

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 476**

Première édition — First edition

1974

---

**Appareils électriques de mesure utilisant des sources radioactives**

---

---

**Electrical measuring instruments utilizing radioactive sources**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**  
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie utilisée dans la présente publication

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

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision of this publication

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

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**  
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology used in this publication

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

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

## Graphical and letter symbols

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

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

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

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 476**

Première édition — First edition

1974

---

**Appareils électriques de mesure utilisant des sources radioactives**

---

---

**Electrical measuring instruments utilizing radioactive sources**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

**Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale**

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

|   | Pages |
|---|-------|
| PRÉAMBULE .....   | 4     |
| PRÉFACE .....   | 4     |
| Articles  |       |
| 1. Domaine d'application .....                                  | 6     |
| 2. Objet .....  | 6     |
| 3. Terminologie .....   | 6     |
| 4. Recommandations .....  | 12    |
| 4.1 Prescriptions de sécurité .....                             | 12    |
| 4.2 Prescriptions générales .....                               | 12    |
| 4.3 Prescriptions mécaniques .....                              | 12    |
| 4.4 Prescriptions électriques .....                             | 12    |
| 4.5 Prescriptions concernant la grandeur physique mesurée ..... | 14    |
| 4.6 Prescriptions concernant la radiométrie .....               | 14    |
| 5. Conditions et méthodes d'essais .....                        | 18    |
| 5.1 Généralités .....   | 18    |
| 5.2 Caractéristiques à mesurer .....                            | 18    |
| 5.3 Essais radiométriques .....                                 | 20    |

## CONTENTS

|  | Page |
|--|------|
| FOREWORD .....                           | 5    |
| PREFACE .....                            | 5    |
| Clause                                   |      |
| 1. Scope .....                           | 7    |
| 2. Object .....                          | 7    |
| 3. Terminology .....                     | 7    |
| 4. Recommendations .....                 | 13   |
| 4.1 Safety .....                         | 13   |
| 4.2 General .....                        | 13   |
| 4.3 Mechanical .....                     | 13   |
| 4.4 Electrical .....                     | 13   |
| 4.5 The measured physical quantity ..... | 15   |
| 4.6 Radiometry .....                     | 15   |
| 5. Test conditions and methods .....     | 19   |
| 5.1 General .....                        | 19   |
| 5.2 Characteristics to be measured ..... | 19   |
| 5.3 Radiometric tests .....              | 21   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPAREILS ÉLECTRIQUES DE MESURE  
UTILISANT DES SOURCES RADIOACTIVES**

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 recommandation 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 Moscou en 1969, puis discuté lors des réunions tenues à Washington en 1970, à Bucarest en 1971 et à Londres en 1972. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 45(Bureau Central)73, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle de Six Mois en mars 1973.

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

Afrique du Sud (République d')  
Allemagne  
Australie  
Belgique  
Danemark  
Finlande  
France  
Israël

Italie  
Pays-Bas  
Roumanie  
Royaume-Uni  
Suède  
Suisse  
Turquie  
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL MEASURING INSTRUMENTS  
UTILIZING RADIOACTIVE SOURCES**

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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

A first draft was prepared at the meeting held in Moscow in 1969, then discussed during the meetings held in Washington in 1970, in Bucharest in 1971 and in London in 1972. As a result of this latter meeting, a final draft, document 45(Central Office)73, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia  
Belgium  
Denmark  
Finland  
France  
Germany  
Israel  
Italy

Netherlands  
Romania  
South Africa (Republic of)  
Sweden  
Switzerland  
Turkey  
United Kingdom  
Yugoslavia

## APPAREILS ÉLECTRIQUES DE MESURE UTILISANT DES SOURCES RADIOACTIVES

---

### 1. **Domaine d'application**

Ce document s'applique aux appareils électriques de mesure utilisant des sources radioactives pour déterminer des grandeurs physiques et chimiques.

### 2. **Objet**

Ce document, tout en fournissant une base pour l'élaboration de recommandations ultérieures particulières concernant les règles de construction des diverses classes d'appareils appartenant au domaine d'application, présente volontairement un caractère très général pour permettre son application à l'ensemble des appareils considérés. Il rassemble les recommandations communes à tous les textes détaillés qui suivront. Il peut également servir de guide pour la rédaction de contrats entre constructeurs et utilisateurs.

