

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
1250**

Première édition  
First edition  
1994-01

---

---

**Réacteurs nucléaires –  
Systèmes d'instrumentation et de  
contrôle-commande pour la sûreté –  
Détection des fuites dans les systèmes  
de refroidissement**

**Nuclear reactors –  
Instrumentation and control systems  
important for safety –  
Detection of leakage in coolant systems**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1250: 1994

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> 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  
1250**

Première édition  
First edition  
1994-01

---

---

**Réacteurs nucléaires –  
Systèmes d'instrumentation et de  
contrôle-commande pour la sûreté –  
Détection des fuites dans les systèmes  
de refroidissement**

**Nuclear reactors –  
Instrumentation and control systems  
important for safety –  
Detection of leakage in coolant systems**

© CEI 1994 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**N**

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

SOMMAIRE

	Pages
Avant-propos.....	4
Introduction.....	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	10
4 Classification et sources des fuites.....	12
4.1 Classification des fuites.....	14
4.2 Sources potentielles de fuites contrôlées.....	14
5 Prescriptions générales de conception et d'essais.....	14
5.1 Systèmes principaux de surveillance des fuites non contrôlées.....	14
5.2 Performances du système de détection des fuites du fluide réfrigérant.....	16
5.3 Classification de sûreté.....	16
5.4 Collecte et mesure des fuites contrôlées.....	16
5.5 Surveillance des fuites inter-systèmes.....	16
5.6 Disponibilité du système.....	16
5.7 Sources d'alimentation.....	18
5.8 Documentation de la conception de base.....	18
6 Prescriptions spécifiques pour l'instrumentation de détection des fuites.....	18
6.1 Détection des fuites par la surveillance du niveau des puisards et/ou du refoulement des pompes de puisard.....	18
6.2 Détection des fuites par la surveillance des rayonnements.....	20
6.3 Collecte des écoulements de condensats de réfrigérant atmosphérique de l'enceinte de confinement pour la détection des fuites.....	20
6.4 Inventaire du fluide réfrigérant du réacteur.....	20
6.5 Détection des fuites par la surveillance de l'humidité.....	22
6.6 Surveillance acoustique des fuites.....	22
6.7 Détection des fuites par la surveillance de la température.....	22
6.8 Surveillance de la pression de l'enceinte du réacteur.....	24
6.9 Capteurs d'humidité à bande pour la détection des fuites.....	24
6.10 Observations visuelles.....	24
7 Prescriptions sur l'opérabilité du système.....	24
Tableau 1 — État récapitulatif des performances des appareils de surveillance des fuites.....	28

## CONTENTS

	Page
Foreword.....	5
Introduction.....	7
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references.....	9
3 Definitions.....	11
4 Leakage classification and sources.....	13
4.1 Leakage classification.....	15
4.2 Potential identified leakage sources.....	15
5 General design and testing requirements.....	15
5.1 Principal monitoring systems for unidentified leakage.....	15
5.2 Coolant leakage detection system performance.....	17
5.3 Safety classification.....	17
5.4 Collecting and measuring identified leakages.....	17
5.5 Monitoring intersystem leakage.....	17
5.6 System availability.....	17
5.7 Power sources.....	19
5.8 Design basis documentation.....	19
6 Specific leakage detection instrument requirements.....	19
6.1 Sump level and/or sump pump discharge flow monitoring leakage detection.....	19
6.2 Radiation monitoring leakage detection.....	21
6.3 Containment air cooler condensate flow collection for leakage detection.....	21
6.4 Reactor coolant inventory.....	21
6.5 Humidity monitoring leakage detection.....	23
6.6 Acoustic monitoring leakage detection.....	23
6.7 Temperature monitoring leakage detection.....	23
6.8 Reactor containment pressure monitoring.....	25
6.9 Tape moisture sensors for leakage detection.....	25
6.10 Visual observations.....	25
7 System operability requirements.....	25
Table 1 — Summary of leakage monitoring instrument capabilities.....	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉACTEURS NUCLÉAIRES — SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION ET DE  
CONTRÔLE-COMMANDE POUR LA SÛRETÉ —  
 DÉTECTION DES FUITES DANS LES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord internationale sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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 du 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.

