

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60231

Première édition
First edition
1967-01

**Principes généraux de l'instrumentation
des réacteurs nucléaires**

**General principles of nuclear reactor
instrumentation**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60231: 1967

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**

60231

Première édition
First edition
1967-01

**Principes généraux de l'instrumentation
des réacteurs nucléaires**

**General principles of nuclear reactor
instrumentation**

© IEC 1967 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

R

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
1.1 Généralités	6
1.2 Domaine d'application	6
1.3 Caractéristiques générales	6
2. Mesures du flux neutronique	8
2.1 Généralités	8
2.2 Détecteurs de neutrons	8
2.3 Sources de neutrons	10
2.4 Instrumentation de mesure du flux neutronique	12
2.5 Déclenchements à niveau et à taux de variation de flux	16
2.6 Etalonnage et vérification des ensembles de mesure du flux neutronique	18
2.7 Mesure de la distribution du flux	18
3. Mesures de températures	18
3.1 Conditions générales	18
3.2 Effet de l'irradiation sur la précision des mesures de température	20
3.3 Mesure de la température du combustible	20
3.4 Mesure de la température du modérateur	20
3.5 Mesure de la température du fluide de refroidissement	20
3.6 Mesure des températures jugées d'importance vitale pour la sécurité du réacteur	22
3.7 Ensemble de protection contre les dépassements de température	22
3.8 Affichage des températures	22
4. Mesures intéressant le fluide de refroidissement	22
4.1 Considérations générales	22
4.2 Débit du fluide de refroidissement	24
4.3 Pression du fluide de refroidissement	24
4.4 Niveau du fluide de refroidissement	26
4.5 Fuites du fluide de refroidissement	26
4.6 Pureté du fluide de refroidissement	26
4.7 Activité du fluide de refroidissement	26
5. Equipements de protection	26
6. Alimentations des appareils	28
6.1 Caractéristiques générales	28
6.2 Alimentations secourues	28
7. Moyens de contrôle et de commande	30
7.1 Généralités	30
7.2 Implantation de la salle de contrôle et de commande	30
7.3 Aménagement de la salle de contrôle et de commande	30
7.4 Communications	34
8. Signalisations	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
1.1 General	7
1.2 Scope	7
1.3 General requirements	7
2. Neutron flux measurement	9
2.1 General	9
2.2 Neutron detectors	9
2.3 Neutron sources	11
2.4 Instrumentation for neutron flux measurements	13
2.5 Flux level and flux rate trips	17
2.6 Calibration and testing of neutron flux measuring assemblies	19
2.7 Measurement of flux distribution	19
3. Temperature measurement	19
3.1 General considerations	19
3.2 Effect of irradiation on accuracy of temperature measurement	21
3.3 Measurement of fuel temperature	21
3.4 Measurement of moderator temperature	21
3.5 Measurement of coolant temperature	21
3.6 Measurement of temperatures which are considered to be vital for reactor safety	23
3.7 Temperature protection assembly	23
3.8 Presentation of temperatures	23
4. Coolant measurements	23
4.1 General considerations	23
4.2 Coolant flow	25
4.3 Coolant pressure	25
4.4 Coolant level	27
4.5 Coolant leakage	27
4.6 Coolant purity	27
4.7 Coolant activity	27
5. Protection systems	27
6. Power supplies for instrumentation	29
6.1 General requirements	29
6.2 Guaranteed supply systems	29
7. Control facilities	31
7.1 General	31
7.2 Control room siting	31
7.3 Control room layout	31
7.4 Communications	35
8. General alarms	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'INSTRUMENTATION
DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 45A, Instrumentation des réacteurs nucléaires, du Comité d'Etudes N° 45 de la C E I: Appareils électriques de mesure utilisés en relation avec les rayonnements ionisants.

Plusieurs projets furent discutés lors des réunions tenues à Brunswick en 1962, à Venise en 1963, à Paris en 1963 et à Genève en 1964. Le projet final fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1965.

A la suite d'observations essentielles formulées, il fut décidé, lors de la réunion tenue à New York en 1965, d'apporter au projet quelques modifications qui furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en mai 1966.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Corée (République de)	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	Yougoslavie
Israël	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GENERAL PRINCIPLES OF NUCLEAR REACTOR
INSTRUMENTATION**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by Sub-Committee 45A, Reactor Instrumentation, of I E C Technical Committee No. 45, Electrical Measuring Instruments used in Connection with Ionizing Radiation.

Several drafts were discussed during meetings held in Braunschweig in 1962, in Venice in 1963, in Paris in 1963 and in Geneva in 1964. The final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1965.

During the meeting held in New York in 1965, it was decided that some amendments should be included in the drafts. These amendments were submitted to the National Committees under the Two Months' Procedure in May 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia
Korea (Republic of)	

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

1. Introduction

1.1 Généralités

Une instrumentation convenable, qui indique l'état d'un réacteur, est indispensable pour le faire fonctionner de manière sûre et efficace.

