

**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 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**

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 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 Influençabilité

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'influençabilité 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 Δt 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 Δt 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: φ

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

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: φ

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

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.

7.3 Limitations dues au rayonnement gamma ambiant

Fréquemment, le rayonnement gamma ambiant impose une limite inférieure d'utilisation des détecteurs. Le rayonnement gamma produit un courant d'ionisation parasite dans une chambre d'ionisation à courant et modifie le palier de comptage, provoquant des coups parasites dans une chambre d'ionisation à impulsions. Cette limite peut être abaissée, dans le cas des chambres d'ionisation pour neutrons, par la compensation et, dans le cas des chambres à fission à impulsions, par la réduction du temps de résolution de la chambre et de l'amplificateur du sous-ensemble de mesure associé. Des améliorations peuvent aussi être obtenues en blindant convenablement le détecteur contre le rayonnement gamma.

Dans le cas particulier de la chambre d'ionisation à dépôt de bore, la limite inférieure imposée par le débit d'exposition gamma est relativement élevée. Lorsque les chambres sont compensées, la limite inférieure d'utilisation pratique peut être calculée par la relation suivante:

$$\varphi_{\min} = \frac{f}{e} \frac{S_{\gamma}}{S_n} X$$

dans laquelle:

- $\varphi_{\min}$ = débit de fluence neutronique minimal mesurable avec la précision nécessaire
- e = valeur maximale spécifiée du rapport entre le courant gamma et le courant neutrons exprimé en pour-cent (%)
- f = facteur de compensation exprimé en pour-cent (%)
- S_n = sensibilité de la chambre aux neutrons, en ampères par unité de débit de fluence neutronique ($A \cdot n^{-1} \cdot cm^2 \cdot s$)
- S_{γ} = influençabilité de la chambre au débit d'exposition gamma sans compensation, en ampères par unité de débit d'exposition ($A \cdot R^{-1} \cdot h$)
- X = débit d'exposition ($R \cdot h^{-1}$)

Dans quelques réalisations, le facteur de compensation peut être modifié, par exemple en ajustant la tension de compensation.

Le facteur de compensation peut dépendre de l'intensité du rayonnement γ et du spectre d'énergie. C'est pourquoi le réglage de la compensation devrait prévoir des variations de l'intensité des sources de rayonnement gamma et de leur position par rapport au détecteur.

8. Connecteurs et câbles

Les connecteurs et câbles font souvent partie du sous-ensemble détecteur et devraient être conçus pour ne pas limiter les performances du détecteur.

Les détecteurs et câbles devraient être conçus pour pouvoir être manipulés facilement à la main ou par des télécommandes sans risque de détérioration.

Un soin particulier devrait être pris pour éviter des interférences électriques qui peuvent gêner le fonctionnement des sous-ensembles de mesure. Pour réduire les interférences électriques, il peut être nécessaire de blinder électriquement les détecteurs, le blindage extérieur étant isolé du circuit commun de mesure et sans contact électrique avec les structures mécaniques (par exemple voir la Publication 232 de la C E I).

Il est nécessaire aussi d'assurer la continuité des liaisons et il est souhaitable que les connecteurs soient munis d'un dispositif permettant, d'une manière permanente, la vérification de cette continuité.

Les bornes du détecteur devront être repérées.

SECTION TROIS — CARACTÉRISTIQUES

9. Généralités

La liste ci-après indique les caractéristiques qui devront être fournies, si possible, par le constructeur.

7.3 Limits due to surrounding gamma radiation

Frequently, the surrounding gamma radiation imposes a lower limit in the use of detectors. Gamma radiation generates spurious ionization current in current ionization chambers and modifies the counting plateau to give false counts in ionization pulse chambers. This limit can be lowered in neutron current ionization chambers by compensation, and in pulse fission chambers by reduction of the chamber and amplifier assembly resolving time. Improvements can also be made by suitably shielding the detector against gamma radiation.

In the particular case of boron current ionization chambers, the lower limit imposed by gamma radiation is relatively high. When the chambers are compensated, the lower limit of practical use can be calculated with the following relation:

$$\varphi_{\min} = \frac{f}{e} \frac{S_{\gamma}}{S_n} X$$

in which:

$\varphi_{\min}$ = minimum neutron fluence rate (flux) measurable with the required accuracy

e = required maximum ratio of the gamma current to neutron current expressed as a percentage (%)

f = compensation factor expressed as a percentage (%)

S_n = sensitivity of the chamber to neutron radiation in amperes per unit of neutron flux density ($A \cdot n^{-1} \cdot cm^2 \cdot s$)

S_{γ} = influenceability of the chamber to gamma radiation without compensation, in amperes per unit of exposure rate ($A \cdot R^{-1} \cdot h$)

X = exposure rate ($R \cdot h^{-1}$)

In some designs, the compensation factor can be changed, for example by adjusting the compensation voltage.

The compensation factor can depend on the intensity of the radiation γ and its energy spectrum. The compensation should therefore allow for variation in conditions with respect to the gamma radiation source and the source to detector geometry.

8. Connectors and cables

Connectors and cables are often an integral part of a detector assembly and should be designed so as not to limit detector performance.

The design of connectors and cables should enable them to be easily manipulated by hand or by remote handling devices without risk of damage.

Care should be taken in particular to avoid electrical interference which could interfere with the operation of measuring sub-assemblies. To reduce electrical interference, detectors may need to be electrically shielded and the outer shield insulated from the common side of the measuring circuit and from electrical contact with the external frame (for example see IEC Publication 232).

It is also necessary to ensure the continuity of connections and it is desirable for connectors to include a device enabling continuity to be checked at any time.

Detector terminations shall be marked.

SECTION THREE — CHARACTERISTICS

9. General

The list below gives the data which, where applicable, shall be supplied by the manufacturer.

9.1 Caractéristiques des détecteurs

9.1.1 Données mécaniques

Un plan coté sera fourni.

Dimensions :

- longueur;
- diamètre;
- poids;
- position du volume utile.

Principaux matériaux :

- métaux;
- isolants;
- dépôt sensible (nature et quantité);
- principales impuretés *.

Température

- domaine de fonctionnement normal;
- valeur maximale admissible.

Gaz de remplissage :

- analyse des principaux constituants;
- pression.

Pression externe :

- valeur maximale admissible.

Chocs et vibrations :

- valeurs limites.

9.1.2 Données électriques et nucléaires

Mode de fonctionnement.

Tensions de polarisation :

- polarité;
- valeur ou valeurs de fonctionnement recommandées;
- valeur ou valeurs maximales admissibles.

Conditions de compensation :

- polarité de tension de compensation, valeur recommandée et variations admissibles;
- facteur de compensation.

* En particulier, les éléments qui peuvent engendrer des signaux parasites excessifs, une activité résiduelle dans le détecteur après irradiation et une absorption des neutrons thermiques.

9.1 Characteristics of detectors

9.1.1 Mechanical data

An outline drawing shall be supplied.

Dimensions :

- length;
- diameter;
- weight;
- position of sensitive volume.

Principal materials :

- metals;
- insulators;
- sensitive lining (type and amount);
- major impurities. *

Temperature :

- range of normal operation;
- maximum permissible value.

Filling gas :

- analysis of main constituents;
- pressure.

External pressure :

- maximum permissible value.

Shock and vibration :

- limit values.

9.1.2 Electrical and nuclear data

Mode of operation.

Polarizing voltages :

- polarity;
- recommended operating value or values;
- maximum permissible value or values.

Compensation conditions :

- compensation voltage polarity, recommended value and permissible range;
- compensation factor.

* In particular, elements which may cause excessive parasitic detector signals, post-irradiation activity in the detector body and thermal neutron absorption.

