

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

62118

Première édition
First edition
2000-11

**Instrumentation des réacteurs nucléaires –
Réacteurs à eau pressurisée (REP) de type VVER –
Surveillance du refroidissement correct du coeur
pendant les états d'arrêt**

**Nuclear reactor instrumentation –
Pressurized water reactor (PWR) of VVER design –
Monitoring adequate cooling within
the core during shutdown**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62118:2000

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

62118

Première édition
First edition
2000-11

**Instrumentation des réacteurs nucléaires –
Réacteurs à eau pressurisée (REP) de type VVER –
Surveillance du refroidissement correct du coeur
pendant les états d'arrêt**

**Nuclear reactor instrumentation –
Pressurized water reactor (PWR) of VVER design –
Monitoring adequate cooling within
the core during shutdown**

© 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 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

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives.....	10
3 Définitions et abréviations	12
4 Conditions opérationnelles	16
4.1 Généralités	16
4.2 Fonctionnement en puissance normale.....	18
4.3 Fonctionnement en arrêt à chaud	18
4.4 Conditions anormales et accidentelles.....	18
4.5 Fonctionnement en arrêt à froid.....	20
5 Méthodes de mesure	20
5.1 Généralités	20
5.2 Dispositifs de mesure du niveau d'eau dans la cuve du réacteur	22
5.2.1 Mesure de la pression différentielle	22
5.2.2 Mesure par thermocouple chauffé.....	24
5.3 Dispositifs de mesure du niveau d'eau de la tuyauterie d'entrée/de sortie de la cuve du réacteur (systèmes de la figure 2).....	24
5.3.1 Mesure de la pression différentielle	24
5.3.2 Surveillance du niveau de fluide par ultrasons	26
5.4 Dispositifs de mesure de la température à la sortie du cœur	26
5.4.1 Thermocouples à la sortie du cœur.....	26
5.4.2 Température de la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur	26
5.4.3 Température du RRA (systèmes de la figure 2).....	26
6 Exigences relatives à l'instrumentation	26
6.1 Généralités	26
6.1.1 Classes de sûreté	28
6.1.2 Précision et temps de réponse	28
6.1.3 Fiabilité	28
6.1.4 Cas d'une défaillance unique	28
6.2 Mesure de la pression différentielle	30
6.2.1 Transmetteurs de pression différentielle	30
6.2.2 Colonnes de référence	30
6.2.3 Emplacement des piquages pour la mesure de pression différentielle	30
6.2.4 Installations de la ligne d'instrumentation hydraulique	32
6.2.5 Température des lignes d'instrumentation hydraulique	34
6.2.6 Type et qualité du fluide dans les lignes d'instruments	34
6.3 Mesure par thermocouple chauffé	34
6.4 Mesure du niveau d'eau par ultrasons	34
6.4.1 Application	34
6.4.2 Exactitude et temps de réponse.....	34
6.4.3 Questions relatives à l'installation.....	36
6.4.4 Questions spéciales relatives à l'interface homme/machine	36
6.5 Dispositifs de mesure de température	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Definitions and abbreviations	13
4 Operating conditions	17
4.1 General	17
4.2 Normal power operation	19
4.3 Hot shutdown operations	19
4.4 Abnormal and accident conditions	19
4.5 Cold shutdown operations	21
5 Measurement methods	21
5.1 General	21
5.2 RPV water level measuring devices	23
5.2.1 Differential pressure measurement	23
5.2.2 Heated sensor measurement	25
5.3 RPV inlet/outlet pipe water level measuring devices (systems as shown in figure 2)	25
5.3.1 Differential pressure measurement	25
5.3.2 Ultrasonic liquid level monitoring	27
5.4 Core exit temperature sensing devices	27
5.4.1 Core exit thermocouples	27
5.4.2 RPV outlet pipe temperature	27
5.4.3 RHRS temperature (systems as shown in figure 2)	27
6 Instrumentation requirements	27
6.1 General	27
6.1.1 Safety classification	29
6.1.2 Accuracy and response time	29
6.1.3 Reliability	29
6.1.4 Single failure considerations	29
6.2 Differential pressure measurement	31
6.2.1 Differential pressure transmitters	31
6.2.2 Reference columns	31
6.2.3 Differential pressure tap locations	31
6.2.4 Hydraulic instrument line installations	33
6.2.5 Hydraulic instrument line temperature	35
6.2.6 Type and quality of the fluid in the instrument lines	35
6.3 Heated sensor measurement	35
6.4 Ultrasonic liquid level measurement	35
6.4.1 Application	35
6.4.2 Accuracy and time response	35
6.4.3 Installation considerations	37
6.4.4 Special human machine interface considerations	37
6.5 Temperature sensing devices	37