1.2 Domaine d'application

1.2.1 La présente recommandation sert de guide pour le choix de l'équipement instrumental d'un réacteur et recommande des règles de bon usage.

1.2.2 Cette recommandation est essentiellement d'application générale; certains aspects applicables seulement à des types particuliers de réacteurs sont contenus dans les annexes *).

1.2.3 Seuls les équipements ayant une influence directe sur la sécurité générale et l'efficacité du contrôle et de la commande du réacteur sont traités ici.

1.3 Caractéristiques générales

1.3.1 La responsabilité de la sécurité de fonctionnement d'un réacteur devrait être confiée à la direction de l'équipe de contrôle. Néanmoins, l'installation devrait rendre aisé un fonctionnement sûr dans toutes les circonstances plausibles durant la vie du réacteur.

1.3.2 L'instrumentation devrait être telle qu'elle permette à l'opérateur d'évaluer correctement l'état physique et le comportement de l'installation. Des signalisations convenables devraient être prévues pour indiquer les conditions anormales.

1.3.3 Le degré de protection demandé à l'instrumentation devrait être déterminé en considérant:

a) Les cas où l'action correcte de l'équipement de sécurité est nécessaire pour éviter des risques inacceptables pour la population en cas d'accident. La conception de l'équipement de sécurité devrait tenir compte alors des conséquences des pannes, et le degré de protection obtenu est déterminé par des considérations humaines, pratiques, économiques et autres.

b) Les cas où des risques inacceptables pour la population ne peuvent pas se produire, même lorsque l'équipement de sécurité tombe complètement en panne. Dans ce cas, la fonction de l'équipement de sécurité est de protéger l'installation contre des défauts qui, en son absence, endommageraient cette installation, et également de minimiser l'exposition aux radiations du personnel employé.

1.3.4 Si l'on se rappelle la diversité des accidents possibles, le comportement du cœur de plus en plus complexe à mesure qu'il est plus irradié, et les erreurs inconnues pouvant entacher le modèle mathématique utilisé pour évaluer les effets d'un accident, on est en droit de se demander si la détection, à l'aide d'un paramètre unique, peut garantir une protection suffisante. Dans ce cas, l'incident devrait être décelé par au moins deux paramètres indépendants, l'un d'eux étant, toutes les fois que c'est possible, une mesure directe du paramètre essentiel.

*) Ces annexes sont à l'étude.

GENERAL PRINCIPLES OF NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION

1. Introduction

1.1 General

Proper instrumentation, which gives a knowledge of the state of the reactor, is vital for safe and efficient operation.

1.2 Scope

1.2.1 This Recommendation gives guidance on the provision of reactor instrumentation and recommends standards of good practice.

1.2.2 The main body of the Recommendation is of general application and aspects applicable only to particular types of reactors are included in Appendices *.

1.2.3 Items of instrumentation are included only where they have a direct bearing on the over-all safety and effective control of the reactor.

1.3 General requirements

1.3.1 The responsibility for safe operation of a reactor should be vested in the management chain of command. Nevertheless, the design should facilitate safe operation under all credible conditions throughout the life of the reactor.

1.3.2 The instrumentation should be such as to enable the operator to make an adequate assessment of the physical state and behaviour of the plant. Suitable warnings should be provided for indicating abnormal conditions.

1.3.3 The degree of protection demanded from instrumentation should be determined from the following considerations:

a) The situation where correct action of the safety system is required to avoid unacceptable hazard to the general public in case of accident. In this case, the safety system design should take into account the consequence of failure, and the degree of protection provided is determined by humanitarian, practical, economic and other considerations.

b) The situation where unacceptable hazards to the general public cannot arise even though the safety system fails completely. In this case, the function of the safety system is to protect the plant against faults which would otherwise damage it, and to minimize the radiation exposure of persons employed in the process.

1.3.4 Bearing in mind the diverse nature of possible incidents, the complex behaviour of the core as it becomes more irradiated, and the possible unknown errors in the mathematical model used to estimate the effect of the incident, there may be doubt as to whether detection by a single parameter can provide adequate protection. Whenever this is so, the incident should be sensed by at least two independent parameters, one of which should, wherever possible, be a direct measurement of the parameter of greatest concern.

*) These Appendices are under consideration.

