

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61468

Première édition
First edition
2000-03

**Centrales nucléaires de puissance –
Instrumentation en-cœur –
Caractéristiques et méthodes
d'essais des collecteurs**

**Nuclear power plants –
In-core instrumentation –
Characteristics and test methods
of self-powered neutron detectors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61468:2000

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61468

Première édition
First edition
2000-03

**Centrales nucléaires de puissance –
Instrumentation en-cœur –
Caractéristiques et méthodes
d'essais des collecteurs**

**Nuclear power plants –
In-core instrumentation –
Characteristics and test methods
of self-powered neutron detectors**

© IEC 2000 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 Varembe, 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

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions et abréviations	10
3.1 Définitions.....	10
3.2 Abréviations.....	14
4 Collectrons – caractéristiques générales.....	16
5 Structure mécanique et caractéristiques	18
6 Caractéristiques électriques et nucléaires.....	22
7 Recommandations pour les applications	24
7.1 Carte de flux neutronique, surveillance et contrôle du coeur	24
7.2 Régulation	26
7.3 Protection du coeur	26
7.4 Classification	26
8 Recommandations pour la conception	26
8.1 Bruit de fond	26
8.2 Temps de réponse	26
8.3 Durée de vie	28
8.4 Construction mécanique et câblage	28
9 Méthodes d'essai	28
9.1 Essais sur un prototype	28
9.2 Essais de fin de fabrication	30
10 Etalonnage d'un détecteur	30
10.1 Etalonnage absolu	30
10.2 Etalonnage par comparaison	32
10.3 Calibration en-coeur	32
10.4 Procédure de calibration	32
10.5 Recommandations pour la périodicité de la calibration.....	34
Annexe A (informative) Principes du collectron	36
A.1 Mécanismes qui conditionnent la réponse d'un collectron.....	36
A.1.1 Désintégration bêta (réponse retardée)	36
A.1.2 Capture neutronique (réponse prompte)	36
A.1.3 Effet photoélectrique (réponse prompte).....	36
A.1.4 Effet Compton (réponse prompte)	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Definitions and abbreviations	11
3.1 Definitions	11
3.2 Abbreviations	15
4 Self-powered neutron detectors – General characteristics	17
5 Mechanical structure and characteristics	19
6 Nuclear and electrical characteristics	23
7 Application recommendations	25
7.1 Fluence rate mapping – core monitoring and surveillance	25
7.2 Feedback control	27
7.3 Core protection	27
7.4 Classification	27
8 Design recommendations	27
8.1 Background noise	27
8.2 Time response	27
8.3 Lifetime	29
8.4 Mechanical design and electrical connection	29
9 Test methods	29
9.1 Prototype testing	29
9.2 Production tests	31
10 Detector calibration	31
10.1 Absolute calibration	31
10.2 Comparison calibration	33
10.3 In-core calibration	33
10.4 Calibration procedure	33
10.5 Recommended calibration periods	35
Annex A (informative) Self-powered detector principles	37
A.1 SPND response mechanisms	37
A.1.1 Beta decay (delayed response)	37
A.1.2 Neutron capture (prompt response)	37
A.1.3 Photoelectric effect (prompt response)	37
A.1.4 Compton effect (prompt response)	39

A.2	Nature de la réponse d'un collectron	38
A.2.1	Interactions aux neutrons thermiques	38
A.2.2	Interactions gamma.....	38
A.3	Fluence de combustion d'un détecteur	38
A.4	Caractéristiques fonctionnelles des collectrons	40
A.4.1	Caractéristiques des émetteurs vanadium	40
A.4.2	Caractéristiques des émetteurs cobalt.....	40
A.4.3	Caractéristiques des émetteurs rhodium.....	40
A.4.4	Caractéristiques des émetteurs argent	42
A.4.5	Caractéristiques des émetteurs platine.....	42
A.4.6	Caractéristiques des émetteurs hafnium.....	42
A.5	Assemblages de collectrons	46
A.5.1	Assemblages de collectrons pour réacteurs à eau légère.....	46
A.5.2	Assemblages typiques de collectrons pour réacteurs à eau lourde	48