Articles	Pages
7 Traitement des données	36
8 Présentation des informations	36
9 Vérification et étalonnage	38
10 Contrôle en service et maintenance	38
11 Qualification	38
12 Documentation	38
Annexe A (informative) Evénements avec une dégradation potentielle du refroidissement du cœur dans les VVER.....	50
Annexe B (informative) Etats de fonctionnement de la centrale	52
Figure 1 – Configuration du REP: VVER-440 – Générateurs de vapeur horizontaux	40
Figure 2 – Configuration du REP: VVER-1000 – Générateurs de vapeur horizontaux	42
Figure 3 – Mesure du niveau d'eau par la méthode de la pression différentielle (système VVER 1000).....	44
Figure 4 – Considérations thermohydrauliques affectant les mesures du niveau d'eau (système VVER 1000) en inventaire en eau réduit et débit inversé	46
Figure 5 – Mesure du niveau d'eau par un capteur à action directe (système VVER 1000) en inventaire en eau réduit et débit inversé	48

Clause	Page
7 Data processing	37
8 Presentation of information	37
9 Verification and calibration	39
10 In-service testing and maintenance	39
11 Qualification	39
12 Documentation	39
Annex A (informative) Events with potential core cooling degradation at VVERs	51
Annex B (informative) Plant operating states	53
Figure 1 – PWR configuration: (VVER-440) – Horizontal steam generators	41
Figure 2 – PWR configuration: (VVER-1000) – Horizontal steam generators	43
Figure 3 – Water level measurement by differential pressure method for VVER 1000	45
Figure 4 – Thermal-hydraulic considerations affecting water level measurements (VVER-1000 systems) at reduced inventory and reverse flow	47
Figure 5 – Water level measurement by direct acting transmitter (VVER-1000 systems) at reduced inventory and reverse flow	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE (REP) DE TYPE VVER – SURVEILLANCE DU REFROIDISSEMENT CORRECT DU CŒUR PENDANT LES ÉTATS D'ARRÊT

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 62118 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/400A/FDIS	45A/403/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 doit être lue conjointement avec la CEI 60911.

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION –
PRESSURIZED WATER REACTOR (PWR) OF VVER DESIGN –
MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN THE CORE
DURING SHUTDOWN**

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 62118 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/400A/FDIS	45A/403/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 should be read in conjunction with IEC 60911.

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

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Un refroidissement correct du cœur ne peut être réalisé qu'avec un apport suffisant de fluide de refroidissement au cœur afin d'évacuer la chaleur. Pendant l'exploitation normale, le refroidissement du cœur est commandé et surveillé d'une manière correcte par les systèmes de commande et de protection du réacteur et le refroidissement est maintenu par la circulation forcée du liquide de refroidissement assurée par les pompes primaires. Pendant les opérations d'arrêt à chaud et à froid, le refroidissement du cœur peut être effectué par le biais de différents moyens, tels que la circulation forcée avec les pompes primaires, la circulation naturelle du fluide de refroidissement ou le système d'évacuation de la puissance résiduelle (RRA). Pendant certaines conditions anormales, le refroidissement doit même dépendre de l'ébullition fixe du fluide de refroidissement.

Il est important que les opérateurs de l'installation aient à leur disposition des informations fiables concernant les conditions et l'approvisionnement du fluide de refroidissement dans la cuve du réacteur. Ces informations se rapportent généralement au cœur, et expriment la température, la pression, le débit du liquide de refroidissement et le niveau d'eau par rapport à la partie supérieure du cœur. Il est également important que les opérateurs de l'installation disposent d'informations fiables concernant la saturation du liquide de refroidissement et son historique afin d'évaluer les conditions anormales. Des informations doivent être disponibles pour toutes les conditions, y compris l'arrêt à froid dans la mesure où des interruptions de refroidissement du cœur se sont produites dans plusieurs VVER. L'annexe A, qui présente une liste de ces événements, identifie les conditions qu'il convient de prendre en considération dans la conception de l'instrumentation de la surveillance du refroidissement du cœur.

INTRODUCTION

Adequate core cooling can be achieved only by providing sufficient coolant flow to the core to remove the heat. During normal power operations, core cooling is adequately controlled and monitored by reactor control and protection systems, and cooling is maintained by forced circulation with the pumps of the Reactor Coolant System (RCS). During hot or cold shutdown operations, core cooling can be provided by different means such as forced circulation with the RCS pumps, natural circulation of the coolant or by the Residual Heat Removal System (RHRS). During certain abnormal conditions cooling must even rely on stationary boiling of the coolant.

