

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60515**

Première édition  
First edition  
1975-01

---

---

**Détecteurs de rayonnement pour l'instrumentation  
et la protection des réacteurs nucléaires;  
caractéristiques et méthodes d'essais**

**Radiation detectors for the instrumentation  
and protection of nuclear reactors;  
characteristics and test methods**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60515: 1975

## Numéros des publications

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

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

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

## Consolidated publications

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60515**

Première édition  
First edition  
1975-01

---

---

**Détecteurs de rayonnement pour l'instrumentation  
et la protection des réacteurs nucléaires;  
caractéristiques et méthodes d'essais**

**Radiation detectors for the instrumentation  
and protection of nuclear reactors;  
characteristics and test methods**

© IEC 1975 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**S**

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

## SOMMAIRE

|                     | Pages |
|---------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . . | 4     |
| PRÉFACE . . . . .   | 4     |

### SECTION Un — INTRODUCTION

#### Articles

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1. Domaine d'application . . . . .                    | 6  |
| 2. Définitions . . . . .                              | 6  |
| 3. Echelle des valeurs de la présente norme . . . . . | 10 |

### SECTION DEUX — PRÉLIMINAIRE

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 4. Généralités . . . . .                             | 10 |
| 5. Types de rayonnement à mesurer . . . . .          | 10 |
| 6. Conditions d'utilisation des détecteurs . . . . . | 12 |
| 7. Conditions de mesure des détecteurs . . . . .     | 12 |
| 8. Connecteurs et câbles . . . . .                   | 14 |

### SECTION TROIS — CARACTÉRISTIQUES

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 9. Généralités . . . . .                          | 14 |
| 10. Détecteurs de neutrons à impulsions . . . . . | 20 |
| 11. Détecteurs de neutrons à courant . . . . .    | 24 |

### SECTION QUATRE — MÉTHODES D'ESSAIS

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 12. Généralités . . . . .                                                                                  | 28 |
| 13. Essais relatifs aux chambres d'ionisation à fission à impulsions . . . . .                             | 30 |
| 14. Essais relatifs aux tubes compteurs proportionnels au trifluorure de bore et à dépôt de bore . . . . . | 34 |
| 15. Essais relatifs aux tubes compteurs proportionnels à hélium 3 . . . . .                                | 36 |
| 16. Essais relatifs aux chambres d'ionisation au bore à courant compensées . . . . .                       | 36 |
| 17. Essais relatifs aux chambres d'ionisation au bore à courant non compensées . . . . .                   | 42 |
| 18. Essais relatifs aux chambres d'ionisation à courant pour rayonnement gamma . . . . .                   | 44 |
| 19. Essais relatifs aux chambres d'ionisation à fission . . . . .                                          | 44 |

## CONTENTS

|                                                                                                | Page |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                                             | 5    |
| PREFACE . . . . .                                                                              | 5    |
| SECTION ONE — INTRODUCTION                                                                     |      |
| Clause                                                                                         |      |
| 1. Scope . . . . .                                                                             | 7    |
| 2. Definitions . . . . .                                                                       | 7    |
| 3. Interpretation of this standard . . . . .                                                   | 11   |
| SECTION TWO — PRELIMINARY                                                                      |      |
| 4. General . . . . .                                                                           | 11   |
| 5. Types of radiation to be measured . . . . .                                                 | 11   |
| 6. Detector operating conditions . . . . .                                                     | 13   |
| 7. Conditions of detector measurement . . . . .                                                | 13   |
| 8. Connectors and cables . . . . .                                                             | 15   |
| SECTION THREE — CHARACTERISTICS                                                                |      |
| 9. General . . . . .                                                                           | 15   |
| 10. Pulse mode neutron detectors . . . . .                                                     | 21   |
| 11. Current mode neutron detectors . . . . .                                                   | 25   |
| SECTION FOUR — TEST METHODS                                                                    |      |
| 12. General . . . . .                                                                          | 29   |
| 13. Specific tests for pulse fission ionization chambers . . . . .                             | 31   |
| 14. Specified tests for boron trifluoride and boron-lined proportional counter tubes . . . . . | 35   |
| 15. Specific tests for helium-3 proportional counter tubes . . . . .                           | 37   |
| 16. Specified tests for compensated boron current ionization chambers . . . . .                | 37   |
| 17. Specific tests for uncompensated boron current ionization chambers . . . . .               | 43   |
| 18. Specific tests for current ionization chambers for gamma radiation . . . . .               | 45   |
| 19. Specific tests for fission current ionization chambers . . . . .                           | 45   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DÉTECTEURS DE RAYONNEMENT POUR L'INSTRUMENTATION ET LA  
PROTECTION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES; CARACTÉRISTIQUES ET  
MÉTHODES D'ESSAIS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Vienne et à Saclay en 1968, à Moscou en 1969, à Washington en 1970, à Bucarest en 1971 et à Londres en 1972 et 1973. A la suite de cette dernière réunion, le projet, document 45A(Bureau Central)25, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1973.