Capacités et résistances d'isolement :

- entre électrodes
 - entre électrodes et parois
 - entre parois et enveloppe ou blindage
- } en fonction de la température.

Charge électrique fournie par événement ionisant, à la fois pour le rayonnement à mesurer et le rayonnement concomitant principal.

Temps de collection des charges.

Sensibilité :

- en régime d'impulsions;
- en régime de courant;
- en régime de courant efficace (fluctuations).

Etendue de mesure.

Influçabilité :

- en régime d'impulsions;
- en régime de courant;
- en régime de courant efficace (fluctuations).

Bruit de fond (signal parasite produit par la radioactivité naturelle ou induite dans les matériaux du détecteur) :

- à l'origine;
- après une période donnée dans une fluence neutronique donnée.

Débit de fluence neutronique maximal admissible.

Débit d'exposition au rayonnement gamma maximal admissible.

Matière sensible :

- type;
- pureté.

Fluence de combustion.

Vie utile :

- le constructeur fournira aussi les résultats des essais décrits dans la présente norme.

9.2 Caractéristiques des connecteurs

9.2.1 Caractéristiques mécaniques

Les grandeurs physiques mentionnées au paragraphe 9.1 et applicables aux connecteurs devront être spécifiées pour ceux-ci par le constructeur.

Les facteurs particulièrement importants sont:

	Connecteur mâle	Connecteur femelle
Dimensions	Diamètre extérieur Description du système d'accouplement Dimensions du conducteur central Longueur hors tout	Diamètre extérieur Description du système d'accouplement Dimensions des éléments d'accouplement Longueur hors tout
Matériaux	Corps Centre Isolation	Corps Centre Isolation

Capacitances and insulation resistances :

- electrode to electrode
 - electrodes to casing
 - casing to frame or interference shielding
- } as a function of temperature.

Electric charge delivered per ionizing event for both the radiation to be measured and the main concomitant radiation.

Charge collection time.

Sensitivity :

- pulse mode;
- current mode;
- mean square mode (fluctuations).

Range of measurement.

Influenceability :

- pulse mode;
- current mode;
- mean square mode (fluctuations).

Background signal (an undesired signal produced by natural or induced radioactivity in the materials of the detector) :

- initially;
- after a given period in a known neutron flux.

Maximum permissible neutron fluence rate (flux).

Maximum permissible gamma exposure rate.

Sensitive material :

- type;
 - purity.
- Burn-up life.

Useful life :

- the detector manufacturer shall also supply the test data produced by the tests described in this standard.

9.2 Characteristics of connectors

9.2.1 Mechanical data

The physical quantities mentioned in Sub-clause 9.1 and applicable to connectors shall be specified as such by the manufacturer.

Particularly important factors are:

	Plug	Socket
Dimensions	Outside diameter Coupling description Centre conductor dimensions Overall length	Outside diameter Coupling description Dimensions for mating plug and pin Overall length
Materials	Body Centre pin Insulation	Body Centre pin Insulation

9.2.2 Caractéristiques électriques

Impédance caractéristique et résistance de fuite à la température nominale et dans les conditions nominales d'utilisation.

Valeurs maximales du régime nominal :

- tension entre électrodes et entre électrodes et enveloppe;
- température;
- pression externe;
- humidité ambiante.

9.3 Caractéristiques des câbles

9.3.1 Caractéristiques mécaniques

Dimensions :

- diamètre extérieur;
- diamètre du conducteur central;
- longueur;
- rayon de courbure minimal;
- poids.

Matériaux :

- conducteur intérieur;
- écrans extérieurs;
- isolation.

9.3.2 Caractéristiques électriques

- résistance de fuite (minimale) (à température et humidité nominales);
- capacité par unité de longueur;
- impédance caractéristique et atténuation d'impulsion (s'il y a lieu);
- toute limitation d'utilisation d'origine nucléaire.

Valeurs maximales du régime nominal :

- tension entre conducteurs;
- température;
- pression externe;
- humidité ambiante.

10. Détecteurs de neutrons à impulsions

10.1 Principes

Les détecteurs de neutrons à impulsions comprennent les chambres d'ionisation à fission, les tubes-compteurs au trifluorure de bore, les tubes-compteurs à dépôt de bore et les tubes-compteurs proportionnels à hélium 3.

a) Les chambres d'ionisation à fission contiennent un élément fissile, par exemple l'uranium 235 dont les noyaux, après avoir capturé des neutrons se désintègrent en « fragments de fission ». Ces derniers possèdent une énergie cinétique considérable qui est en partie dépensée dans le gaz de remplissage pour produire l'ionisation.

9.2.2 *Electrical characteristics*

Characteristic impedance and leakage resistance at rated temperature and nominal conditions of use.

Maximum ratings:

- voltage between electrodes and between electrodes and the casing;
- temperature;
- external pressure;
- ambient humidity.

9.3 *Characteristics of cables*

9.3.1 *Mechanical data*

Dimensions:

- outside diameter;
- centre conductor diameter;
- length;
- minimum bending radius;
- weight.

Materials:

- inner conductor;
- outer screens;
- insulation.

9.3.2 *Electrical characteristics*

- leakage resistance (minimum) at rated temperature and humidity;
- capacitance per unit length;
- characteristic impedance and pulse attenuation (where applicable);
- any nuclear limitations on use.

Maximum ratings:

- voltage between conductors;
- temperature;
- external pressure;
- ambient humidity.

10. **Pulse mode neutron detectors**

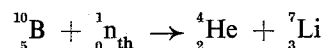
10.1 *Principles*

Pulse mode neutron detectors include the fission pulse ionization chamber, the boron trifluoride counter tube, the boron-lined counter tube and the helium-3 proportional counter tube.

a) Fission ionization chambers contain a fissile element—for example, uranium 235 whose nuclei, after capturing neutrons, disintegrate into “fission fragments”. The latter have considerable kinetic energy which is partly expended in the filling gas to produce ionization.

Les chambres à fission peuvent être utilisées dans des ensembles de comptage à impulsions, dans des ensembles de mesure à courant moyen ou dans des ensembles de mesure à courant efficace (fluctuations).

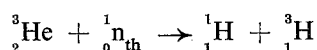
b) Les tubes-compteurs au trifluorure de bore sont des détecteurs de neutrons thermiques qui utilisent la réaction :



avec le trifluorure de bore du gaz de remplissage. L'ionisation due à la particule alpha et à l'atome de lithium est multipliée par un champ électrique; le tube-compteur fonctionne en régime proportionnel.

c) Les tubes-compteurs à dépôt de bore utilisent également la réaction nucléaire des neutrons thermiques avec le bore sous forme d'un dépôt solide sur la paroi interne du compteur. De ce fait, le gaz de remplissage peut être choisi de façon à obtenir d'autres caractéristiques recherchées, par exemple un temps de collection déterminé.

d) Les compteurs proportionnels à hélium 3 sont des détecteurs de neutrons thermiques qui utilisent la réaction des neutrons dans le gaz hélium 3.



10.2 Sensibilité dans la partie linéaire de l'étendue de mesure

La sensibilité d'un détecteur de neutrons à impulsions est déterminée par le quotient entre le taux de comptage moyen (le bruit de fond étant retranché) et le débit de fluence de neutrons thermiques qui traverse le détecteur; elle s'exprime en coups par seconde par débit de fluence unitaire de neutrons (coups $\text{n}^{-1} \cdot \text{cm}^2$). Cette sensibilité doit être mesurée avec des caractéristiques électriques bien définies du détecteur et du sous-ensemble de mesure et en précisant si le débit de fluence de neutrons est perturbé ou non.