It is important that plant operators have reliable information concerning the coolant conditions and inventory in the Reactor Pressure Vessel (RPV). This information is usually related to the core, expressed specifically as the coolant temperature, pressure, flow and water level relative to the top of the core. It is also important that plant operators have reliable information concerning subcooling of the coolant and its time history to assess abnormal conditions. The information must be available for all conditions, including cold shutdown since core cooling interruptions have occurred at several VVERs. Annex A, which lists some of these events, identifies conditions which should be considered in the design of core cooling monitoring instrumentation.

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE (REP) DE TYPE VVER – SURVEILLANCE DU REFROIDISSEMENT CORRECT DU CŒUR PENDANT LES ÉTATS D'ARRÊT

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale, applicable aux réacteurs à eau sous pression (REP) de conception VVER ayant des configurations similaires à celles indiquées aux figures 1 et 2, présente les exigences de surveillance du refroidissement correct du cœur au cours des opérations d'arrêt à chaud ou à froid. L'annexe B fournit de plus amples informations sur les états de fonctionnement des VVER.

La présente norme donne un résumé des bonnes pratiques internationales à adopter lors de la conception de nouveaux dispositifs de surveillance du refroidissement du cœur des REP de conception VVER ou lors du perfectionnement de dispositifs existants. La présente norme ne prend pas en compte les détails de conception des différents systèmes technologiques VVER, hormis lorsque ceux-ci ont un impact sur la surveillance du refroidissement du cœur.

Les exigences données concernent l'instrumentation de la surveillance du refroidissement du cœur et ont pour but de garantir le fonctionnement sûr des VVER pendant l'exploitation anormale et pendant et après les accidents de référence (ADR). Les exigences applicables à la surveillance du refroidissement du cœur au-delà d'un ADR, qui pourrait être une exigence ou une considération nationale spécifique, ne sont pas couvertes ici.

L'instrumentation de la surveillance du refroidissement du cœur doit fonctionner dans des conditions extrêmement différentes. Les circonstances dans lesquelles cette instrumentation doit fonctionner sont décrites. Les descriptions des divers principes de mesure et des appareils appropriés sont indiquées avec les exigences applicables aux points suivants:

- les conditions de fonctionnement;
- l'installation;
- les visualisations de l'opérateur;
- le contrôle, l'étalonnage et la maintenance;
- la qualification des équipements;
- la documentation;
- la redondance.

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 l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60737:1982, *Mesures de température en cœur ou dans l'enveloppe primaire des réacteurs nucléaires de puissance – Caractéristiques et méthodes d'essais*

NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION – PRESSURIZED WATER REACTOR (PWR) OF VVER DESIGN – MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN THE CORE DURING SHUTDOWN

1 Scope and object

This International Standard applies to pressurized water reactors (PWRs) of VVER design with configurations similar to those shown in figures 1 and 2, and presents the requirements for monitoring adequate cooling within the core during hot and cold shutdown conditions. Annex B provides more information on VVER operating states.

Good international practices to be used when designing new or upgrading existing core cooling monitors for VVER systems are summarized in this standard. This standard does not consider the design details of the different VVER technological systems designs, except to the extent that the design affects the monitoring of core cooling.

Requirements are given for core cooling monitoring instrumentation to ensure the safe operation of VVERs during abnormal operation and during and after design basis accidents (DBA). Requirements for core cooling monitoring during conditions beyond a DBA, which could be a specific national requirement or consideration, are not covered here.

The core cooling monitoring instrumentation has to function under widely different conditions. The circumstances under which this instrumentation needs to function are described. Descriptions of diverse measuring principles and suitable devices are given along with requirements for the following:

- operational conditions;
- installation;
- operator displays;
- testing, calibration and maintenance;
- equipment qualification;
- documentation;
- redundancy.