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

Afrique du Sud (République d')  
Allemagne  
Australie  
Belgique  
Etats-Unis d'Amérique  
Finlande  
France  
Israël  
Italie

Japon  
Pays-Bas  
Pologne  
Royaume-Uni  
Suède  
Suisse  
Turquie  
Union des Républiques  
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**RADIATION DETECTORS FOR THE INSTRUMENTATION AND PROTECTION  
OF NUCLEAR REACTORS; 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 rule in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 45A, Reactor Instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

Drafts were discussed during the meetings held in Vienna and in Saclay in 1968, in Moscow in 1969, in Washington in 1970, in Bucharest in 1971 and in London in 1972 and 1973. As a result of this latter meeting, the draft, document 45A(Central Office)25, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia  
Belgium  
Finland  
France  
Germany  
Israel  
Italy  
Japan  
Netherlands

Poland  
South Africa (Republic of)  
Sweden  
Switzerland  
Turkey  
Union of Soviet  
Socialist Republics  
United Kingdom  
United States of America

# DÉTECTEURS DE RAYONNEMENT POUR L'INSTRUMENTATION ET LA PROTECTION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES; CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS

## SECTION UN — INTRODUCTION

### 1. Domaine d'application

Le but de la présente publication est d'établir une norme concernant les caractéristiques particulières et les méthodes d'essais des détecteurs de rayonnements remplis de gaz, utilisés pour l'instrumentation et la protection des réacteurs nucléaires.

Ces détecteurs fonctionnent comme des transducteurs électriques et sont utilisés particulièrement dans les ensembles suivants:

- ensembles de mesure de la puissance et du taux de variation de la puissance par la détection du débit de fluence neutronique;
- périodemètres et réactimètres;
- ensembles d'alarme et ensembles de mesure et de protection des réacteurs;
- ensembles de mesure de la puissance au moyen du rayonnement gamma

Les détecteurs considérés dans la présente norme ne sont pas utilisés dans le cas de la dosimétrie intéressant la protection du personnel.

Dans la mesure où il n'y a pas contradiction avec la présente norme, on devrait se conformer à la Publication 231 de la CEI: Principes généraux de l'instrumentation des réacteurs nucléaires et à la Publication 232 de la CEI: Caractéristiques générales de l'instrumentation des réacteurs nucléaires, ainsi qu'aux recommandations générales et aux normes de sécurité déjà publiées, relatives aux équipements électriques.

Les détecteurs soumis à la présente norme sont:

- les chambres d'ionisation au bore (à courant);
- les chambres d'ionisation à fission (à courant et à impulsions);
- les chambres d'ionisation pour rayonnement gamma;
- les tubes-compteurs proportionnels au trifluorure de bore;
- les tubes-compteurs proportionnels à dépôt de bore;
- les tubes-compteurs proportionnels à hélium 3.

*Note.* — Cette liste n'est pas limitative et l'on espère que tous les types de détecteurs de rayonnement utilisés dans les installations de réacteurs bénéficieront de la présente norme. La norme pour les essais est également applicable aux câbles de liaison et aux connecteurs lorsque ceux-ci font partie intégrante du détecteur.

### 2. Définitions

#### *Note préliminaire*

Les définitions des paragraphes 2.1, 2.2 et 2.4 à 2.9 sont extraites ou déduites de la Publication 50(391) de la CEI: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants. Les autres définitions sont encore à l'étude et données ici pour faciliter la compréhension de la présente norme.

#### 2.1 Rayonnement concomitant

Rayonnement qui accompagne le rayonnement à mesurer mais ne fait pas l'objet de la mesure et dont on cherche à éliminer l'influence éventuelle dans la mesure.