### 3. **Terminologie**

Les définitions suivantes se rapportent essentiellement aux termes relatifs au domaine étudié. Elles sont valables pour la compréhension de ce document et des documents particuliers qui pourront être élaborés ultérieurement. Les termes d'emploi plus général qui peuvent également être utilisés dans ces documents sont donnés dans d'autres recommandations de l'ISO ou de la CEI.

#### 3.1 *Détecteur de rayonnement*

Appareil, en général sous-ensemble, ou substance qui, en présence d'un rayonnement, fournit directement ou indirectement un signal ou une autre indication utilisable pour mesurer une ou plusieurs grandeurs liées au rayonnement incident. (V.E.I. Chapitre 391.)

#### 3.2 *Ensemble de mesure par rayonnement ionisant*

Ensemble comprenant un ou plusieurs détecteurs de rayonnement et les sous-ensembles ou éléments fonctionnels associés, et destiné à mesurer des grandeurs physiques au moyen de rayonnements ionisants. Cet ensemble implique toujours une source de rayonnement qui peut ou non être comprise dans l'ensemble de mesure. (Publication 181B de la CEI: Deuxième complément à la Publication 181.)

#### 3.3 *Sous-ensemble de commande et de contrôle*

Sous-ensemble dans lequel des signaux provenant de l'ensemble de mesure par rayonnement ionisant sont convertis afin d'obtenir une indication ou des signaux de sortie en vue d'actions de commande et de contrôle.

#### 3.4 *Etendue de mesure*

Partie du domaine nominal dans laquelle l'appareil satisfait aux prescriptions relatives aux limites d'erreur. (Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.)

#### 3.5 *Source radioactive*

Toute quantité de matière radioactive qui est destinée à être utilisée en tant que source fournissant des rayonnements ionisants. (Recommandation ISO 921.)

#### 3.6 *Source scellée*

Source de rayonnement conçue de façon que la matière radioactive ne puisse pas entrer en contact immédiat avec ce qui entoure la source. Les matières radioactives sont soit intimement incorporées dans des matières inertes solides, soit scellées dans une enveloppe présentant une résistance mécanique suffisante pour empêcher, dans les conditions normales d'emploi, toute dispersion des matières radioactives ou toute possibilité de



## **ELECTRICAL MEASURING INSTRUMENTS UTILIZING RADIOACTIVE SOURCES**

---

### **1. Scope**

This document applies to electrical measuring instruments utilizing radioactive sources to determine physical and chemical quantities.

### **2. Object**

This document, while providing a basis for the development of future individual recommendations concerning constructional requirements for the various classes of instruments within the scope, is kept very general, to facilitate its application to the large family of instruments considered. It groups together the recommendations which would be common to all the single texts to follow. It can also serve as a guide for the writing of contracts between manufacturers and users.

### **3. Terminology**

The following definitions relate essentially to the terms relevant to the scope under consideration. They are available for the understanding of this document and of the special documents which may be drafted later. More generally employed terms which may also be used in these documents are given in other recommendations of the ISO or the IEC.

#### **3.1 *Radiation detector***

An apparatus, generally a sub-assembly, or substance which, in the presence of radiation, provides by either direct or indirect means a signal or other indication suitable for use in measuring one or more quantities of the incident radiation. (I.E.V. Chapter 391.)

#### **3.2 *Measuring assembly utilizing ionizing radiation***

An assembly including one or more radiation detectors and associated sub-assemblies or basic function units and designed to measure physical quantities by utilizing ionizing radiation. This assembly always involves a source of radiation that may or may not be included in the measuring assembly. (IEC Publication 181B, Second supplement to Publication 181.)

#### **3.3 *Control sub-assembly***

A sub-assembly, wherein signals derived from the measuring assembly utilizing ionizing radiation are converted, in order to obtain indication or output signals for controlling actions.

#### **3.4 *Effective range***

That part of the rated range where measurements can be made or quantities be supplied within the stated limits of error. (IEC Publication 359, Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.)

#### **3.5 *Radioactive source***

Any quantity of radioactive material which is intended for use as a source of ionizing radiation. (ISO Recommendation 921.)

#### **3.6 *Sealed source***

A source of radioactive materials designed in such a way that the radioactive substance cannot enter into immediate contact with the source surroundings. The radioactive materials are either firmly incorporated in solid and inactive materials, or sealed in a capsule of strength sufficient to prevent, under normal conditions of use, any dispersion of radioactive substances and any possibility of contamination including that from the

contamination, y compris celle qui provient de l'enveloppe elle-même. (D'après Publication 405 de la CEI: Appareils nucléaires: Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants.)