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(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear Instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60737:1982, *In-core temperature or primary envelope temperature measurements in nuclear power reactors – Characteristics and test methods*

CEI 60770-1:1999, *Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels – Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances*

CEI 60780:1998, *Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification*

CEI 60880:1986, *Logiciel pour les calculateurs utilisés dans les systèmes de sûreté des centrales nucléaires*

CEI 60911:1987, *Mesures pour surveiller la bonne réfrigération du cœur des réacteurs à eau légère pressurisée*

CEI 60964:1989, *Conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance*

CEI 60980:1989, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté des centrales électronucléaires*

CEI 60987:1989, *Calculateurs programmés importants pour la sûreté des centrales nucléaires*

CEI 61225:1993, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Prescriptions pour les alimentations électriques*

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

CEI 61227:1993, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs*

CEI 61343:1996, *Instrumentation des réacteurs nucléaires – Réacteurs à eau bouillante (BWR) – Mesures dans la cuve pour la surveillance adéquate du refroidissement du cœur*

IAEA Guide de sûreté 50-SG-D8:1984, *Systèmes d'instrumentation et de commande liés à la sûreté dans les centrales nucléaires*

3 Définitions et abréviations

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent. Si des termes sont définis dans une autre norme, leur source est indiquée entre crochets.

3.1

ALARA

aussi bas que raisonnablement possible

3.2

fluide de refroidissement

eau et/ou vapeur destinée à éliminer la puissance produite dans le cœur

3.3

ADR

accident de référence

3.4

diversité

existence de composants ou de systèmes redondants pour l'accomplissement d'une fonction déterminée, lorsque ces composants ou systèmes ont collectivement un ou plusieurs attributs différents

[IAEA 50-SG-D8]

3.5

espace annulaire

volume annulaire entre la paroi de la cuve du réacteur et les composants internes, qui dirige le fluide de refroidissement vers la partie inférieure du cœur

IEC 60770-1:1999, *Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 1: Methods for performance evaluation*

IEC 60780:1998, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 60880:1986, *Software for computers in the safety systems of nuclear power stations*

IEC 60911:1987, *Measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors*

IEC 60964:1989, *Design for control rooms of nuclear power plants*

IEC 60980:1989, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 60987:1989, *Programmed digital computers important to safety for nuclear power stations*

IEC 61225:1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Requirements for electrical supplies*

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

IEC 61227:1993, *Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls*

IEC 61343:1996, *Nuclear reactor instrumentation – Boiling light water reactors (BWR) – Measurements in the reactor vessel for monitoring adequate cooling within the core*

IAEA Safety Guide 50-SG-D8:1984, *Safety related instrumentation and control systems for nuclear power plants*

3 Definitions and abbreviations

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply. For terms defined elsewhere, the source is given in square brackets.

3.1

ALARA

as low as reasonably achievable

3.2

coolant

water and/or steam for heat removal from the core

3.3

DBA

design basis accident

3.4

diversity

the existence of redundant components or systems to perform an identified function, where such components or systems collectively incorporate one or more different attributes

[IAEA 50-SG-D8]

3.5

downcomer

annular volume between reactor vessel wall and internals that directs coolant flow to the bottom of the core

3.6

CRSC

circuit de refroidissement de secours du cœur

3.7

APRP

accident de perte de réfrigérant primaire

3.8

surveillance

moyen prévu pour indiquer en permanence l'état ou les conditions dans lesquelles se trouve un système, un sous-système, un équipement ou un ensemble

[VEI 393-08-48]

3.9

SSPA

système de surveillance post-accidentel

3.10

réacteur à eau pressurisée (REP)

système d'alimentation en vapeur nucléaire dans lequel le fluide de refroidissement sous pression est chauffé par le cœur du réacteur et la vapeur du processus est générée dans le générateur de vapeur par transfert de la chaleur provenant du liquide de refroidissement

3.11

enceinte de confinement

structure enfermant le système de refroidissement du réacteur et les pièces des systèmes associés spécifiques, y compris les structures d'enceintes de confinement sous pression qui contiennent des éléments individuels dans certaines conceptions de centrales nucléaires

3.12

RCP

circuit primaire

3.13

cuve du réacteur

cuve qui contient le cœur du réacteur

3.14

RPR

système de protection du réacteur

3.15

inventaire en eau réduit

configuration volontaire d'exploitation pour la réalisation d'opérations de maintenance spécifiques chaque fois que le niveau d'eau dans la cuve du réacteur est plus bas que la partie supérieure de l'élévation de la buse de la tuyauterie de la branche chaude de la cuve du réacteur, plus une tolérance pour l'incertitude de la mesure du niveau d'eau

3.16

redondance

présence d'autres éléments ou systèmes (identiques ou différents) de sorte que l'un d'entre eux puisse remplir la fonction requise indépendamment de l'état de fonctionnement ou de la défaillance d'un autre

[IAEA 50-SG-D8]