# RADIATION DETECTORS FOR THE INSTRUMENTATION AND PROTECTION OF NUCLEAR REACTORS; CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

## SECTION ONE — INTRODUCTION

### 1. Scope

The aim of this publication is to establish a standard concerning the characteristics and test methods of gas-filled radiation detectors used for the instrumentation and protection of nuclear reactors.

These detectors function as electrical transducers and are used particularly in:

- assemblies for measuring power and rate of change of power by means of neutron fluence rate (flux);
- periodmeters or reactivity meters;
- reactor warning and safety monitoring assemblies;
- assemblies for measuring power by means of gamma radiation.

The detectors examined in this standard are not used for personnel dosimetry purposes.

In so far as they do not conflict with the present standard, IEC Publication 231, General Principles of Nuclear Reactor Instrumentation, and IEC Publication 232, General Characteristics of Nuclear Reactor Instrumentation, should be followed, as well as general recommendations and safety standards for electrical equipment which have already been issued.

The detectors subject to this standard are:

- boron current ionization chambers;
- fission current ionization chambers or pulse ionization chambers;
- ionization chambers for gamma radiation;
- boron trifluoride proportional counter tubes;
- boron-lined proportional counter tubes;
- helium-3 proportional counter tubes.

*Note.* — This list is not restrictive and it is hoped that all types of radiation detectors used in reactor installations will benefit from the present standard. The standard for tests also applies to connecting cables and connectors when they form an integral part of the detector.

### 2. Definitions

#### *Preliminary note*

Definitions given in Sub-clauses 2.1, 2.2 and 2.4 to 2.9 are taken from or based on IEC Publication 50(391), Detection and Measurement of Ionizing Radiation by Electric Means. The other definitions are still under consideration and given here to facilitate understanding of this standard.

#### 2.1 Concomitant radiation

Radiation which is associated with the radiation to be measured but which is not the object of the measurement, and whose effects on the measurement should preferably be eliminated.

## 2.2 Sensibilité (d'un ensemble de mesure)

Pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, quotient de l'accroissement de la variable observée par l'accroissement correspondant de la grandeur mesurée.

$$S = \frac{\text{variation de la grandeur de sortie (réponse du détecteur)}}{\text{variation de la grandeur d'entrée (rayonnement à mesurer)}} *$$

## 2.3 Influencabilité

Si le fonctionnement d'un détecteur est perturbé par un rayonnement concomitant, le détecteur est dit « influençable » par cet autre rayonnement. Ce rayonnement concomitant est une grandeur d'influence.

L'influencabilité d'un détecteur au rayonnement concomitant est donnée par :

$$S = \frac{\text{variation de la grandeur de sortie (réponse du détecteur)}}{\text{variation de la grandeur d'influence (rayonnement concomitant)}} *$$

toutes les autres grandeurs d'influence étant maintenues constantes à des valeurs spécifiées. Les autres facteurs, tels que la température, la pression, la tension de polarisation etc., peuvent aussi être des grandeurs d'influence.

## 2.4 Facteur de compensation (d'une chambre d'ionisation compensée)

Rapport entre la sensibilité au rayonnement concomitant de la chambre d'ionisation compensée et la sensibilité au même rayonnement concomitant de la même chambre si elle n'était pas compensée.

## 2.5 Rapport de compensation (d'une chambre d'ionisation compensée)

Inverse du *facteur de compensation* utilisé comme indice de qualité d'une chambre d'ionisation compensée.

## 2.6 Matière sensible (d'un détecteur de neutrons)

Matière utilisée à l'intérieur de certains *détecteurs de neutrons*, sous forme par exemple de dépôt ou de gaz, en vue de donner naissance par réaction nucléaire avec les neutrons à des particules directement ionisantes.

*Note.* — Le terme « particule » est employé ici dans son sens le plus général et comprend les *fragments de fission*.

## 2.7 Fluence de combustion (d'un détecteur de neutrons)

*Fluence* estimée de *neutrons* d'une distribution énergétique donnée, pour laquelle la quantité de *matière sensible* consommée est telle que les caractéristiques du détecteur se situent hors des tolérances spécifiées pour une application déterminée.

## 2.8 Vie utile (d'un détecteur)

Durée de fonctionnement, dans des conditions d'irradiation et d'environnement comprises entre des limites spécifiées, à la suite de laquelle les caractéristiques du détecteur se situent hors des tolérances spécifiées. La vie utile peut s'exprimer en *fluence* reçue, en nombre d'impulsions fournies, etc.