10.3 Etendue de mesure

L'étendue de mesure théorique du détecteur est déterminée par ses limites inférieure et supérieure. Pour les chambres d'impulsions à fission, la limite inférieure est fixée par les « empilements alpha » et le bruit de fond dû aux fissions spontanées. La limite supérieure dépend du temps de résolution, fonction du temps de collection des charges et des caractéristiques électriques du sous-ensemble de mesure.

En pratique, les limites inférieures de fonctionnement peuvent être fixées par d'autres facteurs tels que statistique de comptage, débit d'exposition gamma et bruit de l'amplificateur. Les limites pratiques sont expliquées à l'article 7.

10.4 Effet du rayonnement gamma

La présence du rayonnement gamma est mise en évidence par la dégradation du spectre d'impulsions et la longueur du palier de la courbe de discrimination et, dans certains cas, par la réduction du facteur de multiplication des tubes-compteurs proportionnels.

10.5 Température de fonctionnement

Le domaine de fonctionnement pour les températures est fixé par les matériaux de structure et la technologie de fabrication. A haute température, le problème principal est de conserver des caractéristiques satisfaisantes pour les isolants.

10.6 Fluence de combustion et vie utile (voir les définitions des paragraphes 2.7 et 2.8)

La fluence de combustion dépend de la quantité de matière sensible consommée. On la mesure par le nombre d'événements comptés ou par la valeur de la fluence neutronique correspondant à une quantité spécifiée de matière sensible consommée.

La vie utile dépend des conditions d'environnement et des grandeurs d'influence.

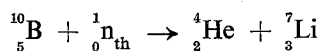
Si les conditions de stockage peuvent affecter la vie du détecteur, elles doivent être clairement définies.

10.7 Tension de polarisation

La tension de polarisation est définie par sa polarité et sa valeur. En régime d'impulsions, la tension de polarisation de la chambre est le plus souvent une tension positive appliquée à l'électrode collectrice.

Fission chambers can be utilized in pulse counting assemblies, in mean current measuring assemblies or in mean square current measuring assemblies (fluctuations).

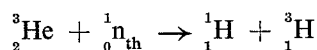
b) Boron trifluoride counter tubes are thermal neutron detectors which use the reaction:



in the boron trifluoride filling gas. The ionization due to the alpha particle and lithium nucleus is multiplied by an electric field and the counter tube is operated under proportional conditions.

c) Boron-lined counter tubes also use the nuclear reaction of thermal neutrons with boron which is deposited in the form of a solid lining on the inside of the counter wall. The filling gas can therefore be chosen to obtain other required characteristics such as a particular collection time.

d) Helium-3 proportional counters are thermal neutron detectors which use the reaction of the neutron in the gas helium-3.



10.2 Sensitivity in the linear range

The sensitivity of a pulse mode neutron detector is determined by dividing the mean counting rate, excluding background, by the thermal neutron fluence rate (flux) at the detector. It is specified in units of counts per second per unit neutron fluence rate (flux) ($\text{counts n}^{-1} \cdot \text{cm}^2$). This sensitivity must be measured with defined electrical characteristics in the detector and the measuring sub-assembly, and it must be stated whether the neutron fluence rate is perturbed or unperturbed.

10.3 Range of measurement

The theoretical range of measurement of the detector is determined by its lower and upper limits. The lower limit is fixed for the pulse fission chamber by "alpha pile-up" and by the background due to spontaneous fissions. The upper limit depends on the resolving time, which is a function of the charge collection time and the electrical characteristics of the measuring sub-assembly.

In practice, the lower operating limit may be set by other factors such as counting statistics, gamma radiation and amplifier noise. The practical limitations are explained in Clause 7.

10.4 Effect of gamma radiation

The presence of gamma radiation is indicated by the degradation of the pulse spectrum, the bias plateau length and, in certain cases, by the reduction of the multiplication factor of proportional counter tubes.

10.5 Operating temperature

The range of operating temperatures is determined by the structural materials and the technology of manufacture. At high temperature, the principal problem is to maintain satisfactory insulator performance.

10.6 Burn-up and useful life (see definitions in Sub-clauses 2.7 and 2.8)

The burn-up life depends on consumption of the sensitive material. It is measured by the number of counted events or by the value of the neutron fluence corresponding to a specified quantity of sensitive material consumed.

The useful life depends on the ambient conditions and the influence quantities.

If storage conditions can affect the useful life of the detector, they must be clearly defined.

10.7 Polarization voltage

The polarization voltage is defined by polarity and magnitude. In the pulse mode, the polarization voltage of the chamber is commonly a positive voltage applied to the collecting electrode relative to the case.

Pour les tubes-compteurs proportionnels, le facteur de multiplication dépend de la valeur de la tension de polarisation. Les courbes caractérisant cette relation doivent être fournies par le constructeur.

Pour quelques types de détecteurs, les caractéristiques du sous-ensemble de mesure et la durée de vie recherchée du détecteur devraient être prises en considération pour le choix de la tension de polarisation de fonctionnement.

10.8 Réponse à un événement nucléaire

La charge électrique moyenne développée par événement dans le détecteur doit être connue. Elle est exprimée en coulombs. Dans le cas d'un tube-compteur proportionnel, elle est fonction du facteur de multiplication et peut être difficile à mesurer.

Le temps de collection des charges et les impulsions de courant de sortie sont aussi des caractéristiques importantes.

10.9 Résistance d'isolement

Pour les valeurs spécifiées de température, pression et tension de fonctionnement, la résistance d'isolement doit être suffisamment élevée pour réduire le courant de fuite à une valeur admissible et doit éviter les microclaquages, c'est-à-dire la génération d'impulsions parasites susceptibles de simuler des signaux.

Pour les détecteurs, les connecteurs et les câbles associés qui fonctionneront à haute température, l'attention sera portée sur les variations de la résistance d'isolement en fonction de la température.

10.10 Capacité électrique

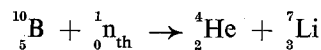
La capacité électrique est une caractéristique importante lorsqu'elle a une action appréciable sur la constante de temps du circuit d'entrée du sous-ensemble de mesure.

11. Détecteurs de neutrons à courant

11.1 Principes

Les détecteurs à courant comprennent les chambres d'ionisation à fission, les chambres d'ionisation au bore et les chambres d'ionisation sensibles au rayonnement gamma.

- a) Chambres d'ionisation à fission à courant (voir le point a) du paragraphe 10.1).
- b) Chambres d'ionisation au bore à courant. Ce sont des détecteurs de neutrons thermiques qui utilisent la réaction:



Une grande partie de la charge d'ionisation provenant des particules alpha et du recul des noyaux de lithium dans le gaz de remplissage est collectée sous forme de courant dont on mesure en général la valeur moyenne. On peut aussi mesurer la valeur efficace de ce courant.

On utilise dans ces chambres le bore sous forme d'un dépôt solide sur les électrodes ou quelquefois sous forme de composé gazeux.

Pour réduire l'influence du rayonnement gamma, les chambres compensées utilisent le principe de mesure de la différence de courants. Elles sont constituées généralement de deux chambres presque identiques. L'une contient un dépôt sensible et collecte les charges produites par l'ionisation due aux neutrons et au rayonnement gamma, tandis que l'autre collecte seulement les charges produites par le rayonnement gamma.

En raison du choix de la polarité des tensions de polarisation, les courants de sortie de ces chambres s'opposent l'un à l'autre de telle sorte que le signal résultant à la sortie du détecteur est principalement dû aux neutrons.

- c) Des détecteurs similaires peuvent être utilisés comme chambres d'ionisation sensibles au rayonnement gamma. Ces chambres ne diffèrent des chambres au bore non compensées que par l'absence de matière sensible aux neutrons. Elles peuvent être essayées de la même façon.

For proportional counters, the multiplication factor depends on the value of the polarization voltage. The curves characterizing the relationship shall be given by the manufacturer.

