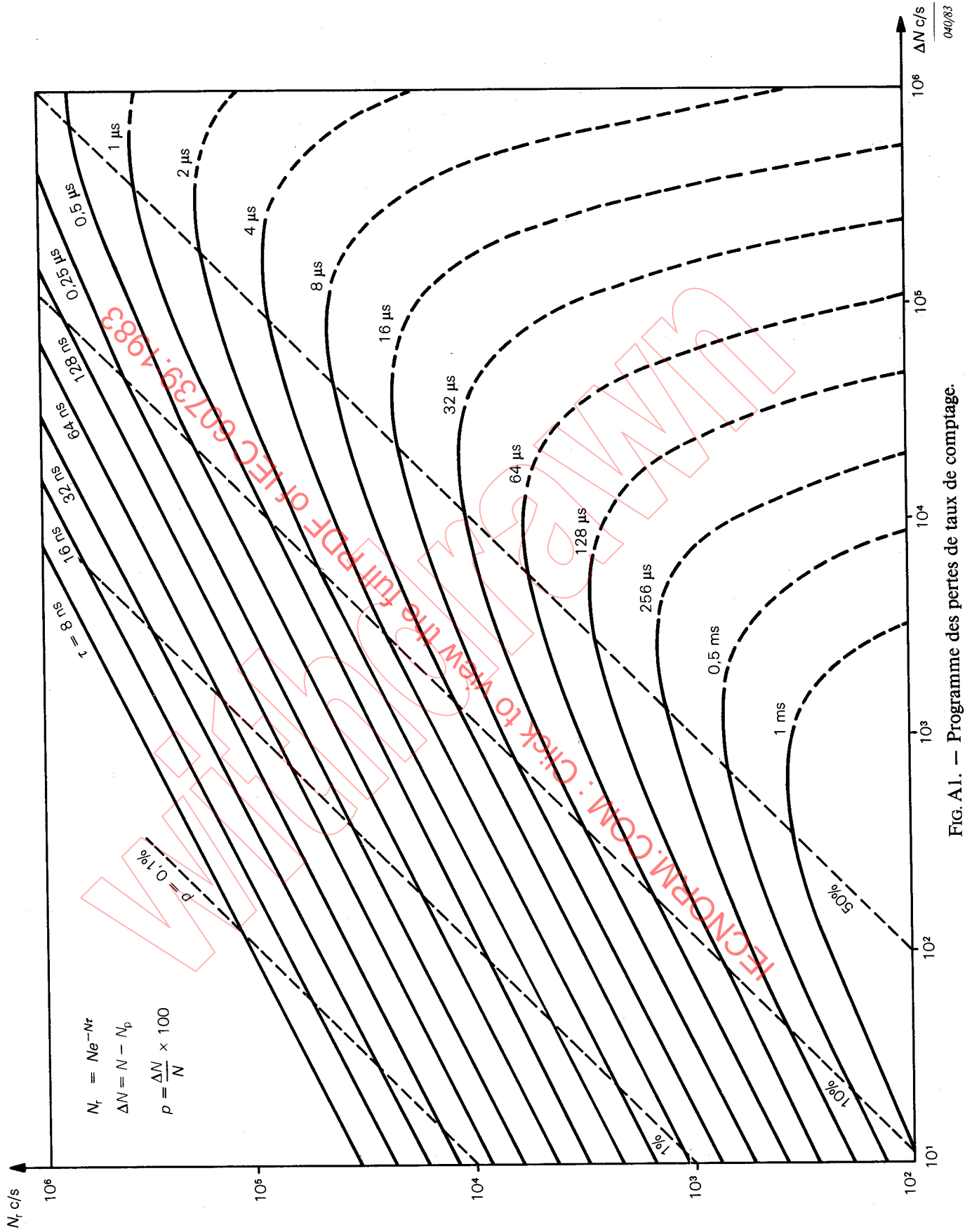


Fig. A1. — Programme des pertes de taux de comptage.