## 2.9 Débit de fluence (de particules)

Quotient de l'accroissement  $\Delta \Phi$  de la fluence de particules, pendant un intervalle de temps convenablement petit, par la durée  $\Delta t$  de cet intervalle.

\* Dans beaucoup d'applications, lorsque le détecteur a une caractéristique linéaire et un signal de sortie négligeable pour un signal d'entrée nul

$$S = \frac{\text{grandeur de sortie}}{\text{grandeur d'entrée}}$$

## 2.2 Sensitivity (of a measuring assembly)

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

$$S = \frac{\text{variation of output quantity (detector response)}}{\text{variation of input quantity (radiation to be measured)}}^*$$

## 2.3 Influenceability

If the operation of a detector is disturbed by a concomitant radiation, the detector is said to be “influenceable” by this other radiation. The concomitant radiation is an influence quantity.

The influenceability of a detector to concomitant radiation is given by:

$$S = \frac{\text{variation of the output quantity (detector response)}}{\text{variation of the input quantity (concomitant radiation)}}^*$$

with all other influence quantities held constant at specified values. Other factors such as temperature, pressure, polarizing potential, etc., may also be influence quantities.

## 2.4 Compensation factor (of a compensated ionization chamber)

The ratio of the sensitivity to concomitant radiation of the compensated ionization chamber to the sensitivity to the same concomitant radiation of the same chamber, if it were not compensated.

## 2.5 Compensation ratio (of a compensated ionization chamber)

The inverse of the *compensation factor* used as an index of performance of a *compensated ionization chamber*.

## 2.6 Sensitive material (of a neutron detector)

The material used in certain neutron detectors either, for example, in a lining or a filling gas, which is intended to produce *directly ionizing* particles from the neutrons by nuclear reaction.

*Note.* — The word “particle” is used here in a general sense including *fission fragments*.

## 2.7 Burn-up life (of a neutron detector)

An estimated *fluence* of *neutrons* of a given energy distribution after which the *sensitive material* will be consumed to such an extent that the detector characteristics exceed the specified tolerances for a specified purpose.

## 2.8 Useful life (of a detector)

Operational life, under irradiation and environmental conditions restricted within specified limits, after which the detector characteristics exceed the specified tolerances. Useful life can be expressed in incident particle *fluence*, number of produced pulses, etc.

## 2.9 (Particle) fluence rate (particle flux density)

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

\* In many applications where the detector has a linear characteristic and negligible output for zero input

$$S = \frac{\text{output quantity}}{\text{input quantity}}$$

Symbole:  $\varphi$

$$\varphi = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

*Note.* — Le débit de fluence est identique au produit du nombre volumique de particules par leur vitesse moyenne.

#### 2.10 Débit de fluence neutronique non perturbé

Débit de fluence neutronique moyen dans la zone où se trouve le détecteur, qui existerait si ce dernier était retiré.

#### 2.11 Débit de fluence neutronique perturbé

Débit de fluence moyen dans la zone où se trouve le détecteur. Cette valeur est égale au signal de sortie du détecteur divisé par sa sensibilité; elle est pratiquement égale au débit de fluence neutronique moyen qui traverse la surface du détecteur.

### 3. Echelle des valeurs de la présente norme

Le choix des formes verbales utilisées dans la présente norme implique l'échelle suivante de valeurs:

*Obligation*: verbe au temps futur, ou bien à l'infinitif présent complété exclusivement par le verbe « devoir » au futur.

*Recommandation*: « devrait ».

*Méthode acceptable, exemple de pratique courante*: « peut » ou le mode conditionnel d'un autre verbe que « devoir ».

## SECTION DEUX — PRÉLIMINAIRE

### 4. Généralités

Bien que chaque catégorie de détecteurs et que chaque type d'appareil ait ses conditions particulières d'utilisation et son domaine d'application, il est possible de définir des principes généraux d'utilisation qui dépendent essentiellement:

- a) des caractéristiques intrinsèques à chaque type de détecteur;
- b) des limitations résultant indirectement de la grandeur mesurée, par exemple l'activation des matériaux par les neutrons;
- c) des sous-ensembles de mesure utilisés; leurs caractéristiques doivent être adaptées à celles du détecteur;
- d) des caractéristiques du milieu entourant le détecteur, en particulier les grandeurs d'influence.