3.6**ECCS**

emergency core cooling system

3.7**LOCA**

loss of coolant accident

3.8**monitoring**

means provided to indicate continuously the state or condition of a system, sub-system, equipment or assembly

[IEV 393-08-48]

3.9**PAMS**

post-accident monitoring system

3.10**pressurized water reactor (PWR)**

a nuclear steam supply system in which the pressurized coolant is heated by the reactor core, and process steam is generated in the steam generator by heat transfer from the coolant

3.11**reactor containment**

the structure that encloses the reactor coolant system and parts of specific associated systems, including the pressure containment structures that enclose individual components in some nuclear power plant designs

3.12**RCS**

reactor coolant system

3.13**reactor pressure vessel (RPV)**

the vessel which contains the reactor core

3.14**RPS**

reactor protection system

3.15**reduced inventory condition**

an intentional condition that exists during specific maintenance operations whenever water level in the RPV is lower than the top of the RPV hot leg piping nozzle elevation, plus an allowance for water level measurement uncertainty

3.16**redundancy**

provision of alternative (identical or diverse) elements or systems, so that any one can perform the required function regardless of the state of operation or failure of any other [IAEA 50-SG-D8]

3.17

circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA)

système d'évacuation de la chaleur résiduelle

3.18

critère de défaillance unique

critère appliqué à un système tel que celui-ci soit capable de remplir sa propre tâche de sûreté en présence de toute défaillance unique

[VEI 393-08-29]

3.19

RTV

accident de rupture de tuyauterie vapeur

3.20

eau sous-refroidie

eau à une température inférieure à la température de saturation pour la pression existante

[CEI 61343]

3.21

vapeur surchauffée

vapeur à une température supérieure à la température de saturation correspondant à la pression existante

[CEI 61343]

3.22

VVER – Réacteur de puissance eau à eau

conception de REP provenant des bureaux d'étude russes. Les caractéristiques principales incluent un système de refroidissement de réacteur à saturation et de nombreux modèles sont munis de générateurs de vapeur horizontaux.

4 Conditions opérationnelles

4.1 Généralités

Le refroidissement correct du cœur est nécessaire pour tous les modes et conditions de fonctionnement des centrales, y compris le fonctionnement en puissance, les états opérationnels transitoires, les conditions anormales et les états d'arrêt à chaud et à froid. L'annexe B contient les définitions des divers modes opérationnels et états de fonctionnement des centrales applicables aux VVER. Un refroidissement correct du cœur est confirmé par des mesures de la circulation du fluide de refroidissement via la cuve du réacteur à une température, une pression et un débit appropriés pour évacuer la chaleur du cœur.

La présente norme couvre les questions relatives à l'instrumentation pour la surveillance du refroidissement du cœur dans les REP de type VVER ayant des conceptions similaires à celles présentées aux figures 1 et 2. Ces configurations sont similaires par rapport aux exigences applicables au refroidissement du cœur, à l'exception des différences suivantes.

- Figure 1 (VVER-440): les vannes d'isolement à boucles permettent d'isoler les boucles du réacteur à des fins de maintenance. La chaleur résiduelle du cœur (VVER-440 première génération) est évacuée par la circulation naturelle en direction des générateurs de vapeur pendant les opérations de mise à l'arrêt après l'arrêt des pompes dans le circuit de refroidissement du réacteur. Les générateurs de vapeur sont refroidis par le RRA auxiliaire secondaire.

NOTE Certaines conceptions de VVER-440 (seconde génération ou après modernisation) ont des RRA primaires similaires aux conceptions VVER-1000.

3.17**RHRS**

residual heat removal system

3.18**single failure criterion**

criterion applied to a system so that it is capable of performing its safety task in the presence of any single failure

[IEV 393-08-29]

3.19**SLBA**

steam line break accident

3.20**subcooled water**

water at a temperature lower than the saturation temperature corresponding to the existing pressure

[IEC 61343]

3.21**superheated steam**

steam at a temperature higher than the saturation temperature corresponding to the existing pressure

[IEC 61343]

3.22**VVER: water to water power reactor**

a PWR design originating from Russian design agencies. Notable features include a subcooled reactor coolant system and many designs have horizontal steam generators

4 Operating conditions

4.1 General

The need for adequate core cooling exists for all plant operating modes and states, including normal power operation, operational transients, abnormal conditions and hot and cold shutdown operations. Annex B contains definitions of the various operating modes and plant operating states applied in VVERs. Adequate core cooling is confirmed by measurements of coolant circulation through the RPV at an appropriate temperature, pressure and flow to remove heat from the core.