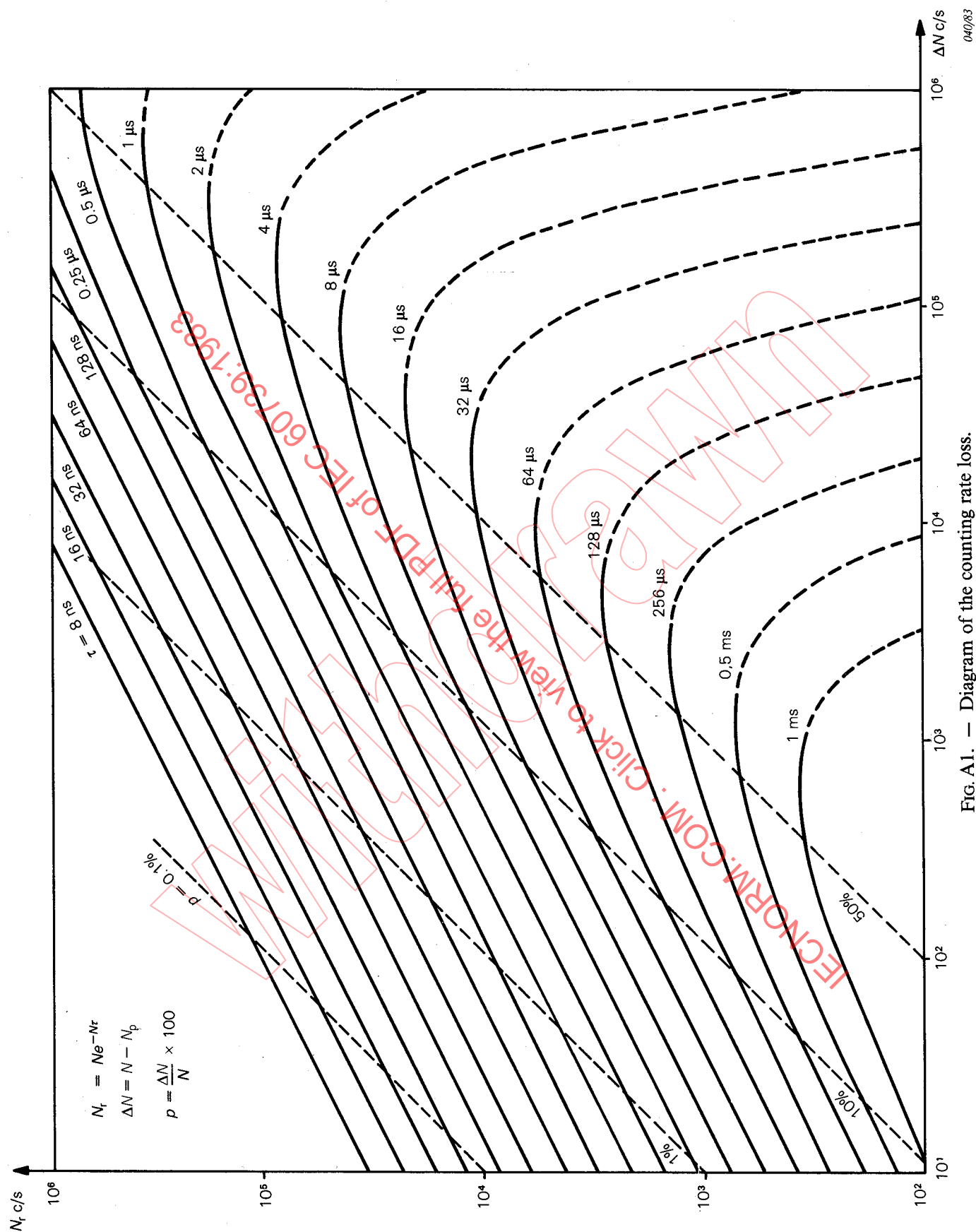


Fig. A1. — Diagram of the counting rate loss.