### 3.7 *Source non scellée non dispersive*

Source radioactive qui:

- n'est pas une source scellée,
- a des dimensions auxquelles on a assigné des limites,
- est conçue de façon que dans les conditions normales d'emploi, les matières radioactives ne puissent se disperser à l'extérieur de ces limites. (Publication 405 de la CEI.)

### 3.8 *Porte-source*

Support mécanique de la source; le porte-source peut contenir des écrans et des obturateurs nécessaires à la protection et participant à la géométrie de l'irradiation.

### 3.9 *Conteneur de source*

Dispositif abritant la source radioactive et le porte-source et destiné à maintenir la source dans la position géométrique correcte pour l'utilisation prévue et à servir de blindage pour réduire le rayonnement autour de la source au niveau spécifié. Le conteneur de source peut aussi comprendre un dispositif d'éjection du porte-source, un mécanisme d'obturation et des dispositifs de signalisation.

### 3.10 *Ensemble émetteur de rayonnement*

Ensemble comprenant la source, le porte-source et le conteneur de source et déterminant les conditions de l'émission du rayonnement et de son utilisation pour la mesure.

### 3.11 *Fluence (de particules)*

En un point donné de l'espace, quotient du nombre  $dN$  de particules qui pénètrent en un intervalle de temps donné dans une sphère convenablement petite centrée en ce point, par l'aire  $da$  du grand cercle de cette sphère.

Symbole:  $\Phi$   $\Phi = \frac{dN}{da}$  (V.E.I. Chapitre 391)

### 3.12 *Débit de fluence (de particule)*

Quotient de l'accroissement  $d\Phi$  de la fluence de particules, pendant un intervalle de temps convenablement petit, par la durée  $dt$  de cet intervalle.

Symbole:  $\varphi$   $\varphi = \frac{d\Phi}{dt}$

Note. – Le débit de fluence est identique au produit du nombre volumique de particules par leur vitesse moyenne. (V.E.I. Chapitre 391.)

### 3.13 *Grandeur d'influence*

Une des grandeurs qui influent sur les indications de l'appareil et qui n'est pas celle que l'appareil mesure. (V.E.I. 20-40-060.)

### 3.14 *Conditions de référence*

Série de valeurs assorties de tolérances, ou de domaines réduits fixés pour les grandeurs d'influence qui sont spécifiées pour effectuer les essais comparatifs ou les essais de calibrage. (D'après Publication 359 de la CEI.)

### 3.15 *Erreur absolue*

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

Pour un appareil de mesure, l'erreur est la valeur indiquée de la grandeur mesurée moins la valeur vraie.

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

capsule itself. (From IEC Publication 405, Nuclear Instruments: Constructional Requirements to afford Personal Protection against Ionizing Radiation.)

### 3.7 *Non-dispersible unsealed source*

A source of radioactive materials which:

- is not a sealed source,
- has determinate boundaries,
- is designed so that under normal conditions of use the radioactive materials cannot disperse outside its designed boundaries. (IEC Publication 405.)

### 3.8 *Source holder*

A mechanical support for the source; the source holder may contain shields and safety shutters for protection and partial or total shaping of radiation geometry.

### 3.9 *Source housing*

A device incorporating the radioactive source and holder and designed to maintain the source in the correct geometrical location for the use intended and to provide sufficient shielding of the source to reduce the environmental radiation level to that specified. The source housing may also include a projection device of the source holder, a shutter mechanism and indicating devices.

### 3.10 *Radiation emitting assembly*

Assembly comprising the source, the source holder and the source housing which determines the emission of radiation and its use for measurement purposes.

### 3.11 *(Particle) fluence*

At a given point of space, the quotient of the number  $dN$  of particles incident during a given time interval on a suitably small sphere centred at the point by the cross-sectional area  $da$  of the sphere.

Symbol:  $\Phi$

$$\Phi = \frac{dN}{da} \text{ (I.E.V. Chapter 391)}$$

### 3.12 *(Particle) fluence rate – Particle flux density*

Increment of fluence  $d\Phi$  during a suitably small interval of time  $dt$  divided by that interval of time.

Symbol:  $\varphi$

$$\varphi = \frac{d\Phi}{dt}$$

*Note.* – Fluence rate is identical with the product of the volume particle density and the average speed. (I.E.V. Chapter 391.)

### 3.13 *Influence quantity*

One of the quantities which affect the indications of an instrument, but which is not the one measured by the instrument. (I.E.V. 20-40-060.)