For some types of detectors, the characteristics of the measuring sub-assembly and the required life of the detector should be taken into account when selecting the operating polarization voltage.

10.8 *Response to a nuclear event*

The mean electrical charge developed per event in the detector must be known. It is expressed in coulombs. In the case of a proportional counter tube, this variable is a function of the multiplication factor and may be difficult to measure.

The charge collection times and the pulse output current are also important data.

10.9 *Insulation resistance*

For the range of specified temperature, pressure and voltage, the insulation resistance shall have a sufficiently high resistance to restrict leakage current to a reasonable value and shall be free from the pulse breakdown effect, i.e. the generation of spurious pulses which can simulate signal pulses.

For detectors and any associated connector and cable which will operate at high temperature, attention shall be given to variation of the insulation resistance with temperature.

10.10 *Electrical capacitance*

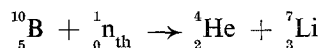
The electrical capacitance is an important characteristic when it has an appreciable effect on the time constant of the input circuit of the measuring sub-assembly.

11. **Current mode neutron detectors**

11.1 *Principles*

Current detectors include the fission ionization chamber, the boron ionization chamber and ionization chambers sensitive to gamma radiation.

- a) Fission current ionization chambers (see item a) of Sub-clause 10.1).
- b) Boron current ionization chambers. These are thermal neutron detectors which use the reaction:



A great part of the ionization charge caused by the alpha particle and the recoil of the lithium nucleus in the filling gas is collected as a current, whose mean value is generally measured. These chambers may also be used in the mean square current mode.

Boron is utilized in these chambers in the form of a solid lining on the electrodes or sometimes in the form of a gaseous compound.

To reduce the influence of gamma radiation, compensated chambers use the measuring principle of current difference. They generally comprise two nearly identical chambers. One contains a sensitive lining and collects the charge produced by ionization due to the effects of both neutron and gamma radiation, while the other collects only the charge produced by the effect of gamma radiation.

By choice of the polarity of the polarization voltages, the output currents of these chambers are made to oppose each other so that the net output from the detector is essentially due to neutrons.

- c) Similar detectors may be used as ionization chambers sensitive to gamma radiation. These differ only from uncompensated boron ionization chambers in the omission of the neutron sensitive material. They can be tested in a similar way.

11.2 Sensibilité dans la partie linéaire de l'étendue de mesure

Comme cela a été exposé au paragraphe 2.2, la sensibilité aux neutrons et au rayonnement gamma des détecteurs à courant (S_n ou S_γ) est donnée par le quotient du courant moyen de sortie ou de la moyenne de son carré par le débit de fluence de neutrons thermiques perturbé ou par le débit d'exposition gamma, avec spécification de l'énergie de ce rayonnement existant dans le détecteur. Pour des mesures en courant continu il est exprimé en unité de courant par unité de débit de fluence neutronique ou de débit d'exposition gamma ($A \cdot n^{-1} \cdot cm^2 \cdot s$ ou $A \cdot R^{-1} \cdot h$).

11.3 Etendue de mesure

L'étendue de mesure théorique du détecteur est déterminée par ses limites inférieure et supérieure.

La limite inférieure est fixée par le courant parasite dû à l'activation de la chambre, aux fuites dans les isolants ou au courant alpha dans le cas d'une chambre à fission.

La limite supérieure est fixée par les phénomènes de recombinaison.

Les limites pratiques sont expliquées à l'article 7.

11.4 Sensibilité au (influçabilité par le) rayonnement concomitant

Pour les détecteurs de neutrons, le rayonnement concomitant principal à considérer est le rayonnement gamma.

L'influçabilité est déterminée en divisant le courant de sortie dû au rayonnement gamma seul par la valeur du débit d'exposition qui produit ce courant. On la mesure en $A \cdot R^{-1} \cdot h$. Pour une chambre compensée, l'influçabilité est réduite par le facteur de compensation.

Si I_γ est le courant fourni par une chambre non compensée en présence d'un rayonnement gamma, le courant fourni par une chambre identique mais compensée serait $I_\gamma \cdot f$, produit du courant I_γ par le facteur de compensation f .

Pour les chambres d'ionisation pour rayonnement gamma, les rayonnements concomitants à considérer sont les flux de neutrons et les rayonnements gamma induits.

11.5 Température de fonctionnement

Le domaine de fonctionnement pour les températures est fixé principalement par les matériaux de structure et la technologie de fabrication. A haute température, le problème principal est de conserver des caractéristiques satisfaisantes pour les isolants.

11.6 Fluence de combustion et vie utile (voir les définitions des paragraphes 2.7 et 2.8)

La fluence de combustion dépend de la quantité de matière sensible consommée. On la mesure par la charge totale de sortie ou par la valeur de la fluence neutronique correspondant à une quantité spécifiée de matière sensible consommée.

La vie utile dépend des conditions d'environnement et des grandeurs d'influence. Si les conditions de stockage peuvent affecter la vie utile du détecteur, elles doivent être clairement définies.

11.7 Tensions de polarisation

Les tensions de polarisation sont définies par leur polarité et leur valeur.

La tension de compensation est habituellement négative et peut être ajustable ou fixe suivant la conception de la chambre.

La tension de polarisation principale est généralement positive et choisie pour que la saturation de la chambre soit assurée dans toute l'étendue de mesure. Ce choix devra être effectué à partir des courbes de saturation.

Les caractéristiques de polarisation, pour le détecteur, devront être fournies par le constructeur pour permettre le choix de la source d'alimentation (tension, régulation).

11.2 Sensitivity in the linear range

As has been stated in Sub-clause 2.2, the neutron and gamma sensitivity of current detectors (S_n and S_γ) is determined by dividing the mean or mean square output current by the perturbed thermal neutron fluence rate (flux) or gamma exposure rate with a specified energy spectrum in the detector. For d.c. measurements, it is specified in units of current per unit of neutron or gamma flux density ($A \cdot n^{-1} \cdot cm^2 \cdot s$ or $A \cdot R^{-1} \cdot h$).

11.3 Range of measurement

The theoretical range of measurement appropriate to the detector is determined by its lower and upper limits.

The lower limit is fixed by parasitic current due to chamber activation, insulation leakage or background alpha current in the case of a fission chamber.

The upper limit is fixed by recombination effects.

The practical limitations are explained in Clause 7.

11.4 Influenceability by concomitant radiation

For neutron detectors, the main concomitant radiation to be considered is gamma radiation.

Influenceability is determined by dividing the output current due to gamma radiation alone by the value of the exposure rate which produces this current. It is measured in $A \cdot R^{-1} \cdot h$. For a compensated chamber, the influenceability is reduced by the compensation factor.

If I_γ is the current delivered by an uncompensated chamber in the presence of gamma radiation, the current delivered by an identical but compensated chamber would be $I_\gamma \cdot f$, where $I_\gamma \cdot f$ is the product of I_γ and the compensation factor f .

For gamma ionization chambers, the concomitant radiations to be considered are neutron flux and induced gamma radiations.

11.5 Operating temperature

The range of operating temperature is determined mainly by the structural materials and the technology of manufacture. At high temperature, the principal problem is to maintain satisfactory insulator performance.

11.6 Burn-up and useful life (see definition in Sub-clauses 2.7 and 2.8)

The burn-up life depends on consumption of the sensitive material. It is measured by the total output charge or by the value of the neutron fluence corresponding to a specified quantity of sensitive material consumed.

The useful life depends on the ambient conditions and the influence quantities. If storage conditions can affect the useful life of the detector, they must be clearly defined.

11.7 Polarization voltages

The polarization voltages are defined by polarity and magnitude.