Considérant que les impulsions d'entrée ont une distribution normale, la variation minimale p du taux de comptage peut être déduite du critère statistique de fiabilité (1).

$$N + k_1 \sigma_N < (1 + p) N - k_2 \sigma_N \sqrt{1 + p} \quad (1)$$

A la limite et pour le cas particulier où $k_1 = k_2 = k$ d'après l'inégalité (1), il en résulte:

$$p_m |_{k_1 = k_2 = k} = 2 k \frac{\sigma_N}{N} \left(1 + \frac{1}{2} k \frac{\sigma_N}{N} \right) \quad (2)$$

La valeur $p_m N$ représente la résolution du taux de comptage du radiamètre à l'entrée, c'est-à-dire l'intervalle minimal entre deux valeurs adjacentes du taux d'impulsions vrai nécessaire pour obtenir, à la sortie, un taux de comptage pouvant être différencié des fluctuations statistiques du nombre moyen des particules détectées par le tube-compteur de rayonnements et des erreurs introduites par le sous-ensemble de mesure. Dans notre cas $R_N = p_m N$.

La résolution du taux de comptage à la sortie de l'ictomètre numérique est donnée par:

$$R_{Nr} = \frac{1}{S_a} R_N \quad (3)$$

ou:

$$R_{Nr} = \frac{2 k \sigma_N}{S_a} \left(1 + \frac{1}{2} k \frac{\sigma_N}{N} \right) \approx \frac{2 k}{S_a} \sqrt{\frac{N}{t}} \quad (3')$$

De la même façon, pour un ictomètre analogique on obtient (2)

$$R_{Nr} \approx \frac{2 k}{S_a} \sqrt{\frac{N}{2 \theta}} \quad (4)$$

Considering that the input pulses have a normal distribution, the minimum variation p in counting rate can be deduced from the statistical reliability criterion (1)

$$N + k_1 \sigma_N < (1 + p) N - k_2 \sigma_N \sqrt{1 + p} \quad (1)$$

At the limit and for the particular case $k_1 = k_2 = k$, from inequality (1) there results:

$$p_m |_{k_1 = k_2 = k} = 2 k \frac{\sigma_N}{N} \left(1 + \frac{1}{2} k \frac{\sigma_N}{N} \right) \quad (2)$$

The value $p_m N$ represents the counting rate resolution of the radiation meter at the input, i.e. the minimum interval between two adjacent values of the true pulse rate necessary to obtain at the output a counting rate change distinguishable from the statistical fluctuations of the average number of the particles detected by the radiation counter and the errors introduced by the measuring sub-assembly. In our case: $R_N = p_m N$.

The counting rate resolution at the digital ratemeter output is given.

$$R_{N_r} = \frac{1}{S_a} R_N \quad (3)$$

or:

$$R_{N_r} = \frac{2 k \sigma_N}{S_a} \left(1 + \frac{1}{2} k \frac{\sigma_N}{N} \right) \approx \frac{2 k}{S_a} \sqrt{\frac{N}{t}} \quad (3')$$

Similarly for an analogue ratemeter one obtains (2)

$$R_{N_r} \approx \frac{2 k}{S_a} \sqrt{\frac{N}{2 \theta}} \quad (4)$$

ANNEXE B

ESSAIS QUALITATIFS DES ENSEMBLES D'ICTOMÉTRIE AVEC UNE SOURCE RADIOACTIVE

On peut dans certains cas faire des essais avec une source radioactive. Dans ce cas l'ictomètre peut être inclus dans un ensemble, tel que décrit à la figure 1, page 10.

Il en résulte que ces essais qualitatifs ne donnent pas d'indications sur les qualités des ictomètres proprement dits*.

Ces essais s'effectuent sur accord entre les parties. Ils permettent d'obtenir une mesure du taux de comptage dans des conditions réelles d'utilisation avec des événements aléatoires.

Pour vérifier globalement le bon fonctionnement de l'ictomètre, de sa liaison au détecteur ou à un autre élément adaptateur et de ses accessoires éventuels, on l'alimente par les impulsions fournies par un détecteur convenable de caractéristiques connues soumis à un débit de fluence connu, émis par une source radioactive.

On peut ainsi étudier un appareil, appelé alors débitmètre ou dosimètre, ou un lot d'ensembles d'ictométrie.