### 3.14 *Reference conditions*

A set of values with tolerances, or of restricted ranges of influence quantities, specified for making comparison and calibration tests. (From IEC Publication 359.)

### 3.15 *Absolute error*

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

For measuring apparatus, the error is the indicated value of the measured quantity minus its true value.

*Note.* – The true value of a quantity is the value that would be measured by a measuring process having no error.

In practice, since this true value cannot be determined by measurement, a conventionally true value, approaching the true value as closely as necessary (having regard to the error to be determined), is used in place of the true value. This value may be traced to standards agreed upon by manufacturer and user, or to national standards. In both cases, the uncertainty of the conventionally true value shall be stated. (IEC Publication 359.)

Cette remarque générale est particulièrement vraie pour les types d'appareils compris dans le domaine de ce document qui n'effectuent pas la mesure directe de la grandeur à mesurer mais qui mesurent des écarts par rapport à la normale.

Cependant, il peut être nécessaire d'utiliser d'autres termes mieux adaptés, par exemple «reproductibilité, répétabilité, instabilité de l'indication», etc.

Le terme approprié sera choisi pour être utilisé dans les recommandations particulières applicables aux divers types d'appareils de mesure électriques utilisant des sources radioactives.

Le terme choisi sera défini dans chaque recommandation qui en fera usage.

### 3.16 *Limites d'erreur*

Valeurs maximales de l'erreur sur la valeur d'une grandeur indiquée ou fournie par un équipement lorsque celui-ci est utilisé dans des conditions spécifiées, ces valeurs étant dérivées de considérations statistiques et exprimées en fonction de l'écart normal. Ces limites d'erreur doivent être indiquées par le constructeur. (D'après Publication 359 de la CEI.)

### 3.17 *Précision*

La précision pour ce type d'appareils est très difficile à exprimer parce qu'elle est fonction de plusieurs variables dépendantes entre elles ou indépendantes dans les conditions de référence. A cause du nombre et de la complexité de ces interactions, il n'est pas facile d'isoler explicitement la précision des appareils particuliers pour toute l'étendue de mesure.

Si une telle spécification était faite, elle devrait englober l'erreur intrinsèque et toutes les autres erreurs affectant la précision dans la proportion correspondant à chaque cas particulier de mesure.

### 3.18 *Erreur intrinsèque*

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

### 3.19 *Courbe d'étalonnage*

Courbe déterminant la relation existant entre les indications d'un appareil et les valeurs vraies de la grandeur à mesurer. (D'après V.E.I. 20-40-120.)

### 3.20 *Résolution*

La plus petite variation de la grandeur à mesurer qui peut être observée ou détectée.

*Note.* – Si le terme est essentiel à la description de l'appareil du point de vue du constructeur ou de l'utilisateur, il sera englobé dans la recommandation pour le type d'appareil considéré.

### 3.21 *Temps de réponse (d'un ensemble de mesure)*

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

### 3.22 *Temps d'établissement*

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

### 3.23 *Stabilité*

Aptitude d'un appareil à conserver pendant une durée spécifiée les valeurs indiquées, les autres conditions étant maintenues constantes. (Publication 359 de la CEI.)

*Note.* – Pour indiquer le manque de stabilité, certains termes tels que dérive, fluctuation, etc., sont utilisés.

### 3.24 *Sensibilité*

Pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, quotient de la variation de la variable observée par la variation correspondante de la grandeur mesurée après que l'état stable final ait été atteint. (D'après V.E.I. Chapitre 391.)

This general statement is particularly true for the types of instruments included in the scope of this document which do not make measurements directly of the quantity measured, but measure deviations from a given standard.

However, the need may arise for more convenient additional terms such as, for instance, “reproducibility”, “repeatability”, “indication instability”, etc.

The appropriate term will be selected for use in the particular recommendations applicable to the types of electrical measuring instruments utilizing radioactive sources, as specified by the scope of this document.

The selected term will be defined in each recommendation where it will be used.

### 3.16 *Limits of error*

The maximum values of error assigned by the manufacturer to a measured or supplied quantity of an apparatus operating under specified conditions, derived from statistical considerations and expressed in terms of standard deviation. (From IEC Publication 359.)

### 3.17 *Accuracy*

Accuracy is very difficult to quantify for this type of instrumentation because it is a function of many inter-dependent as well as independent variables within the reference conditions. Because of the number and complexity of these interactions, it is not practical to attempt to isolate the accuracy of individual instruments explicitly over the effective range.