Le mode d'utilisation des effets de l'ionisation doit être défini: impulsions, courant continu et courant efficace ou variance.

Si des détecteurs fonctionnent suivant plusieurs modes, leurs caractéristiques devront être fournies pour chacun d'eux.

### 5. Types de rayonnement à mesurer

Les deux principaux types de rayonnement à mesurer sont, soit les neutrons, soit les photons. Ils sont représentés par le débit de fluence neutronique dans le premier cas, par le débit de dose absorbée ou le débit d'exposition dans le second cas.

Chaque détecteur est construit pour mesurer de préférence une seule sorte de rayonnement mais il est presque toujours influencé par les autres rayonnements qui l'entourent, ce qui entraîne:

- la superposition à la mesure d'un mouvement propre, nuisible à la précision et qui peut réduire l'étendue de mesure;
- si l'influence du rayonnement concomitant devient importante, le rayonnement à mesurer ne peut plus être mis en évidence. En particulier, le rayonnement gamma résiduel fausse souvent la mesure du débit de fluence de neutrons.

Symbol:  $\varphi$

$$\varphi = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

*Note.* — Fluence rate is identical with the product of the volume particle density and the average speed.

#### 2.10 *Unperturbed neutron fluence rate (flux)*

Mean neutron fluence rate in a position without the neutron detector placed in the same position.

#### 2.11 *Perturbed neutron fluence rate (flux)*

Spatial mean neutron fluence rate in a position with the neutron detector placed in the same position for measurement. This quantity is equal to the detector output divided by its sensitivity and is, in practice, approximated by the neutron fluence rate averaged over the detector surface.

### 3. Interpretation of this standard

The verbs listed below have the following implications in this standard:

*Mandatory:* “shall” or “must”.

*Recommendation:* “should”.

*Permissible:* “may”.

## SECTION TWO — PRELIMINARY

### 4. General

Although each category of detector and each type of apparatus has its own particular conditions of use and range of application, it is possible to define general principles of use which depend essentially on the following:

- a) the intrinsic characteristics of each type of detector;
- b) the limitations resulting indirectly from the quantity measured, e.g. activation of the materials by neutrons;
- c) the measuring sub-assembly used, the characteristics of which must be suited to those of the detector;
- d) the characteristics of the medium surrounding the detector and particularly the influence quantities.

The mode of use of the ionization produced must be defined: the pulse mode, the direct current mode and the mean square or variance current mode are examples.

If detectors are operated in more than one mode, their characteristics shall be given for each mode.

### 5. Types of radiation to be measured

The two principal types of radiation to be measured are neutrons and photons. They are represented by neutron fluence rate (flux) in the first case and by either the absorbed dose rate or the exposure rate in the second case.

Each detector is preferably constructed to measure one single kind of radiation but it is almost always influenced by other radiations which surround it. This means:

- the superposition on the measurement of a background which impairs accuracy and can reduce the range of measurement;
- if the influence of the concomitant radiation becomes significant, the radiation to be measured may be obscured. In particular, residual gamma radiation often impairs the measurement of neutrons.

Tous les rayonnements qui se trouvent dans l'environnement du détecteur sont à prendre en considération pour les conditions d'utilisation. Les caractéristiques peuvent être altérées par l'activation des matériaux du détecteur par les neutrons, le dégagement de chaleur dû à l'absorption des rayonnements et la modification résultante des propriétés des matériaux ou par d'autres changements concernant les gaz de remplissage.

## 6. Conditions d'utilisation des détecteurs

Les détecteurs placés dans le cœur ou près du cœur des réacteurs doivent satisfaire à des règles de définition très strictes, en particulier du point de vue des matériaux utilisés.

Les variables qui imposent des restrictions d'utilisation des détecteurs devraient être spécifiées en même temps que leurs limites pour chaque type de détecteur.

Ces variables sont, en général, le débit de fluence et le spectre neutroniques, les conditions d'environnement: température, pression, humidité, etc.

## 7. Conditions de mesure des détecteurs

Les conditions de mesure des détecteurs sont caractérisées principalement par:

- l'importante étendue de mesure (fréquemment de l'ordre de six à dix puissances de dix);
- la sévérité des conditions d'environnement due à des valeurs élevées de débit de fluence neutronique, à la forte intensité des rayonnements concomitants et à des températures et pressions élevées;
- l'activation des matériaux entraînant souvent des difficultés importantes lors de leur remplacement, même lorsque le réacteur est à l'arrêt.