En particulier, on peut mesurer:

- 1) l'évolution de l'indication initiale;
- 2) l'évolution de l'information;
- 3) la répétabilité;
- 4) l'homogénéité d'un lot;
- 5) la limite inférieure de lecture, et
- 6) l'exactitude et la linéarité.

B1. Evolution de l'indication initiale

B1.1 Principe

Déterminer quelle est, avant toute irradiation, l'indication des ictomètres et quelle est l'évolution de cette indication dans le temps.

B1.2 Mode opératoire

Avant tout autre essai, mettre à «zéro» n ictomètres**.

Les stocker aux conditions climatiques de référence puis lire l'indication sans les remettre à zéro.

Les spécifications particulières fixeront les temps de stockage et d'attente avant lecture.

* Voir l'annexe A de la Publication 650 de la CEI: Ictomètres analogiques. Caractéristiques et méthodes d'essai.

** Dans cet essai, comme dans les suivants, n sera fixé par les spécifications particulières à chaque type d'ictomètre.

APPENDIX B

QUALITATIVE TESTS OF RATEMETERS (AND ASSOCIATED INSTRUMENTS) USING A RADIOACTIVE SOURCE

It is possible in certain cases to test with a radioactive source. In which case the ratemeter should be included in an assembly such as shown in Figure 1, (page 11).

Such qualitative tests, however, do not give information concerning the performance of the ratemeter itself*.

The tests are performed by agreement between the parties. They permit a counting rate measurement to be made in actual conditions of use with random events.

In order to make an overall check of the proper functioning of the instrument and its connections to the detector or to an adaptor unit and other possible accessories, the instrument pulse rate is provided by an appropriate detector of known characteristics subjected to a known fluence rate emitted by a radioactive source.

It is then possible to study an instrument, such as a radiation flux meter, dosimeter, or a set of ratemeters.

In particular, it is possible to measure:

- 1) the variation of the initial indication;
- 2) the variation of the information;
- 3) the repeatability;
- 4) the homogeneity of a set;
- 5) the lower limit of reading, and
- 6) the accuracy and the linearity.

B1. Variation of the initial indication

B1.1 Principle

To determine, before any irradiation, the ratemeter indication and the variation with time of this indication.

B1.2 Test procedure

Before any other test, set n ratemeters** to “zero”, store them under the reference climatic conditions and read the indication without resetting them to zero.

The particular specifications will state the storing duration and the waiting time before the reading.

* See Appendix A of IEC Publication 650: Analogue Counting Ratemeters. Characteristics and Test Methods.

** For this test, as well as for the following ones, n will be stated by the specifications particular to each type of ratemeter.

B1.3 Résultats

- a) pour chaque temps, calculer:
 - la moyenne $\bar{l}_0$ des indications initiales des ictomètres;
 - leur écart type s ;
- b) tracer la courbe donnant l'évolution dans le temps de l'indication initiale de l'ictomètre.

B2. Evolution de l'information

B2.1 Principe

Suivre l'évolution de l'information de l'ictomètre en fonction du temps, toutes les autres conditions restant inchangées. En particulier, les conditions climatiques doivent rester à l'intérieur des limites des conditions de référence, et la température ne doit varier par rapport à la température initiale d'essai que de $\pm 5^\circ\text{C}$ en demeurant toujours à l'intérieur des limites de référence.

B2.2 Mode opératoire

Irradier n ictomètres à une exposition (voir paragraphe 4.33) comprise entre 50% et 85% du calibre normalement utilisé et lire l'indication E , ainsi qu'après chacun des temps fixés par les spécifications particulières.

B2.3 Résultats

- a) pour chaque temps, calculer:
 - la moyenne $\bar{l}$ des lectures;
 - leur écart type s ;
 - le rapport r de cette moyenne à l'exposition lue après irradiation

$$r = \frac{\bar{l}}{E}$$

- b) tracer la courbe de r en fonction du temps.

B3. Répétabilité*

B3.1 Principe

Déterminer la répétabilité des mesures effectuées par un même ictomètre soumis à une même exposition dans des conditions identiques.