If any statement of this kind is made, then it should include the intrinsic error together with any other relevant errors affecting the statement in the appropriate combination for each particular measurement situation.

### 3.18 *Intrinsic error*

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

### 3.19 *Calibration curve*

A curve showing the relation between the reading of an instrument and the true value of the quantity to be measured. (From I.E.V. 20-40-120.)

### 3.20 *Resolution*

The smallest change of the quantity being measured that can be observed or detected.

*Note.* – If the term is essential to the description of the instrument from the standpoint of the designer or user, it will be included in the recommendation for the type of instrument being considered.

### 3.21 *Response time (of a measuring assembly)*

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

### 3.22 *Settling time*

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

### 3.23 *Stability*

The ability of the apparatus to maintain its indicated or supplied value during a specified time, other conditions remaining constant. (IEC Publication 359.)

*Note.* – To indicate the lack of stability, a number of terms are used, such as drift, fluctuation, etc.

### 3.24 *Sensitivity*

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 after the steady state has been reached. (From I.E.V. Chapter 391.)



### 3.25 *Temps d'intégration*

Temps nécessaire à un appareil pour émettre une lecture qui représente la valeur moyenne de la grandeur mesurée pendant ce temps.

### 3.26 *Mouvement propre*

Débit de fluence mesuré par l'appareil, en absence de tout signal d'entrée utile pour la mesure, la source radioactive se trouvant dans son enveloppe, tous obturateurs fermés.

### 3.27 *Masse par unité de surface (masse surfacique)*

Masse d'un volume unitaire de matière multipliée par l'épaisseur de cette matière.

## 4. **Recommandations**

Les articles suivants donnent soit des prescriptions générales, soit des listes de caractéristiques à étudier ou de données à fournir qu'il y a lieu d'examiner pour chaque catégorie d'appareils en fonction de l'intérêt que présentent ces caractéristiques ou ces données pour les appareils considérés.

### 4.1 *Prescriptions de sécurité*

Les prescriptions de sécurité générales ou particulières, soit en matière de radioprotection, soit en matière de protection contre les dangers du courant électrique doivent être conformes aux prescriptions appropriées de l'ISO ou de la CEI, en particulier la Publication 405 de la CEI.

### 4.2 *Prescriptions générales*

Des caractéristiques satisfaisantes devront être recherchées en ce qui concerne:

- l'interchangeabilité des sous-ensembles,
- la fiabilité,
- la facilité et la sécurité d'emploi,
- les exigences de maintenance,
- la possibilité de fonctionner dans des conditions particulières d'environnement (température, poussière, humidité, chutes d'eau, corrosion, possibilité d'explosion, etc.).

Ces caractéristiques seront spécifiées pour chaque cas particulier si elles ne le sont pas déjà dans d'autres documents.

### 4.3 *Prescriptions mécaniques*

Etant donné les utilisations très diverses des appareils considérés, les caractéristiques indiquées ci-dessous devront être étudiées dans les recommandations particulières ou devront faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur:

- robustesse,
- séparation normale et sans danger des parties composantes,
- construction modulaire ou intégrée, facilité d'accès pour l'étalonnage et les réglages, facilité d'accès pour la maintenance et les réparations,
- dimensions,
- connexions et longueurs maximales des câbles,
- poids,
- distance entre l'ensemble émetteur de rayonnement et le dispositif de détection.

### 4.4 *Prescriptions électriques*

4.4.1 Les recommandations existantes concernant les caractéristiques électriques telles que:

- tension du réseau et sa stabilité (Publication 293 de la CEI: Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors),
  - mise à la masse et à la terre (Publication 232 de la CEI: Caractéristiques générales de l'instrumentation des réacteurs nucléaires),
  - codage des lampes témoins (Publication 232 de la CEI),
- devront être également observées pour cette catégorie d'appareils.

### 3.25 *Integration time*

The time during which an instrument generates a reading which represents the mean value of the measured quantity over that period of time.

### 3.26 *Operational background*

Fluence rate measured by the instrument when no input signal useful for a measurement is applied and the radioactive source is in its housing with all its shutters closed.

### 3.27 *Mass per unit area (surface mass, surface density, mass cross-section)*

The product of the mass of a unit volume of a material times the thickness of the same material.

## 4. **Recommendations**

The following sub-clauses are either general requirements or lists of characteristics to be studied or of data to be provided that must be considered for each category of instruments according to the interest of these characteristics or data related to the instruments under consideration.