The compensation voltage is usually negative with respect to the chamber case and may be adjustable or fixed, depending on the design of the chamber.

The main polarization voltage is generally positive with respect to the chamber case and is chosen to ensure saturation of the chamber over the operating range. This choice shall be based on data furnished by the saturation curves.

Polarization characteristics for the detector shall be furnished by the manufacturer to allow proper determination of voltage regulation requirements.

11.8 Réponse à un événement nucléaire

Pour certaines applications, la connaissance de la charge électrique moyenne collectée par neutron ou photon gamma détecté et celle de la moyenne de son carré présentent de l'intérêt. Pour la mesure de la moyenne du carré du courant débité, les temps de collection électronique et ionique sont également importants.

11.9 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement de l'électrode collectrice (collecteur) doit être telle que le courant de fuite n'introduise pas d'erreur significative à l'intérieur de l'étendue de mesure. La valeur choisie doit être en harmonie avec les caractéristiques du sous-ensemble de mesure.

11.10 Capacité électrique

La capacité électrique est une caractéristique importante lorsqu'elle a une action appréciable sur la constante de temps du circuit d'entrée du sous-ensemble de mesure.

SECTION QUATRE — MÉTHODES D'ESSAIS

12. Généralités

12.1 Introduction

Les essais spécifiés interviennent en fin de chaîne de fabrication. Ils devront être effectués par le constructeur, sur chaque détecteur et sur son câble (si ce dernier fait partie intégrante du détecteur) sauf dans le cas où le détecteur est fabriqué en grande série. Les essais seront alors faits sur un prélèvement adéquat.

Les méthodes d'essais décrites dans la présente norme se rapportent aux caractéristiques électriques, nucléaires, mécaniques et servent de base à l'acceptation du matériel.

Lorsque des essais de rayonnement neutronique ou gamma concernant la sensibilité, le facteur de compensation, l'activation, l'influencabilité, etc., sont nécessaires, la répartition énergétique spectrale et l'intensité du rayonnement devront être spécifiées. Pour ces essais, l'utilisation d'un débit de fluence neutronique ou d'un débit d'exposition gamma connu est nécessaire.

Certains essais spéciaux ou supplémentaires devraient être effectués sur des détecteurs prototypes ou sur ceux choisis au hasard dans un lot.

Les exemples de ces essais spéciaux sont : fluence de combustion et vie utile, stabilité à long terme à la température maximale, sensibilité au rayonnement gamma d'une chambre d'ionisation à fission à impulsions, contraintes mécaniques élevées, variations de la sensibilité aux neutrons avec la température, vibrations, caractéristiques de saturation pour un débit de fluence neutronique ou un débit d'exposition gamma élevés. Ces valeurs devraient être fournies par le constructeur.

12.2 Choix des méthodes d'essais

En choisissant les méthodes d'essais, il y a eu lieu de considérer le fait que les détecteurs pour l'instrumentation et la protection des réacteurs sont conçus pour effectuer des mesures relatives de rayonnement nucléaire et non des mesures absolues.

Les méthodes d'essais utilisées devront être choisies de façon que les résultats de mesure ne soient pas influencés par les interférences électriques.

12.3 Liste des essais caractéristiques

Les essais suivants devraient être réalisés là où ils sont applicables :

a) *Essais mécaniques :*

— effets microphoniques.

11.8 *Response to a nuclear event*

In some applications, the mean and mean square electric charge released per detected neutron or gamma photon is of interest. For mean square measurements, the electron and ion collection time is also important.

11.9 *Insulation resistance*

The insulation resistance of the collector electrode shall be such that leakage current does not introduce significant error within the measurement range. The value chosen shall be related to the performance of the measuring sub-assembly.

11.10 *Electrical capacitance*

The electrical capacitance is an important characteristic when it has an appreciable effect on the time constant of the input circuit of the measuring sub-assembly.

SECTION FOUR — TEST METHODS

12. **General**

12.1 *Introduction*

The tests specified are final tests in the production process. They shall be performed by the manufacturer on each detector and its cable (if the cable is an integral part of the detector) except where the detector is in large quantity production. In this case, the tests shall be performed on an adequate sample.

The test methods described in this standard relate to electrical, nuclear and mechanical characteristics and serve as the basis for acceptance of production detectors.

Wherever neutron or gamma radiation tests involving detector sensitivity, compensation, activation, influenceability, etc., are required, the energy spectrum and intensity of the radiation should be specified. For these tests, a known isotropic fluence rate or gamma radiation rate is necessary.

Certain special or additional tests should be carried out on prototypes or on detectors selected at random from a batch.

Examples of these special tests are: burn-up and useful life, long-term stability at maximum temperature, influenceability of pulse fission ionization chambers, high-stress mechanical tests, variation of neutron sensitivity with temperature, vibration, saturation characteristics at high neutron fluence rate (flux) or gamma level. This information should be available from the manufacturer.

12.2 *Choice of test methods*

In selecting test methods, consideration should be given to the fact that detectors for the instrumentation and protection of reactors are designed primarily for relative measurements of nuclear radiation and not for absolute measurements.

Test methods used shall be such that the results are not influenced by electrical interference.

12.3 *List of typical tests*

The following tests should be carried out wherever they are applicable:

a) Mechanical tests:

— microphony.

b) Essais électriques :

- résistance d'isolement;
- tenue diélectrique;
- capacité électrique;
- bruit de fond.

c) Essais nucléaires :

- sensibilité;
- influençabilité;
- compensation;
- tension de saturation ou palier de comptage;
- charge développée par événement;
- temps de collection;
- courbe de discrimination ou spectre des impulsions;
- facteur de multiplication.

d) Essais spéciaux : ils peuvent être demandés dans le cas de spécifications particulières.

12.4 Conditions climatiques

Sauf indications contraires, les essais devront être effectués dans les conditions suivantes (voir aussi le paragraphe 12.2):

- température ambiante: 25 ± 15 °C;
- humidité relative: entre 45 % et 75 %.

Les conditions atmosphériques effectives devront être précisées dans les procès-verbaux d'essais. Conformément aux règles de l'art, elles ne devront pas subir de variations importantes ou rapides au cours d'une série d'essais. Un moyen pratique d'éviter ces variations consiste à placer le détecteur dans une enceinte climatisée à une température constante.

12.5 Essais mécaniques

Les essais mécaniques devraient être effectués en premier, puis être suivis par les essais électriques et nucléaires.

Les essais mécaniques devront comprendre, au moins, un examen visuel complété par les essais nécessaires à des applications spécifiques.

Les essais de vibrations et de chocs devront être réalisés sur un prototype conformément aux spécifications.

13. Essais relatifs aux chambres d'ionisation à fission à impulsions

13.1 Généralités

Ces essais devront être effectués lorsque le sous-ensemble détecteur est complet à tous points de vue, y compris les connecteurs associés et câbles intégrés. Ils constituent la base de la recette finale.

L'équipement utilisé pour tous les essais devra comprendre des appareils de mesure convenables installés avec précision et notamment un pont de capacités, des alimentations fournissant des tensions appropriées, des sources de rayonnement, des étuves, etc.

Il est nécessaire que le sous-ensemble de mesure utilisé pour les essais soit défini de manière que ses caractéristiques puissent être reproduites avec précision. En plus, il sera nécessaire de disposer d'équipements: générateur étalon ou chambre étalon susceptible de vérifier à tout instant son réglage.

b) Electrical tests :

- insulation resistance;
- dielectric strength;
- electrical capacity;
- background.

c) Nuclear tests :

- sensitivity;
- influenceability;
- compensation;
- saturation voltage or counts plateau;
- charge developed per event;
- collection time;
- discrimination curve or pulse spectrum;
- multiplication factor.

d) Special tests : may be required by the particular detector specification.

12.4 Climatic conditions

Unless otherwise specified, the tests shall be carried out under the following conditions (see also Sub-clause 12.2):

- ambient temperature: 25 ± 15 °C;
- relative humidity: between 45% and 75%.

The actual atmospheric conditions shall be stated on the test sheets. In accordance with good practice, they shall not be subject to large or rapid variations during a series of tests. A practical method for avoiding such variations is to place the detector in a climatic chamber at constant temperature.

12.5 Mechanical tests

Mechanical tests should be performed first and then followed by the electrical and nuclear tests.

The mechanical tests shall comprise at least a visual inspection supplemented by such tests as are required for the specific application.

Vibration and impact tests shall be performed on a prototype according to specifications.

13. Specific tests for pulse fission ionization chambers

13.1 General

These tests shall be carried out when the detector sub-assembly is complete in all respects including connectors and integral cables. They may form the basis of final acceptance.

The equipment used for all the tests shall comprise suitable measuring instruments which have been accurately set up. It will include a capacitance bridge, appropriate voltage supplies, radiation sources, ovens, etc.

It is necessary that measuring sub-assemblies used for tests should be identified in such a way that their characteristics can be accurately reproduced. In addition, means must be provided to check the calibration at any time either by pulse generators or by a standard chamber.

Les paramètres importants sont: le type du circuit d'entrée (sensible à la charge, à la tension ou au courant), l'impédance du circuit d'entrée, la bande passante, le bruit électronique ramené à l'entrée, le temps mort du discriminateur, l'étendue de mesure et le temps de restitution.

13.2 Essais mécaniques (voir le paragraphe 12.5)

13.3 Essais électriques et nucléaires

13.3.1 A la température ambiante

- a) Chaque fois que cela sera possible, les capacités entre électrodes, d'une part, et entre les électrodes et l'enveloppe extérieure, d'autre part, devront être mesurées et la continuité de tous les câbles de connexion vérifiée.
- b) Le courant de fuite entre l'enveloppe extérieure et tout écran additionnel extérieur devra être mesuré à une tension spécifiée.
- c) Le courant alpha de la chambre augmenté du courant de fuite entre les électrodes devra être mesuré pour une gamme de tensions spécifiée et, lorsque cela sera possible, le courant de fuite entre les électrodes et l'enveloppe extérieure devra être mesuré à une tension spécifiée.
- d) La chambre devra être connectée au sous-ensemble de mesure et les courbes de discrimination devront être tracées pour la tension de polarisation nulle et la tension de polarisation de fonctionnement spécifiée.

La courbe de discrimination pour la tension de polarisation nulle permet de vérifier que le bruit de l'amplificateur est satisfaisant et la courbe de discrimination pour la tension de polarisation de fonctionnement permet de définir l'activité alpha de la chambre.

Le seuil effectif de discrimination sera exprimé en unités identifiables de courant ou de charge. A cette fin, des unités absolues sont préférables bien que d'autres, telles que les « paires d'ions », soient d'un usage courant.

- e) La chambre sera soumise à un débit de fluence neutronique perturbé reproductible qui entraîne un taux de comptage d'au moins $10 \text{ coups} \cdot \text{s}^{-1}$ à la tension de polarisation de fonctionnement spécifiée. Une courbe de discrimination devra alors être tracée.

- f) La courbe caractéristique de palier haute tension devra être tracée en utilisant un seuil de discrimination défini.

- g) Lorsque cela sera nécessaire, le temps moyen de collection électronique de la chambre devra être mesuré.

Dans le cas « d'impulsions de courant » (cas où la constante de temps du circuit de mesure est très inférieure au temps de collection), le temps de collection électronique est représenté par la moyenne de la largeur de base* des impulsions. Dans le cas d'impulsions de charge (constante de temps du circuit de mesure très supérieure au temps de collection), le temps de collection est mesuré par le temps de montée de l'impulsion résultante tel qu'il est défini dans la Publication 50(66) de la C.E.I. V.E.I. 66-10-375.

- h) la charge ou le courant électrique développé par impulsions pour une tension de polarisation et un seuil de discrimination spécifiés devront être mesurés. Ils pourront être déterminés à partir des caractéristiques de l'impulsion ou par toute autre mesure spéciale.

13.3.2 A la température maximale de fonctionnement

Cet essai n'est pas nécessaire pour les détecteurs dont la température maximale d'utilisation ne dépasse pas 100°C .

- a) La chambre et une longueur de câble appropriée devront être placées dans une étuve et la température devra être augmentée jusqu'à la valeur maximale de fonctionnement à l'intérieur de limites définies. Tous les câbles de connexion seront vérifiés du point de vue de la continuité électrique lorsque cela sera possible.

Le courant de fuite entre l'enveloppe de la chambre et tout écran additionnel extérieur devra être mesuré sous une tension spécifiée.

* La largeur de base d'une impulsion est la distance parallèle à l'axe des temps séparant les deux points d'ordonnée égale à 10% de l'amplitude de l'impulsion.

The important factors are: input circuit type (charge, voltage or current sensitive), input circuit impedance, overall frequency response, input level, discriminator dead time, dynamic range and recovery time.

13.2 Mechanical tests (see Sub-clause 12.5)

13.3 Electrical and nuclear tests

13.3.1 At ambient temperature

- a) Where possible, the capacitance between the electrodes and between the electrodes and the chamber case shall be measured and the continuity of all connecting cables verified.
- b) The leakage current between the chamber case and any additional outer screen shall be measured at a specified voltage.
- c) The chamber alpha current plus the leakage current between the electrodes shall be measured over a specified voltage range and, where applicable, the leakage current between the electrodes and the chamber case shall be measured at a specified voltage.
- d) The chamber shall be connected to the measuring sub-assembly and a discriminator curve plotted for zero polarizing voltage and for the specified operating polarizing voltage.

The zero voltage curve shall be used to determine that amplifier noise is satisfactory, and the operating voltage curve shall be recorded to define the alpha activity of the chamber.

The effective discriminator level shall be expressed in identifiable units of current or charge. Absolute units are preferable for this purpose although other, non-absolute units such as "ion pairs" are in common use.

- e) The chamber shall be exposed to a reproducible perturbed neutron fluence rate (flux) which gives a count rate of at least $10 \text{ counts} \cdot \text{s}^{-1}$ at the specified operating voltage. A discriminator curve shall be plotted.

- f) The polarizing plateau characteristic curve shall be plotted using a selected discriminator level.

- g) When required, the mean electron collection time of the chamber shall be measured.

In the case of current pulses (time constant of the measuring circuit much shorter than the collection time), the electron collection time is represented by the pulse base width.* In the case of charge collection (time constant of the measuring circuit much greater than the collection time), the collection time is measured by the resultant pulse rise time as defined in IEC Publication 50(66), I.E.V. 66-10-375.

- h) The electric charge or current per pulse at the specified polarizing potential and at a given discriminator level shall be recorded. This may be determined from the characteristics of the pulse or by a special measurement.

13.3.2 At maximum operating temperature

This test does not need to be carried out on those chambers whose maximum working temperature shall not exceed 100°C .

- a) The chamber and an appropriate length of cable shall be placed in an oven and the temperature raised to the maximum operating temperature within defined limits. All connecting cables shall be verified for electrical continuity where possible.

The leakage current between the chamber case and any additional outer screen shall be measured at a suitable voltage.

* The pulse width is defined by the interval of time measured on the straight line parallel to the time axis and between points with an ordinate equal to 10% of the pulse amplitude.

b) Le courant alpha de la chambre augmenté du courant de fuite entre les électrodes devra être mesuré pour une gamme de tensions spécifiée et, lorsque cela sera possible, le courant de fuite entre les électrodes et l'enveloppe de la chambre devra être mesuré à une tension spécifiée.

c) La chambre devra être connectée au sous-ensemble de mesure et les courbes de discrimination devront être tracées pour la tension de polarisation nulle et pour la tension de polarisation de fonctionnement spécifiée.

La courbe de discrimination pour la tension de polarisation nulle permet de vérifier que le bruit de l'amplificateur est satisfaisant et la courbe de discrimination pour la tension de polarisation de fonctionnement permet de définir l'activité alpha de la chambre.

d) La chambre sera soumise au même débit de fluence neutronique que celui utilisé au point e) du paragraphe 13.3.1 ci-dessus, et une courbe de discrimination devra être tracée. Cette courbe devra s'accorder à celle obtenue à la suite de l'essai du point e) du paragraphe 13.3.1 dans les limites spécifiées.

e) La courbe caractéristique de palier haute tension devra être tracée en utilisant le seuil de discrimination défini au point e) du paragraphe 13.3.1.

f) Si nécessaire, le temps moyen de collection électronique de la chambre devra être mesuré.

g) La chambre et ses câbles devront être maintenus à la température maximale de fonctionnement pendant une durée d'au moins 100 h. A la fin de cette durée et pendant que la chambre et ses câbles sont encore à cette température, les essais des points a), b), c), d), e), f), et g) du paragraphe 13.3.2 devront être répétés.

Les résultats obtenus devront être les mêmes en se situant dans les limites spécifiées.

13.3.3 Répétition des essais à température ambiante

Après les essais à température maximale de fonctionnement, le sous-ensemble étant refroidi à température ambiante, les essais des points a), b), c), d), e), f), et g) du paragraphe 13.3.1 devront être répétés; les résultats devraient être les mêmes dans les limites spécifiées.

Si les essais indiqués au paragraphe 13.3.2 n'ont pas été effectués parce que la température de fonctionnement est inférieure à 100 °C, au moins 100 h doivent s'écouler entre les essais donnés aux paragraphes 13.3.1 et 13.3.3.

13.4 Sensibilité aux neutrons dans l'étendue de mesure linéaire

La sensibilité de la chambre aux neutrons pour des tensions de fonctionnement spécifiées devra être déterminée et exprimée dans les unités indiquées au paragraphe 10.2. Cela peut être fait en mesurant le débit de fluence neutronique utilisé au point e) du paragraphe 13.3.1 ou par une mesure spéciale.

14. Essais relatifs aux tubes-compteurs proportionnels au trifluorure de bore et à dépôt de bore

14.1 Généralités (voir le paragraphe 13.1)

14.2 Essais mécaniques (voir le paragraphe 12.5)

14.3 Essais électriques et nucléaires

14.3.1 A la température ambiante

a) Le courant de fuite entre le fil d'anode et l'enveloppe extérieure du tube-compteur devra être mesuré à une tension spécifiée.

b) Le tube-compteur devra être soumis à un débit de fluence neutronique perturbé reproductible, la sortie du sous-ensemble amplificateur étant reliée à un analyseur multicanal. La tension de polarisation appliquée au tube-compteur devra être réglée de façon que le pic du spectre relevé sur l'analyseur soit situé à une abscisse prédéterminée. La tension de polarisation appliquée et la largeur à mi-hauteur du spectre devront être enregistrées. Pour les compteurs proportionnels à dépôt de bore, d'autres caractéristiques pourront être reproduites telles que le spectre complet au lieu de la largeur à mi-hauteur du spectre.

b) The chamber alpha current plus the leakage current between the electrodes shall be measured over a specified voltage range and, where applicable, the leakage current between the electrodes and the chamber case shall be measured at a specified voltage.

c) The chamber shall be connected to the measuring sub-assembly and a discriminator curves plotted for zero polarizing voltage and for the specified operating polarizing voltage.

The zero voltage curve shall be used to determine that amplifier noise is satisfactory, and the operating voltage curve shall be recorded to define the alpha activity of the chamber.

d) The chamber shall be exposed to the same neutron fluence rate (flux) used in Item e) of Sub-clause 13.3.1 above and a discriminator curve plotted. The curve shall agree with that obtained in Item e) of Sub-clause 13.3.1 within the specified limits.

e) The polarizing plateau characteristic curve shall be plotted using the discriminator level defined after the test under Item e) of Sub-clause 13.3.1.

f) When required, the mean electron collection time of the chamber shall be measured.

g) The chamber and its cables shall remain at the maximum operating temperature for not less than 100 h. At the end of this time and while the chamber and its cables are still at this temperature, the tests under Items a), b), c), d), e), f) and g) of Sub-clause 13.3.2 shall be repeated.

The results obtained shall be the same within the specified limits.

13.3.3 Repeat tests at ambient temperature

After the tests at the maximum operating temperature, the sub-assembly shall be allowed to cool to ambient temperature. The tests under Items a), b), c), d), e), f) and g) of Sub-clause 13.3.1 shall be repeated. The results obtained should remain within the specified limits.

If the tests of Sub-clause 13.3.2 have been omitted because the operating temperature is less than 100 °C, at least 100 h must elapse between the tests of Sub-clauses 13.3.1 and 13.3.3.

13.4 Neutron sensitivity in the linear range

The chamber neutron sensitivity at a specified operating voltage shall be determined and expressed in the units given in Sub-clause 10.2. This may be done by measuring the neutron flux density used in Item e) of Sub-clause 13.3.1 or by a special measurement.

14. Specified tests for boron trifluoride and boron-lined proportional counter tubes

14.1 General (see Sub-clause 13.1)

14.2 Mechanical tests (see Sub-clause 12.5)

14.3 Electrical and nuclear tests

14.3.1 At ambient temperature

a) The leakage current between the anode wire and the counter case shall be measured at a specified voltage.

b) The counter tube shall be exposed to a reproducible perturbed neutron fluence rate (flux) and the output of the measuring sub-assembly amplifier shall be connected to a multi-channel analyser. The polarizing voltage shall be applied to the counter tube and adjusted until the peak of the spectrum on the analyser is at a predetermined position. The applied voltage and the spectrum full width at half-magnitude shall be recorded. For the boron-lined proportional counter tube, other data such as the whole spectrum may be recorded instead of full width at half-magnitude.

- c) Une courbe caractéristique de palier haute tension sera tracée pour un seuil de discrimination fixé.

Une courbe de discrimination devrait être tracée pour une polarisation haute tension spécifiée.

14.3.2 *A la température maximale de fonctionnement*

Cet essai n'est pas nécessaire pour les tubes-compteurs dont la température maximale d'utilisation n'excède pas 100 °C.

a) Le tube-compteur et une longueur appropriée de câble devront être placés dans une étuve et la température devra être augmentée jusqu'à la valeur maximale de fonctionnement à l'intérieur de limites définies.

b) Les essais des points a) et b) du paragraphe 14.3.1 seront répétés. Les résultats obtenus devront être les mêmes dans les limites spécifiées.

c) Le tube-compteur et ses câbles devront être maintenus à la température maximale de fonctionnement pendant une durée d'au moins 100 h. A la fin de cette durée et pendant que la chambre et ses câbles sont encore à cette température, les essais déjà cités des points a) et b) du paragraphe 14.3.1 devront être répétés. Les résultats obtenus devront être les mêmes dans les limites spécifiées.

14.3.3 *Répétition des essais à température ambiante*

Après les essais à température maximale de fonctionnement, le sous-ensemble étant refroidi à température ambiante. Les essais des points a) et b) du paragraphe 14.3.1 devront être répétés et les résultats obtenus devront être les mêmes dans les limites spécifiées.