B3.2 Mode opératoire

Mettre n ictomètres à zéro.

Irradier les détecteurs à une exposition comprise entre 50% et 85% du calibre normalement utilisé puis les lire et les remettre à zéro.

Répéter l'essai dix fois de suite.

Si l'appareil possède plusieurs calibres, procéder comme il est décrit ci-dessus pour chacun d'eux.

* Etroitesse de l'écart 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.

B1.3 Results

- a) for each duration, calculate:
 - the average $\bar{I}_0$ of the initial indications of the ratemeters;
 - their standard deviations s ;
- b) draw the graph showing the variation with time of the initial indication of the ratemeters.

B2. Variation with time of the information**B2.1 Principle**

To follow the variation of the ratemeter information with elapsed time; all the other conditions should remain unchanged. The climatic conditions especially shall remain within the limits of the reference conditions and the temperature may vary from the initial test temperature by $\pm 5^\circ\text{C}$ only, always remaining within the reference limits.

B2.2 Test procedure

Irradiate n ratemeters to an exposure (see Sub-clause 4.33) between 50% and 85% of the effective range generally used and read the indication E and similarly after each of the times fixed by the particular specifications.

B2.3 Results

- a) Calculate for each duration:
 - the average $\bar{I}$ of the readings;
 - their standard deviation s ;
 - the ratio r of this average to the exposure read after irradiation

$$r = \frac{\bar{I}}{E}$$

- b) Draw the graph of r as a function of time.

B3. Repeatability***B3.1 Principle**

To determine the repeatability of the measurements carried out with the same ratemeter submitted to the same exposure in identical conditions.

B3.2 Test procedure

Set n ratemeters to zero

Irradiate the detectors at an exposure between 50% and 85% of the effective range generally used and then read them and reset them to zero.

Repeat the test ten times.

If the instrument is equipped with several effective ranges, proceed as above for each range.

* Narrowness of 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 fairly short intervals of time.

B3.3 Résultats

Pour chaque opération, calculer:

- la moyenne $\bar{l}$ des dix lectures;
- leur écart type s .

B4. Homogénéité d'un lot

B4.1 Principe

Etudier la dispersion de réponse des ictomètres à une même exposition et en particulier déterminer si cette dispersion peut être représentée comme une loi normale.

B4.2 Mode opératoire

a) Echantillonnage

La loi étant supposée normale, relever au hasard n_0 individus ($5 < n_0 \leq 10$) parmi la population à étudier, les irradier à une même exposition et les lire.

Calculer la moyenne $\bar{l}_i$ des lectures l_i des ictomètres et l'écart type s_0 de ces lectures (s_0 étant une première estimation de l'écart type de la population).

$$\bar{l} = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} l_i$$

$$s_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_0} (l_i - \bar{l})^2}{n_0 - 1}}$$

Choisir:

- le pourcentage d'erreur b que l'on peut tolérer sur la lecture de l'exposition l , pour déterminer la marge d'erreur:

$$d \approx \frac{b}{100} \bar{l}$$

(en aucun cas, d ne pourra être inférieur à la précision de lecture δ), et

- le risque α pour que l'estimation soit faite avec une erreur supérieure ou égale à d .

En déduire une valeur approchée n du nombre d'individus nécessaires pour faire une estimation avec le risque α à l'aide de la formule:

$$n = \left(t_{(\alpha, n_0)} \frac{s_0}{d} \right)^2$$

$t_{(\alpha, n_0)}$ variable de la loi de Student, est donnée par le tableau suivant:

TABLEAU BI

α n_0	0,1	0,05	0,02	0,01
6	2,015	2,571	3,365	4,032
7	1,943	2,447	3,143	3,707
8	1,895	2,365	2,998	3,499
9	1,860	2,306	2,896	3,355
10	1,833	2,262	2,821	3,250

B3.3 Results

Calculate for each operation:

- the average $\bar{l}$ of ten readings;
- their standard deviation s .

B4. Homogeneity of a set

B4.1 Principle

To study the dispersion of response of the ratemeters for the same exposure and particularly to determine whether this dispersion can be represented on a normal law.