### 4.1 *Safety*

General and particular safety recommendations, both radiological and electrical, shall comply with the ISO or the IEC publications applicable, such as IEC Publication 405.

### 4.2 *General*

Attention shall be given towards attaining satisfactory characteristics relating to:

- interchangeability of sub-assemblies,
- reliability,
- ease and safety of use,
- maintenance requirements,
- ability to operate in special environments (temperature, dust, humidity, splash, corrosion, possibility of explosion, etc.).

These characteristics, when not already specified in other documents, will be specified for each particular case.

### 4.3 *Mechanical*

Owing to the very variable use which may be made of the instruments considered, the following characteristics shall be given in the particular recommendations, or they shall be the object of an agreement between manufacturer and user:

- robustness,
- logical and safe separation of sub-assemblies,
- modular or self-contained construction, easy accessibility for calibration and adjustments, easy accessibility for maintenance and repair,
- dimensions,
- connections and maximum length of cables,
- weight,
- the distance between the radiation emitting assembly and the detecting unit.

### 4.4 *Electrical*

#### 4.4.1 Already existing recommendations on various electrical characteristics, such as:

- mains voltage and its stability (IEC Publication 293, Supply Voltages for Transistorized Nuclear Instruments),
- grounding and earthing (IEC Publication 232, General Characteristics of Nuclear Reactor Instrumentation),
- coding of pilot lights (IEC Publication 232).

will also have to be adhered to for this class of instruments.

4.4.2 Des accords particuliers devront être conclus entre le constructeur et l'utilisateur sur des caractéristiques telles que:

- effets électriques et magnétiques dus à l'environnement,
- conditions de fonctionnement en présence de phénomènes transitoires de l'alimentation,
- signaux et impédance de sortie,
- dispositifs indicateurs, signaleurs ou enregistreurs et graduation des échelles associées,
- nature des alarmes et des sécurités,
- temps de préchauffage.

#### 4.5 *Prescriptions concernant la grandeur physique mesurée*

Toutes les données relatives au problème de mesurage, liées à l'achat ou à la fabrication d'un appareil, devront être fournies.

En particulier, les points suivants devront être précisés:

##### 4.5.1 *Grandeur à mesurer*

Epaisseur, masse volumique, niveau, humidité, distance, poids, etc.

##### 4.5.2 *Matériaux et composition*

Le ou les matériaux dont on mesure une grandeur physique et si nécessaire la variation de composition qui peut se produire pendant la mesure.

##### 4.5.3 *Etendue de mesure*

##### 4.5.4 *Erreur*

Chaque exigence concernant l'exactitude, la reproductibilité, la répétabilité, l'instabilité de l'indication doit être prise en considération:

Les *erreurs intrinsèques* dépendent des facteurs suivants:

- sensibilité,
- fluctuations statistiques,
- instabilité des composants électriques et de la réalisation des circuits,
- géométrie de la mesure,
- étalonnage.

Les *erreurs de fonctionnement* dépendent entre autres des facteurs suivants:

- température,
- pression,
- humidité,
- tension d'alimentation.

Les exigences relatives à l'erreur intrinsèque et à l'erreur de fonctionnement devront être en accord avec la Publication 359 de la CEI.

Il est conseillé de représenter l'influence de chacune de ces caractéristiques sur la précision de la mesure sous forme d'un tableau donnant, pour tout ou partie de l'étendue de mesure, l'erreur pour des valeurs données de ces caractéristiques. Suivant le cas, cette erreur peut être exprimée en donnant les valeurs maximales ou l'écart type.

##### 4.5.5 *Étalonnage*

##### 4.5.6 *Temps d'établissement ou temps de réponse*

##### 4.5.7 *Stabilité (pour un appareil de mesure en continu)*

#### 4.6 *Prescriptions concernant la radiométrie*

Les données radiométriques suivantes devraient être indiquées:



4.4.2 Special agreements should be made between manufacturer and user, on such items as, for example:

- magnetic and electrical environmental effects,
- operational performances under mains voltage transients,
- output signal and output impedance,
- indicating, signalling, recording devices and associated scale graduations,
- alarms and safety features,
- warm-up time.

#### 4.5 *The measured physical quantity*

In connection with the purchase or production of an instrument all data concerning the measurement problem to be solved shall be given.

In particular, the following items shall be specified.

##### 4.5.1 *Measured quantity*

Thickness, density, level, moisture content, distance, weight, etc.