This standard covers instrumentation considerations for monitoring core cooling in PWRs of VVER design with configurations similar those shown on figures 1 and 2. These configurations are similar relative to core cooling monitoring requirements except for the following differences:

- Figure 1 (VVER-440): Loop isolation valves allow loops to be isolated from the reactor for maintenance. Core residual heat (VVER-440 first generation) is removed by natural circulation to the steam generators during shutdown operations after the rundown of the pumps in the reactor coolant system. The steam generators are cooled by the secondary auxiliary RHRS.

NOTE Some VVER-440 designs (second generation or after modernization) have primary RHRSs similar to VVER-1000 designs.

- Figure 2 (VVER-1000): la chaleur résiduelle du cœur est évacuée par le système primaire d'évacuation de la chaleur résiduelle (RRA) pendant les opérations de mise à l'arrêt à froid. Les tuyaux d'aspiration du RRA sont connectés à la partie supérieure de la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur (branche chaude) ou à la partie inférieure de la tuyauterie d'entrée de la cuve du réacteur (branche froide). Un écoulement inverse du cœur permet de réduire le niveau de fluide de refroidissement du réacteur pendant les opérations de maintenance à un niveau inférieur à la partie supérieure de l'élévation de la buse de la tuyauterie d'entrée (branche froide) de la cuve du réacteur.

Les paragraphes 4.2 à 4.5 décrivent les conditions normales, anormales et accidentelles qui dépendent de la surveillance du refroidissement correct du cœur à l'intérieur du réacteur.

4.2 Fonctionnement en puissance normale

Pendant le fonctionnement en puissance normale, avec la puissance du réacteur $>2\%$, le refroidissement du cœur est surveillé par le système de protection du réacteur (RPR). En cas d'état transitoire anormal ou de condition accidentelle, tel qu'un accident de perte de fluide primaire (APRP) ou un accident de rupture de tuyauterie vapeur (RTV), le RPR déclenche un arrêt d'urgence du réacteur, entraînant le passage à l'arrêt à chaud. Le RPR couvre en conséquence les exigences applicables à la surveillance du fonctionnement en puissance normale: ces exigences ne sont pas traitées dans la présente norme.

4.3 Fonctionnement en arrêt à chaud

Le fonctionnement en arrêt à chaud inclut les modes de fonctionnement avec une puissance du réacteur $<2\%$, avec une température du fluide de refroidissement supérieure à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($212\text{ }^{\circ}\text{F}$), de telle sorte que l'ébullition et la possibilité de dégradation du refroidissement du cœur pourraient se produire dans le cas d'une réduction de pression et de la quantité de fluide de refroidissement. La chaleur résiduelle du cœur est normalement évacuée par la vapeur, des générateurs de vapeur vers le condenseur principal et ensuite vers les condenseurs de rejet du RRA secondaire dans les systèmes VVER 440 (figure 1) ou par le RRA primaire dans les systèmes VVER 1000 (figure 2).

Un refroidissement correct du cœur pendant les opérations normales et anormales de fonctionnement en arrêt à chaud est confirmé si la température du fluide de refroidissement au niveau du cœur, de la tuyauterie de sortie du cœur ou de la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur est saturée ou dans les limites établies par les analyses de sûreté et si la quantité de fluide de refroidissement est suffisante pour couvrir le cœur.

4.4 Conditions anormales et accidentelles

Le refroidissement correct du cœur est une considération essentielle pour la sûreté du réacteur. Les conditions transitoires anormales ou les accidents tels que la perte totale d'eau alimentaire, l'arrêt d'urgence des pompes primaires, la rupture d'un tuyau du générateur de vapeur, la fuite d'un barillet primaire du générateur de vapeur ou un APRP peuvent engendrer une perte de volume de fluide de refroidissement du réacteur et la dégradation du refroidissement du cœur et de l'évacuation de la chaleur résiduelle.

Des systèmes de sûreté spéciaux, par exemple les circuits de refroidissement de secours du cœur (CRSC), les circuits d'eau alimentaire de secours ou les systèmes d'injection de sûreté d'acide borique à haute pression sont disponibles pour maintenir le refroidissement du cœur, l'évacuation de la chaleur résiduelle et la sous-criticité du réacteur. La surveillance du refroidissement du cœur et du volume de fluide de refroidissement du réacteur est nécessaire pour commander le fonctionnement des systèmes de sûreté dans des conditions anormales ou accidentelles afin d'éviter des situations critiques pouvant potentiellement engendrer un endommagement du cœur.