- 1.3.5 L'équipement de contrôle et de commande et l'équipement de sécurité du réacteur devraient être aussi indépendants que possible, en ce sens qu'un défaut sur l'un ne devrait pas pouvoir entraîner d'intervention erronée de l'autre. En général, une action de sécurité devrait avoir la priorité sur une action de commande.
- a) La conception de l'équipement de sécurité du réacteur devrait être telle qu'aucune intervention pensable ou défaillance plausible, qu'aucun mauvais fonctionnement de l'équipement de contrôle et de commande ne puisse amener un ensemble de conditions tel que la protection cesse d'être assurée par l'équipement correspondant. On envisagera aussi toutes les combinaisons plausibles de défaillance pouvant survenir en cas de panne de l'équipement de contrôle et de commande.
- b) L'équipement de contrôle et de commande devrait être conçu de telle manière qu'aucune défaillance de l'équipement de sécurité ne puisse se traduire par une augmentation de réactivité, sur ordre émanant de l'équipement de contrôle et de commande. On envisagera également toutes les combinaisons plausibles de défaillances pouvant survenir en cas de panne de l'équipement de sécurité.
- 1.3.6 Lorsqu'un réacteur est appelé à fonctionner dans des conditions autres que normales (essais de recette, par exemple), les dispositions prévues pour assurer convenablement sa commande, son contrôle et sa sécurité doivent être prises.

2. Mesures du flux neutronique

2.1 Généralités

- 2.1.1 Les appareils de mesure du flux neutronique ont, par rapport à d'autres types d'appareils de mesure, l'avantage d'allier à une sensibilité convenable une assez grande rapidité de réponse.
- 2.1.2 La sécurité de fonctionnement d'un réacteur veut que le flux de neutrons (ou taux de fission) soit connu dans un très grand domaine de valeurs. Il est possible que, lors d'un défaut ou d'une erreur, la période du réacteur soit très brève tandis que le flux neutronique est encore faible. En cette circonstance, la puissance du réacteur pourrait alors augmenter si rapidement que, pour certains réacteurs, des valeurs dangereuses seraient atteintes avant qu'on ne puisse intervenir pour réduire le taux de fission. Des dispositions devraient être prises pour éviter l'apparition d'un danger de cette nature pour de tels réacteurs, autrement dit en mesurant la variation du flux neutronique en fonction du temps dans tout le domaine de puissance.
- 2.1.3 Lorsque l'on mesure le taux de fission, réacteur à l'arrêt, après une longue période de fonctionnement, on devrait tenir compte de l'influence de la décroissance des produits de fission sur ces mesures.
- 2.1.4 Lorsqu'aucun ensemble de mesure unique n'a été trouvé satisfaisant pour la mesure du flux neutronique d'un réacteur dans tout le domaine de flux possible, il est nécessaire d'avoir recours à plusieurs ensembles de mesure comportant chacun des types d'appareils différents, utilisés pour mesurer les niveaux de flux chacun dans leurs étendues de mesure respectives. On ne peut donner de description précise de ces ensembles, étant donné qu'ils changent plus ou moins d'un réacteur à l'autre.

2.2 Détecteurs de neutrons

- 2.2.1 La conception des détecteurs de neutrons utilisés pour le contrôle et la commande et faisant partie de l'instrumentation d'un réacteur est influencée par les impératifs de construction et d'utilisation ci-après, en particulier lorsqu'il s'agit de chambres d'ionisation pour mesures de haut flux:

1.3.5 The reactor control system and the reactor safety system should be as nearly independent as possible, in the sense that a fault in one should not lead to incorrect action of the other. In general, safety action should have priority over control action.

a) The design of the reactor safety system should be such that no credible action or failure or malfunctioning of the reactor control system can lead to a situation in which protection is not provided by the reactor safety system. In considering failure of the control system, all credible combinations of failure should also be considered.

b) The design of the control system should be such that no credible failure of the safety system can result in the increase of reactivity by the control system. In considering failure of the safety system, all credible combinations of failure should also be considered.

1.3.6 Where reactors have to be operated in conditions other than normal (for instance, commissioning), adequate safety and control arrangements shall still be preserved.

2. Neutron flux measurement

2.1 General

2.1.1 Neutron flux measuring instruments have an advantage over other types in that they can provide relatively rapid response with adequate sensitivity.

2.1.2 For the safe operation of the reactor it is required that the neutron flux (or fission rate) be known over a very large range. In fault conditions, it is possible for the reactor period to be very short whilst the neutron flux is still low. If this occurred, the reactor power might increase so rapidly that, in some reactors, dangerous levels would be reached before steps could be taken to reduce the fission rate. Provision should be made to avoid such a danger in such reactors, e.g. by measuring the time variation of the neutron flux over the complete operating range.

2.1.3 When the fission rate at shutdown is measured after the reactor has been operating for an appreciable time, account should be taken of the influence of fission product decay on these measurements.

2.1.4 Where no single measuring assembly is found to be satisfactory for measurement of neutron flux in a reactor over the whole range of possible fluxes, it is necessary to provide a number of measuring assemblies with different types of instruments used in each assembly according to their suitability for measuring the flux levels in the particular range of interest. These assemblies cannot be defined exactly and will vary to some extent from one reactor to another.

2.2 Neutron detectors

2.2.1 The design of neutron detectors for reactor control and instrumentation is influenced by the following demands of construction and usage, particularly in the case of ionization chambers used for high-flux measurement: