

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60911

Première édition
First edition
1987-03

**Mesures pour surveiller la bonne réfrigération
du cœur des réacteurs à eau légère pressurisée**

**Measurements for monitoring adequate cooling
within the core of pressurized light water reactors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60911: 1987

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

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**

60911

Première édition
First edition
1987-03

**Mesures pour surveiller la bonne réfrigération
du cœur des réacteurs à eau légère pressurisée**

**Measurements for monitoring adequate cooling
within the core of pressurized light water reactors**

© IEC 1987 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

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE.....	4
PREFACE.....	4
INTRODUCTION.....	6
Articles	
1. Domaine d'application et objet.....	6
2. Terminologie.....	8
2.1 Domaine d'application des termes.....	8
2.2 Définitions.....	8
3. Conditions anormales d'arrêt.....	10
3.1 Fluide sous-refroidi.....	10
3.2 Fluide saturé.....	12
3.3 Fluide surchauffé.....	12
4. Prescriptions pour l'instrumentation.....	12
4.1 Mesures pour l'état sous-refroidi.....	14
4.2 Mesures pour l'état saturé.....	14
4.3 Mesures pour les conditions de surchauffe.....	20
5. Présentation de l'information.....	20
6. Classe de sûreté de l'instrumentation.....	20
7. Qualification.....	20
ANNEXE A - Analyse thermodynamique du circuit primaire.....	22
A1. Généralités.....	22
A2. Evaluation des conditions thermodynamiques.....	22
A3. Paramètres de visualisation.....	24
A4. Exemples de visualisations.....	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE.....	5
INTRODUCTION.....	7
Clause	
1. Scope and object.....	7
2. Terminology.....	9
2.1 Scope of terms.....	9
2.2 Definitions.....	9
3. Abnormal shutdown operating conditions.....	11
3.1 Subcooled coolant.....	11
3.2 Saturated coolant.....	13
3.3 Superheated coolant.....	13
4. Instrumentation requirements.....	13
4.1 Measurements for subcooled condition.....	15
4.2 Measurements for saturated condition.....	15
4.3 Measurements for superheated condition.....	21
5. Presentation of information.....	21
6. Safety classification of the equipment.....	21
7. Qualification.....	21
APPENDIX A - Thermodynamic analysis of the reactor coolant system.....	23
A1. General.....	23
A2. Assessment of thermodynamic conditions.....	23
A3. Display parameters.....	25
A4. Examples of displays.....	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES POUR SURVEILLER LA BONNE RÉFRIGÉRATION DU CŒUR DES RÉACTEURS À EAU LÉGÈRE PRESSURISÉE

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
45A(BC)91	45A(BC)95

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

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 780 (1984): Qualification des constituants électriques du système de sûreté des centrales électronucléaires.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENTS FOR MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN
THE CORE OF PRESSURIZED LIGHT WATER REACTORS**

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 rules 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 standard has been prepared by Sub-Committee 45A: Reactor Instrumentations, of IEC Technical Committee No. 45: Nuclear Instrumentation.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
45A(CO)91	45A(CO)95

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

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 780 (1984): Qualification of Electrical Items of the Safety System for Nuclear Power Generating Stations.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES POUR SURVEILLER LA BONNE RÉFRIGÉRATION DU CŒUR DES RÉACTEURS À EAU LÉGÈRE PRESSURISÉE

INTRODUCTION

La seule façon d'obtenir un refroidissement correct du cœur du réacteur est de faire circuler le fluide de refroidissement à un débit suffisant pour extraire la chaleur produite dans le cœur. Dans les conditions normales de puissance, le refroidissement du cœur est surveillé correctement par les mesures habituelles de protection du réacteur. Le fluide est généralement injecté par circulation forcée afin de faciliter le transfert de chaleur. Il est toutefois possible, dans certaines conditions anormales d'arrêt, d'avoir une circulation naturelle du fluide ou même une absence de circulation.

Le fluide peut se présenter sous une phase ou sur deux phases, comme suit:

- a) une phase: soit un liquide, de la vapeur, ou un mélange de vapeur et de gaz;
- b) deux phases: un mélange de liquide et de vapeur/gaz.

On doit prévoir un nombre suffisant de mesures du bilan en fluide de refroidissement, dont la mesure du niveau fait partie, pour surveiller que le refroidissement correct du cœur est réalisé dans ces conditions anormales pour lesquelles l'action de l'opérateur peut s'avérer nécessaire, ou si une confirmation de la situation du bilan en fluide est utile.

Une mesure du sous-refroidissement et de son historique doit aussi être prévue pour aider l'opérateur et lui permettre d'éviter ces conditions anormales.

1. Domaine d'application et objet

La présente norme est applicable aux réacteurs à eau légère pressurisée.

Sous certaines conditions anormales de fonctionnement d'un réacteur à eau légère pressurisée (REL), l'expérience montre qu'il peut exister simultanément deux phases (eau et vapeur) et parfois deux niveaux dans les différentes parties du circuit primaire. On peut avoir un niveau dans la cuve du réacteur et un niveau différent dans le pressuriseur. Cela n'avait pas été pleinement pris en compte lors de la spécification initiale de l'instrumentation de la filière à eau pressurisée.

Cette norme a pour but de définir des prescriptions pour une instrumentation supplémentaire permettant la mesure des paramètres de refroidissement appropriés quand des conditions anormales apparaissent avec, soit une ou deux phases dans le fluide réfrigérant, soit du gaz dans la cuve du réacteur.

Les utilisateurs de REL peuvent disposer d'une telle instrumentation, destinée à présenter une information sur les conditions de refroidissement afin de permettre à l'opérateur de décider des actions nécessaires pour maintenir le refroidissement correct du cœur.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENTS FOR MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN
THE CORE OF PRESSURIZED LIGHT WATER REACTORS****INTRODUCTION**

Adequate cooling of the reactor core can be achieved only by providing a sufficient amount of coolant flow to the core to remove the heat. Under normal power conditions, cooling of the core is adequately monitored by the normal reactor protection measurements. Normally, the coolant is force circulated to facilitate the heat transfer. However, during certain abnormal shutdown conditions, the coolant might circulate naturally or the coolant might even become stationary.

The coolant can be in one phase or two phases :

- a) one phase: either liquid, or steam, or a mixture of steam and gas.
- b) two phases: a mixture of liquid and steam/gas.

Sufficient measurements of the coolant inventory shall be provided, of which the level measurement is a part, to monitor that adequate cooling is being achieved under those abnormal conditions for which operator action may be needed or for which confirmation of coolant inventory status is of value.

Measurement of the subcooling and its time history shall also be provided to assist the operator in avoiding those abnormal conditions.

1. Scope and object

This standard is applicable to pressurized light water reactors.

Experience has shown that in a pressurized light water reactor (PWR) system, under certain abnormal conditions, two phases (water and steam) and sometimes two levels can exist simultaneously in different parts of the reactor coolant system. This may appear as one level in the reactor vessel and a different level in the pressurizer. This was not considered fully when PWR instrumentation was originally specified.

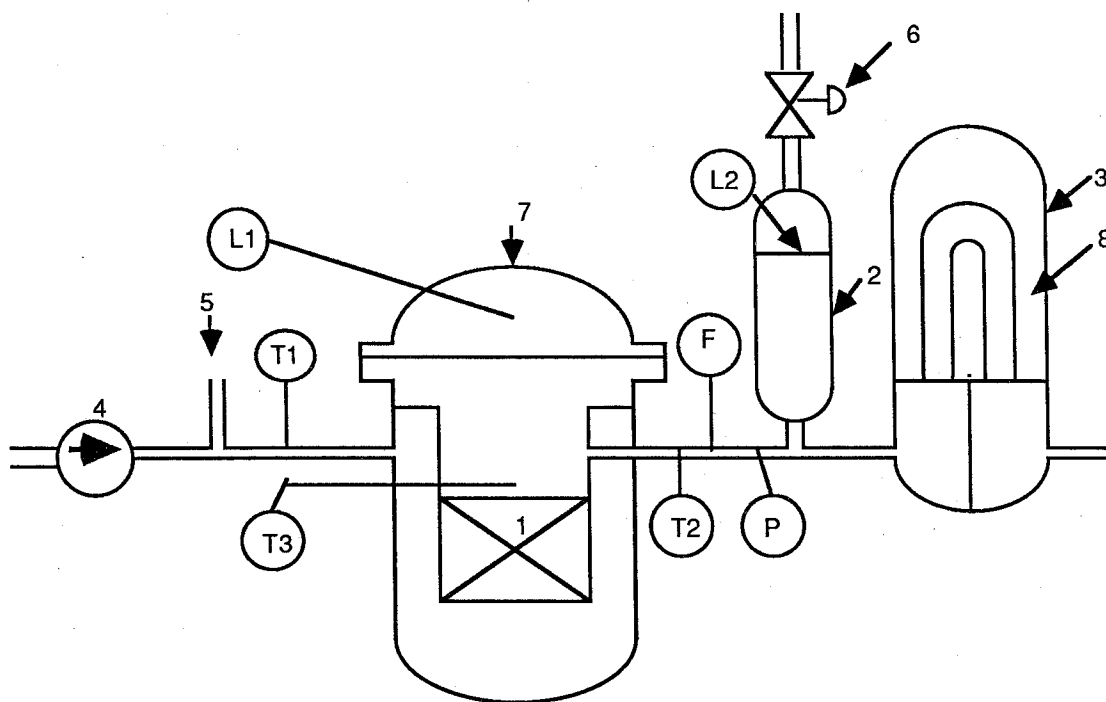
The objective of this standard is to define requirements for additional instrumentation to measure coolant parameters, which are of interest when abnormal conditions arise with either one or two phases of coolant or with gas included in the reactor vessel.

PWR users can acquire this instrumentation to present information on coolant conditions, in order to assist the operator to decide on actions needed to maintain adequate core cooling.

2. Terminologie

2.1 Domaine d'application des termes

Dans la présente norme, les termes concernant le refroidissement du réacteur et ceux relatifs aux composants primaires et à l'instrumentation d'un REL sont indiqués à la figure 1.



COMPOSANTS

- 1 = Cœur
- 2 = Pressuriseur
- 3 = Générateur de vapeur
- 4 = Pompe primaire de refroidissement
- 5 = Injection de sécurité
- 6 = Système de décharge de pression
- 7 = Cuve du réacteur
- 8 = Fluide réfrigérant secondaire

INSTRUMENTATION

- L1 = Niveau d'eau dans la cuve
- L2 = Niveau d'eau du pressuriseur
- P = Pression du fluide primaire
- F = Débit de refroidissement
- T1 = Température d'entrée réacteur
- T2 = Température sortie réacteur
- T3 = Température sortie cœur

Fig. 1. - Circuit primaire de refroidissement.

Les termes "doit", "il convient de/que", "doit en principe", "il y a lieu de" et "peut être" sont en accord avec les usages de la CEI.

2.2 Définitions

Les définitions suivantes sont applicables pour les besoins de la présente norme. Sauf spécification contraire donnée dans cette norme, la température et la pression sont celles à la sortie du cœur.

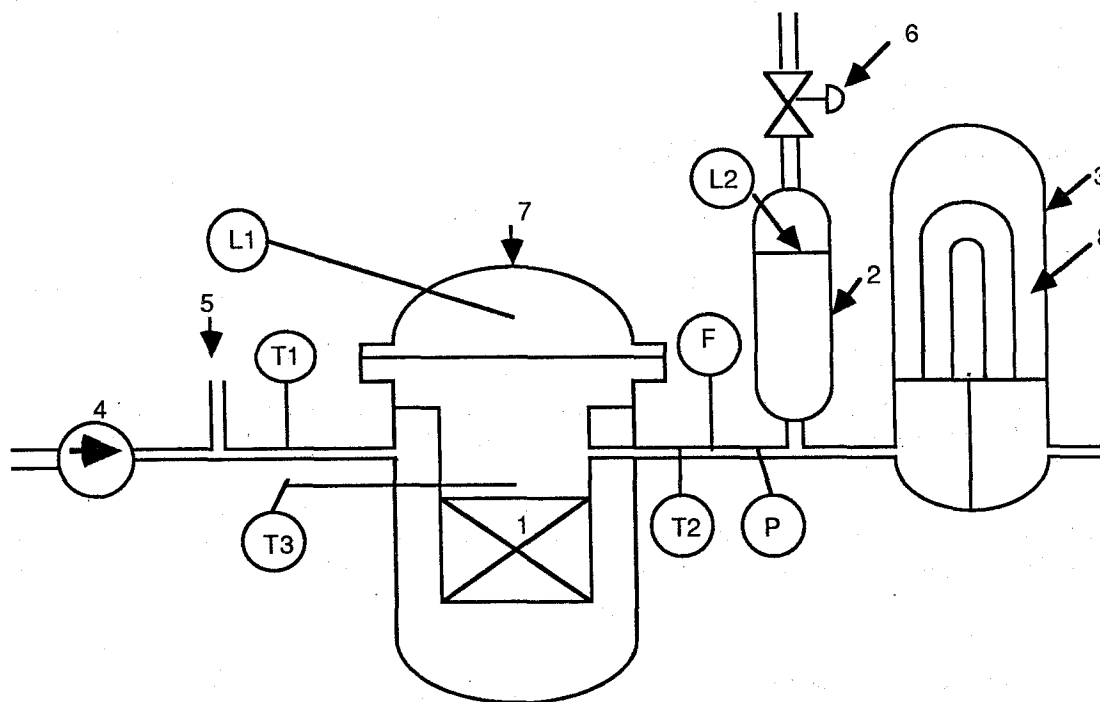
2.2.1 Sous-refroidissement et surchauffe

- Le sous-refroidissement est caractérisé par la différence positive entre la température de saturation à la pression existant dans le liquide et la température du liquide en ce point.

2. Terminology

2.1 Scope of terms

In this standard, the references are to the reactor coolant of a PWR with primary components and measurements as indicated in Figure 1.



COMPONENTS

- 1 = Core
- 2 = Pressurizer
- 3 = Steam generator
- 4 = Reactor coolant pump
- 5 = Safety injection
- 6 = Pressure relief system
- 7 = Reactor vessel
- 8 = Secondary coolant

INSTRUMENTATION

- L1 = Reactor vessel coolant level
- L2 = Pressurizer coolant level
- P = Reactor coolant pressure
- F = Coolant flow
- T1 = Reactor inlet temperature
- T2 = Reactor outlet temperature
- T3 = Core exit temperature

Fig. 1. - Reactor coolant system.

The terms "shall", "should" and "may be" are in accordance with IEC usage.

2.2 Definitions

For the purposes of this standard, the following definitions are applicable. If not otherwise specified in this standard, temperature and pressure refer to core exit temperature and pressure.

2.2.1 Subcooling and superheating

- Subcooling is the difference by which the saturation temperature corresponding to the pressure existing in the liquid exceeds the liquid temperature at that point.

- La surchauffe est caractérisée par la différence négative entre la température de saturation à la pression existant dans la vapeur et la température de la vapeur en ce point.

2.2.2 Vide

Volume occupé par la vapeur ou par le gaz. Cette définition s'applique à la fois aux bulles dispersées dans une phase liquide ou dans des volumes homogènes importants.

2.2.3 Fraction de vide

Rapport entre le vide et le volume total.

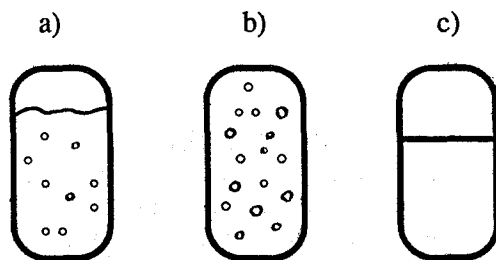
2.2.4 Niveau de liquide

Niveau de la surface horizontale séparant le liquide de la vapeur ou du gaz.

2.2.5 Niveau de liquide équivalent

Niveau qui existerait dans la cuve du réacteur si les phases vapeur et eau du fluide de refroidissement étaient complètement séparées et qui est aussi appelé niveau critique.

Différentes distributions de vide peuvent avoir le même niveau de liquide équivalent ainsi que le montrent les croquis a), b) et c) suivants:



Le croquis c) illustre le niveau équivalent correspondant au même volume de liquide que celui des croquis a) et b)

3. Conditions anormales d'arrêt

Il convient de considérer cet article en relation avec l'analyse de sûreté de la centrale pour les conditions normales et les conditions anormales d'arrêt. Cet article donne des explications sur les conditions anormales pour lesquelles cette instrumentation est utilisée et sa relation avec les conditions normales d'arrêt. Il y a lieu aussi de noter que l'instrumentation pour la mesure du niveau d'eau dans la cuve du réacteur peut être utilisée par l'opérateur pour lui indiquer le niveau de l'eau pendant les phases normales de remplissage et de vidange du réacteur (par exemple en période de rechargement).

3.1 Fluide sous-refroidi

Un refroidissement correct du cœur du réacteur est normalement assuré quand tout le fluide de la cuve du réacteur est sous-refroidi soit par circulation forcée, soit par circulation naturelle.