##### 4.5.2 *Material and composition*

The material or materials of which the quantity is measured and, if it is useful, variation in composition which may occur during the measurement.

##### 4.5.3 *Effective range*

##### 4.5.4 *Error*

Any requirement concerning accuracy, reproducibility, repeatability, instability of the indication shall take into account:

*Intrinsic errors* depending on:

- sensitivity,
- statistics,
- instability of electrical components and circuitry,
- geometry,
- calibration.

*Operating errors* depending on, for example:

- temperature,
- pressure,
- humidity,
- supply voltage.

The requirements concerning intrinsic error and operating error should conform with IEC Publication 359.

It is advisable to represent the influence of each of these characteristics on the accuracy of measurement in the form of a table giving, for all or part of the range of measurement, the errors for given values of these characteristics. According to the cases in question, these errors may be expressed by giving either maximum values or the standard deviation.

##### 4.5.5 *Calibration*

##### 4.5.6 *Settling time or response time*

##### 4.5.7 *Stability (for continuous measurement instruments)*

#### 4.6 *Radiometry*

The following radiometric data should be given:

#### 4.6.1 *Caractéristiques du montage de la source*

Source incorporée dans un appareil fixe, mobile ou portatif, source non incorporée.

#### 4.6.2 *Rayonnement utilisé pour la mesure*

Rayonnement alpha, bêta, gamma, rayonnement de freinage, rayonnement X secondaire, neutrons, etc.

#### 4.6.3 *Technique radiométrique*

Manière dont le rayonnement est utilisé: transmission, rétrodiffusion, absorption sélective, fluorescence, etc.

#### 4.6.4 *Technique de mesure*

- Type du ou des détecteurs à utiliser et mode de présentation des résultats demandé.
- Méthode de mesure utilisée qui peut être l'une des suivantes:

##### 4.6.4.1 *Mesure directe*

Méthode de mesure dans laquelle on évalue directement les effets (généralement un courant électrique) produits par le rayonnement sur un détecteur.

##### 4.6.4.2 *Mesure différentielle*

Méthode de mesure dans laquelle on évalue directement la différence entre une valeur mesurée des effets du rayonnement et une valeur connue.

##### 4.6.4.3 *Mesure par compensation ou mesure par zéro*

Méthode de mesure différentielle dans laquelle la variation du signal de sortie due au matériau faisant l'objet de la mesure est compensée par un signal opposé dont la valeur connue permet de déterminer la grandeur à mesurer.

##### 4.6.4.4 *Autres méthodes*

#### 4.6.5 *Géométrie*

Informations concernant les dispositions géométriques entre la source, le ou les détecteurs et le produit à mesurer.

Les données suivantes au moins seront indiquées:

##### 4.6.5.1 *Position relative*

Distance existant entre l'ensemble émetteur de rayonnement et l'ensemble détecteur.

Détails complémentaires concernant les positions relatives des sources et du dispositif de détection ainsi que leur mobilité relative éventuelle.

##### 4.6.5.2 *Position du matériau à mesurer*

- Position de ce matériau par rapport à l'ensemble émetteur de rayonnement et au détecteur.
- Limites possibles de déplacement de ce matériau n'entraînant pas de dépassement des limites d'erreur permises ni de modifications de l'étalonnage.

#### 4.6.6 *Caractéristiques de la source*

Toutes les informations utiles concernant la ou les sources utilisées doivent être indiquées, notamment:

- Nombre de sources.
- Type de source: source scellée ou source non scellée non dispersive.
- Nature de la source et activité en curies à une date déterminée.
- Caractéristiques du porte-source. (En particulier, écrans et sécurités.)
- Caractéristiques du projecteur. (En particulier, écrans et sécurités.)

#### 4.6.1 *Source mounting characteristics*

Source incorporated in a fixed, mobile or portable apparatus, source not incorporated.

#### 4.6.2 *Radiation used for the measurement*

Alpha, beta, gamma, *Bremsstrahlung*, secondary X-rays, neutrons, etc.

#### 4.6.3 *Radiometric technique*

The way the radiation is used: transmission, backscattering, selective absorption, fluorescence, etc.

#### 4.6.4 *Method of measurement*

- The type of detector or detectors to be used and the method of output data presentation required.
- The method of measurement that can be used:

##### 4.6.4.1 *Direct*

A method of measurement in which direct evaluation is made of the effects, generally an electric current, produced by the radiation on a detector.