Si les essais indiqués au paragraphe 14.3.2 ne sont pas effectués parce que la température de fonctionnement est inférieure à 100 °C, au moins 100 h doivent s'écouler entre les essais indiqués aux paragraphes 14.3.1 et 14.3.3.

14.4 *Sensibilité aux neutrons dans l'étendue d'échelle linéaire*

La sensibilité aux neutrons du tube-compteur pour des tensions de fonctionnement spécifiées devra être déterminée et exprimée dans les unités indiquées au paragraphe 10.2. Cela peut être fait en mesurant le débit de fluence neutronique utilisé au point b) du paragraphe 14.3.1 ou par une autre mesure spéciale spécifiée.

14.5 *Influçabilité au rayonnement gamma*

Pour des applications spécifiques dans lesquelles l'influçabilité au rayonnement gamma est particulièrement importante, les essais suivants devraient être effectués :

Le tube-compteur étant connecté à un sous-ensemble de mesure spécifié et étant soumis à un débit d'exposition gamma spécifié, le taux de comptage devrait être mesuré et devrait être inférieur à une valeur spécifiée.

Pour des tubes-compteurs au trifluorure de bore, cet essai devrait être répété après une durée d'au moins 100 h.

Pour certaines applications, le rayonnement gamma peut influencer la réponse du tube-compteur aux neutrons. Pour de tels cas, des essais spéciaux seraient alors nécessaires.

15. **Essais relatifs aux tubes-compteurs proportionnels à hélium 3**

Les détails des essais de ces détecteurs ne sont pas donnés en raison de leur similitude avec ceux concernant les tubes-compteurs au trifluorure de bore.

16. **Essais relatifs aux chambres d'ionisation au bore à courant compensées**

16.1 *Généralités*

Ces essais devront être effectués lorsque le sous-ensemble détecteur est complet à tous points de vue y compris les connecteurs associés et câbles intégrés. Ils constituent la base de la recette finale.

c) A polarizing voltage plateau curve shall be plotted at a specified discriminator level.

A discrimination curve should be plotted at a specified polarizing potential.

14.3.2 *At maximum operating temperature*

This test does not need to be carried out on those counter tubes whose maximum working temperature will not exceed 100 °C.

a) The counter tube and an appropriate length of cable shall be placed in an oven and the temperature raised to the maximum operating temperature within defined limits.

b) The tests under Items a) and b) of Sub-clause 14.3.1 shall be repeated. The results obtained shall be the same within the specified limits.

c) The counter tube and its cables shall remain at the maximum operating temperature for not less than 100 h. At the end of this time and while the counter tube and its cables are still at this temperature, the foregoing tests under Items a) and b) of Sub-clause 14.3.1 shall be repeated. The results obtained shall be the same within the specified limits.

14.3.3 *Repeat tests at ambient temperature*

After the tests at the maximum operating temperature, the sub-assembly shall be allowed to cool to ambient temperature. The tests under Items a) and b) of Sub-clause 14.3.1 shall be repeated and the results obtained shall be the same within the specified limits.

If the tests given in Sub-clause 14.3.2 have been omitted because the operating temperature is less than 100 °C, at least 100 h shall elapse between the tests given in Sub-clauses 14.3.1 and 14.3.3.

14.4 *Neutron sensitivity in the linear range*

The counter tube neutron sensitivity at a specified operating voltages shall be determined and expressed in the units given in Sub-clause 10.2. This may be done by measuring the neutron flux density used in Item b) of Sub-clause 14.3.1 or by a special measurement.

14.5 *Influenceability by gamma radiation*

For specified applications in which gamma influenceability is particularly important, the following tests should be performed:

The counter tube shall be connected to a specified measuring sub-assembly and exposed to a specified gamma exposure rate. The output count rate should be determined and should be less than a specified value.

For boron trifluoride counter tubes, this test should be repeated after not less than 100 h.

In some applications, the gamma radiation can influence the response of a counter tube to neutrons. In such cases, special tests would then be necessary.

15. **Specific tests for helium-3 proportional counter tubes**

Details of tests on these detectors are not given because they are similar to the tests applied to boron trifluoride counter tubes.

16. **Specified tests for compensated boron current ionization chambers**

16.1 *General*

These tests shall be carried out when the detector sub-assembly is complete in all respects including connectors and integral cables. They may form the basis of final acceptance.

L'équipement utilisé pour tous les essais devra comprendre des appareils de mesure installés avec précision. Il comprendra notamment un pont de capacités, des alimentations fournissant des tensions appropriées, des sources de rayonnement, des étuves, etc.

16.2 Essais mécaniques (voir le paragraphe 12.5)

16.3 Essais électriques

16.3.1 A la température ambiante

- a) Les capacités entre l'électrode collectrice et chaque électrode de tension de polarisation, et entre l'électrode collectrice et l'enveloppe de la chambre devront être mesurées.

La continuité électrique de tous les câbles de connexion devra être vérifiée.

- b) Les deux électrodes de polarisation étant reliées à l'enveloppe de la chambre, on devra mesurer le courant de fuite entre l'électrode collectrice et l'enveloppe de la chambre à une tension spécifiée.
- c) L'électrode collectrice et l'électrode de polarisation gamma étant reliées à l'enveloppe de la chambre, on devra mesurer le courant de fuite entre l'électrode de polarisation neutrons et l'enveloppe de la chambre à une tension spécifiée.
- d) L'électrode collectrice et l'électrode de polarisation neutrons étant reliées à l'enveloppe de la chambre, on devra mesurer le courant de fuite entre l'électrode de polarisation gamma et l'enveloppe de la chambre à une tension spécifiée.
- e) Le courant de fuite entre l'enveloppe de la chambre et tout écran extérieur devra être mesuré à une tension spécifiée.

16.3.2 A la température maximale de fonctionnement

Cet essai n'est pas nécessaire pour les détecteurs dont la température maximale d'utilisation ne dépasse par 100 °C.

- a) La chambre et une longueur de câble appropriée devront être placées dans une étuve et la température devra être augmentée jusqu'à la valeur maximale de fonctionnement, à l'intérieur de limites définies. La continuité électrique de tous les câbles de connexions devra être vérifiée.
- b) Même essai qu'au point b) du paragraphe 16.3.1.
- c) Même essai qu'au point c) du paragraphe 16.3.1.
- d) Même essai qu'au point d) du paragraphe 16.3.1.
- e) Même essai qu'au point e) du paragraphe 16.3.1.
- f) L'électrode de polarisation neutrons étant reliée à l'enveloppe de la chambre, le courant de l'électrode collectrice devra être mesuré en fonction du potentiel haute tension appliqué à l'électrode de polarisation gamma. Les valeurs mesurées devraient être inférieures à des valeurs spécifiées à tous les potentiels jusqu'à une limite spécifiée.
- g) L'électrode de polarisation gamma étant reliée à l'enveloppe de la chambre, le courant de l'électrode collectrice devra être mesuré en fonction du potentiel appliqué à l'électrode de polarisation neutrons. Les valeurs mesurées devraient être inférieures à des valeurs spécifiées à tous les potentiels jusqu'à une limite spécifiée.
- h) La chambre et tous les câbles intégrés devront être maintenus à la température maximale de fonctionnement pendant une durée d'au moins 100 h. A la fin de cette durée et pendant que la chambre et ses câbles sont encore à cette température, les essais déjà cités des points a), b), c), d), et e), du paragraphe 16.3.2 devront être répétés. Les résultats obtenus devront être les mêmes à l'intérieur des limites spécifiées.

16.3.3 Répétition des essais à température ambiante

Après les essais à température maximale de fonctionnement, le sous-ensemble étant refroidi à température ambiante. Les essais des points a), b), c), d), et e) du paragraphe 16.3.1 devront être répétés et les résultats obtenus devront être les mêmes à l'intérieur des limites spécifiées.