### 7.1 Limitations dues au détecteur

Pour une chambre d'ionisation, la limite supérieure de l'étendue de mesure est fixée par la recombinaison des ions qui entraîne une variation du rapport de proportionnalité entre le débit de fluence neutronique et le signal fourni.

Cette limite supérieure de l'étendue de mesure peut être déterminée par une variation spécifiée du rapport de proportionnalité pour une tension de polarisation donnée, ou par une valeur du courant de sortie pour lequel un rapport donné ou une différence entre  $U_{1,1}$  et  $U_{0,9}$  est obtenue (voir le paragraphe 16.4.1).

Pour des détecteurs à impulsions, une limite supérieure absolue de l'étendue de mesure est fixée par le temps de résolution du détecteur et du sous-ensemble de mesure associé.

La limite inférieure intrinsèque de l'étendue de mesure est déterminée par le signal de sortie en l'absence de rayonnement ionisant principal, dans des conditions d'environnement données.

Il est souhaitable de ne pas dépasser une certaine valeur du débit de fluence neutronique au-delà de laquelle l'activation des matériaux produirait un bruit de fond dû aux rayonnements gamma ou bêta perturbant les mesures à bas niveau.

Un cas particulièrement important est celui des détecteurs à haute sensibilité utilisés pour le démarrage des réacteurs (en particulier les tubes-compteurs au trifluorure de bore ou à dépôt de bore) où l'activité des matériaux peut être nuisible à une réutilisation immédiate.

### 7.2 Limitations dues au sous-ensemble de mesure

Les limitations dues au sous-ensemble de mesure sont essentiellement déterminées par le temps de résolution, la largeur de bande passante, le niveau de bruit et l'impédance d'entrée dans le cas des ensembles de mesure à impulsions, et par la sensibilité en courant, la dérive, le déplacement du zéro et l'impédance d'entrée dans le cas des sous-ensembles à courant.

All radiation in the detector environment has to be considered in the conditions of use. The characteristics may be altered by activation of the detector materials by neutrons, the release of heat by the absorption of radiation and therefore changes in material properties, or by other changes to the filling gas.

## 6. Detector operating conditions

Detectors placed in or near the core of reactors are subject to very stringent design regulations, particularly with reference to the materials used.

The variables which impose a limitation on the use of detectors should be specified together with their limits for each type of detector.

The significant variables, in general, are neutron fluence rate (flux) and spectrum, environmental temperature, pressure, humidity, etc.

## 7. Conditions of detector measurement

Measuring conditions are characterized mainly by the following:

- a large range of measurement (often of the order of six to ten decades);
- the severity of the ambient conditions due to high-flux values, a high intensity of concomitant radiation and high pressures and temperatures;
- the activation of materials, often resulting in replacement difficulties even when the reactor is shut down.

### 7.1 Limits due to the detector

For an ionization chamber, the upper limit of the measuring range is set by the rate of recombination of ions causing deviation from proportionality between the neutron fluence rate (flux) and the output signal.

This upper limit of the measuring range may be determined by a specified deviation from proportionality for a given polarization voltage or by the output current at which a given ratio or difference between  $U_{1,1}$  and  $U_{0,9}$  is obtained (see Sub-clause 16.4.1).

For pulse detectors, an absolute upper limit to the measuring range is set by the resolving time of the detector together with its associated measuring assembly.

The intrinsic lower limit of the measuring range is determined by the output signal in the absence of the primary ionizing radiation under given ambient conditions.

It is desirable not to exceed a given value of the neutron fluence rate (flux) beyond which activation of materials would produce a gamma or beta background large enough to make subsequent low-level measurements difficult.

An important case is that of highly sensitive detectors used for reactor start-up (in particular boron trifluoride or boron-lined counter tubes) where the activity of materials may be prejudicial to immediate re-use.

### 7.2 Limits due to the measuring sub-assembly

The limits due to the measuring sub-assembly are determined essentially by the resolving time, bandwidth, noise level and input impedance in the case of pulse measuring systems, and by the current sensitivity, drift, zero offset and input impedance in the case of current measuring sub-assemblies.