##### 4.6.4.2 *Differential*

A method of measurement in which direct evaluation is made of the difference between a measured value of the effects of the radiation and a known value.

##### 4.6.4.3 *Compensation or zero-balance*

A differential method of measurement in which the change in output signal derived from the material on which the physical quantity is measured is balanced by an opposing signal whose known value allows the measured quantity to be obtained.

##### 4.6.4.4 *Other methods*

#### 4.6.5 *Geometry*

Data concerning the geometrical arrangement between the source, the detector or detectors and the product to be measured.

At least the following data shall be specified:

##### 4.6.5.1 *Relative distance*

The distance between the radiation emitting assembly and the radiation detector assembly.

Additional details, describing the relative locations of the sources and the detecting equipment and their relationship whether fixed or mobile.

##### 4.6.5.2 *Position of the material to be measured*

- The location of this material relative to the radiation emitting assembly and detector.
- The mobility range of this material which will not affect the indication above the accepted limits of error and the calibration of the instrument.

#### 4.6.6 *Source characteristics*

All useful data concerning the source or sources utilized for the measurement should be given such as:

- Quantity of sources.
- Type of the source: sealed source or non-dispersive, unsealed source.
- Nature and activity expressed in curies at a specified date.
- Source holder characteristics. (Particularly shielding and safety features.)
- Source housing characteristics. (Particularly shielding and safety features.)

- Durée de fonctionnement utile.
- Dimensions et forme de la surface irradiée par la ou les sources.
- Forme de la source.
- Prescriptions de sécurité.

4.6.6.1 Beaucoup de ces données s'expliquent d'elles-mêmes ou sont indiquées dans les définitions données précédemment; il peut être utile toutefois de préciser que:

- a) La durée de fonctionnement utile n'est pas nécessairement liée à la période radioactive d'une source donnée et peut être plus courte ou plus longue suivant l'application particulière.
- b) La surface irradiée sur le matériau par la ou les sources doit être caractérisée par sa forme et ses dimensions à une distance donnée de la source.
- c) La forme de la source présente également un intérêt puisqu'elle peut être par exemple ponctuelle, linéaire, annulaire, etc.
- d) Des prescriptions de sécurité contre les rayonnements doivent être établies. Cela peut être réalisé en indiquant le débit de fluence maximal à une distance donnée de la source pour la position «obturateur fermé» et, sur demande, pour la position «obturateur ouvert».

Cette disposition est recommandée si des conditions d'environnement inhabituelles sont prévues pour l'application déterminée.

Cette information peut être donnée en utilisant un diagramme polaire ou toute autre méthode valable.

4.6.6.2 Dans de nombreux cas, par exemple quand une méthode de mesure par compensation est employée, une deuxième source est utilisée dans certains appareils et il peut être intéressant d'indiquer pour cette source certaines des données ci-dessus, en particulier:

- Type.
- Nature et activité.
- Durée de fonctionnement utile.

## 5. Conditions et méthodes d'essais

### 5.1 Généralités

Les conditions et les méthodes d'essais applicables à ces appareils seront une combinaison d'essais radiométriques, électriques, mécaniques et climatiques destinés à vérifier que les prescriptions de fonctionnement spécifiées pour l'application envisagée sont satisfaites.

Les conditions et les méthodes générales d'essais relatives aux appareils électriques seront également applicables à ces appareils mais des spécifications supplémentaires seront élaborées pour chaque type particulier d'appareil.

Les conditions de référence, les domaines nominaux de fonctionnement et les conditions nominales de fonctionnement doivent être définies.

Etant donné le caractère général du document, seuls quelques détails sont donnés ici sur les prescriptions concernant les caractéristiques à mesurer et la radiométrie. Les prescriptions électriques et mécaniques sont considérées comme étant traitées dans d'autres publications CEI ou ISO.

### 5.2 Caractéristiques à mesurer

#### 5.2.1 Etendue de mesure et étalonnage

Le constructeur devra fournir avec l'appareil toutes données utiles (technique de mesure, source de référence à utiliser, etc.) permettant de vérifier l'étalonnage de l'appareil et les étendues de mesure.

#### 5.2.2 Erreur

Il est souhaitable que l'influence de chacune des caractéristiques affectant la précision de la mesure soit indiquée au moyen d'un tableau donnant l'erreur sur tout ou partie de l'étendue de mesure pour des valeurs données des caractéristiques précédentes. Selon le cas, cette erreur peut être exprimée par des valeurs maximales ou des écarts types.