A.2 Nature of SPND response	39
A.2.1 Thermal neutron interactions	39
A.2.2 Gamma interactions	39
A.3 Detector burn-up life.....	39
A.4 Self-powered detector operating characteristics.....	41
A.4.1 Vanadium emitter characteristics.....	41
A.4.2 Cobalt emitter characteristics	41
A.4.3 Rhodium emitter characteristics.....	41
A.4.4 Silver emitter characteristics.....	43
A.4.5 Platinum emitter characteristics.....	43
A.4.6 Hafnia emitter characteristics	43
A.5 Self-powered detector assemblies	47
A.5.1 Light water reactor self-powered detector assemblies	47
A.5.2 Typical heavy water reactor self-powered detector assembly.....	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION EN-COEUR – CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS DES COLLECTEURS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61468 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/369/FDIS	45A/379/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS –
IN-CORE INSTRUMENTATION –
CHARACTERISTICS AND TEST METHODS
OF SELF-POWERED NEUTRON DETECTORS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61468 has been prepared by subcommittee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45A/369/FDIS	45A/379/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION EN-COEUR – CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAIS DES COLLECTRONS

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux détecteurs en-cœur et à l'instrumentation associée, conçus pour des fonctions importantes pour la sûreté: la protection, le contrôle et l'information. Elle se limite aux caractéristiques et méthodes d'essais pour les collectrons. Les collectrons peuvent être utilisés pour mesurer un débit de fluence neutronique (flux) et la distribution spatiale de puissance des réacteurs nucléaires. Cette norme précise les exigences et les recommandations, et donne des conseils pour sélectionner un type de collectrons et les caractéristiques des collectrons pour différentes applications possibles.

Concernant les principes de conception générale d'une installation et du système de contrôle commande pour la mesure du débit de fluence neutronique, il convient de se référer aux principes généraux des systèmes d'instrumentation nucléaire conformément aux codes et guides de sûreté de l'AIEA, ainsi qu'à la CEI 61513.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60515:1975, *Détecteurs de rayonnement pour l'instrumentation et la protection des réacteurs nucléaires: caractéristiques et méthodes d'essai*

CEI 60568:1977, *Appareillage de mesure du débit de fluence neutronique dans le cœur des réacteurs de puissance*

CEI 61226:1993, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Classification*

CEI 61513, *Centrales nucléaires de puissance – Contrôle-commande des systèmes importants pour la sûreté – Prescriptions générales pour les systèmes* ¹⁾

¹⁾ A publier.

NUCLEAR POWER PLANTS – IN-CORE INSTRUMENTATION – CHARACTERISTICS AND TEST METHODS OF SELF-POWERED NEUTRON DETECTORS

1 Scope and object

This International Standard applies to in-core neutron detectors and instrumentation which are designed for purposes important to safety: protection, control and information. It is restricted to characteristics and test methods for self-powered neutron detectors (SPNDs). Self-powered neutron detectors can be used for neutron fluence rate (flux) measurements and spatial power measurements in nuclear reactors. This standard gives requirements, recommendations and guidance on selection of the type and characteristics of SPNDs for different possible applications of SPNDs.

For the principles of overall plant and I&C system design and the purpose of neutron fluence rate measurements, reference should be made to general principles of nuclear reactor instrumentation according to IAEA Codes and Safety Guides and IEC 61513.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 394: Nuclear Instrumentation: Instruments*

IEC 60515:1975, *Radiation detectors for the instrumentation and protection of nuclear reactors; characteristics and test methods*

IEC 60568:1977, *In-core instrumentation for neutron fluence rate (flux) measurements in power reactors*

IEC 61226:1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification*

IEC 61513, *Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems* ¹⁾

¹⁾ To be published.