B4.2 Test procedure

a) Sampling

Assuming the law to be normal, choose at random n_0 items ($5 < n_0 \leq 10$) among the population being studied, irradiate them at the same exposure and read them.

Calculate the average $\bar{l}_i$ of the readings l_i of the ratemeters as well as the standard deviation s_0 (representing a first estimate of the standard deviation of the population).

$$\bar{l} = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} l_i$$

$$s_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_0} (l_i - \bar{l})^2}{n_0 - 1}}$$

Choose:

- the acceptable percentage error b on the reading of the exposure l , in order to determine the error margin:

$$d \approx \frac{b}{100} \bar{l}$$

(in no case can d be lower than the reading precision δ), and

- the risk α such that the estimate is made with an error greater than or equal to d .

Deduce from it an approximate value n the number of items necessary to make an estimate with the risk α by means of the formula:

$$n = \left(t_{(\alpha, n_0), \frac{s_0}{d}} \right)^2$$

$t_{(\alpha, n_0)}$ is the variable of Student's law and is given in the following table:

TABLE BI

α n_0	0.1	0.05	0.02	0.01
6	2.015	2.571	3.365	4.032
7	1.943	2.447	3.143	3.707
8	1.895	2.365	2.998	3.499
9	1.860	2.306	2.896	3.355
10	1.833	2.262	2.821	3.250

b) *Prélèvement et essai*

Prélever au hasard n individus sur l'ensemble de la population, les irradier à une exposition comprise entre 50% et 85% de l'étendue de mesure normalement utilisée.

Lire les ictomètres à des temps égaux après irradiation, l'indication de l'appareil variant dans le temps.

La même méthode pourra être utilisée pour faire l'étude statistique des variables obtenues à la suite d'autres essais.

B4.3 *Résultats*

Donner le diagramme des fréquences des expositions lues (le nombre d'intervalles de classes ne sera en aucun cas inférieur à 5).

Calculer la moyenne $\bar{l}'$ des lectures des ictomètres du prélèvement et l'écart type s' correspondant (ou tracer la droite de Henry et en déduire une autre évaluation $\bar{l}''$ de la moyenne et s'' de l'écart type).

Vérifier que l'hypothèse (normalité de la loi) est correcte par un test χ^2 avec un risque α (voir tableau BI).

B5. *Limite inférieure de lecture*

B5.1 *Principe*

B5.1.1 Déterminer:

- *le seuil de détection*: exposition minimale pour laquelle la lecture obtenue est significativement différente d'une indication permanente; les lectures correspondant à cette valeur sont telles que l'on ait:

$$\bar{l} - \bar{l}_0 \geq \sqrt{2} \times 1,96 s_{l_0} \quad (t = 1,96, p = 95\%, \text{ voir paragraphe 6.11})$$

$\bar{l}$ est la moyenne des lectures pour l'exposition considérée

$\bar{l}_0$ la moyenne des indications initiales des ictomètres

s_{l_0} l'écart type des indications initiales

lorsque les lectures initiales prennent le plus souvent la valeur zéro, il est préférable de simplifier la formule:

$$\bar{l} - \bar{l}_{0 \max} \geq 1,96 s$$

$\bar{l}$ est la moyenne des lectures pour l'exposition considérée

s l'écart type de ces lectures

$\bar{l}_{0 \max}$ la valeur maximale de l'indication initiale

- *la limite inférieure de lecture à $x\%$ **: exposition minimale pour laquelle la valeur moyenne des lectures affectées de la dispersion ($\bar{l} \pm 2 s$) est telle que l'on ait

$$L \left(\frac{100 - x}{100} \right) \leq \bar{l} - 2 s < \bar{l} + 2 s \leq \left(\frac{100 + x}{100} \right) L$$

$\bar{l}$ et s définis ci-dessus

L est la valeur lue pour l'exposition considérée sur la partie linéaire de la courbe d'étalonnage obtenue par représentation graphique des variations de $\bar{l}$ en fonction de l'exposition au cours de l'essai.

* x sera fixé par les spécifications particulières.