La Norme internationale CEI 1250 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:

DIS	Rapport de vote
45A(BC)137	45A(BC)140

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR REACTORS —  
INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT FOR SAFETY —  
DETECTION OF LEAKAGE IN COOLANT SYSTEMS**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a world-wide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation 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 Standardization Organization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) 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 subject dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

International Standard IEC 1250 has been prepared by sub-committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

DIS	Report on voting
45A(CO)137	45A(CO)140

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

## Introduction

La détection des fuites du réfrigérant du réacteur et des systèmes associés (RRSA) dans l'enceinte de confinement du réacteur d'une centrale nucléaire est prescrite, en appui du concept de «fuite avant rupture», et de détection précoce d'anomalies par rapport au fonctionnement normal. Les prescriptions internationales applicables pour la détection des fuites du RRSA sont spécifiées dans le guide de sûreté de l'AIEA 50-SG-D13.

Les dimensions, la capacité et la conception des centrales nucléaires peuvent varier considérablement d'une centrale à l'autre. Il est donc recommandé que les méthodes existantes de détection des fuites et les prescriptions spécifiques de détection soient examinées individuellement par le concepteur pour déterminer si un système de détection de fuites convient pour une centrale particulière.

La détection des fuites dans les systèmes sous pression est nécessaire car les petites fuites sont susceptibles de se transformer en fuites plus importantes ou en ruptures. Pendant le fonctionnement du réacteur, la détection des fuites dans des parties non isolables du RRSA est importante pour permettre l'identification précoce de défauts mineurs avant que ceux-ci n'évoluent en une rupture de canalisation ou de composant qui risquerait de provoquer un accident de perte de réfrigérant.

Il est recommandé que l'instrumentation de détection des fuites fasse la différence entre les fuites admissibles et les fuites anormales, et soit assez sensible pour faciliter la détection de petites fuites et répondre aux prescriptions de radioprotection pour le personnel dans l'enceinte de confinement, de manière à éviter le déclenchement d'alarmes de fuites intempestives.

## Introduction

Detection of leakage from the reactor coolant and associated systems (RCAS) into the reactor containment of a nuclear power plant is required, in support of the concepts of "leak before break", and early detection of developing deviation from normal operation. The applicable international requirement for RCAS leak detection is specified in the IAEA safety guide 50-SG-D13.

Nuclear power plants vary widely in size, capacity, and design. Available leakage detection methods and specific plant leakage detection requirements should be individually examined by the designer to determine the suitability of a leakage detection system for a particular plant.

Leakage detection from pressurized systems is needed because small leaks may develop into larger leaks or ruptures. During reactor operation, detection of leakage from non-isolable portions of the RCAS is important to allow early identification of minor flaws before they can develop into a pipe break or component rupture that could result in a loss of coolant accident.

Leakage detection instrumentation should differentiate between allowable and abnormal leakages. It should be sensitive enough to facilitate detection of small leaks and it should meet health physics requirements for personnel within the containment. The sensitivity should be selected, however, to avoid spurious leakage alarms.

# RÉACTEURS NUCLÉAIRES — SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION ET DE CONTRÔLE-COMMANDE POUR LA SÛRETÉ — DÉTECTION DES FUITES DANS LES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT

## 1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale définit les prescriptions pour l'instrumentation nécessaire pour détecter les fuites dans les systèmes de refroidissement des réacteurs nucléaires à eau légère. Elle décrit les méthodes de détection des fuites et les caractéristiques des différentes méthodes de détection et de différenciation des fuites admissibles et anormales.

Elle présente la sensibilité des systèmes nécessaires pour permettre une détection précoce des fuites en évolution et pour avertir des situations éventuelles de fuites avant rupture, et elle donne des recommandations pour réduire les alarmes intempestives.

La présente norme donne des recommandations pour l'affichage des données sous une présentation claire et concise pour permettre des actions appropriées des opérateurs afin de réduire les risques pour le matériel et le personnel. Des prescriptions y sont données pour l'enregistrement et la consignation, et pour la sommation des signaux individuels pour détecter les tendances.

La présente norme a pour but de définir les prescriptions pour les données nécessaires à la détection des fuites, de manière à les présenter d'une manière logique et afficher les informations pour permettre à l'opérateur de prendre les actions appropriées. La présente norme a en outre pour objectif de normaliser les critères, les méthodes et les procédures pour assurer la conception et l'adéquation opérationnelle des systèmes de détection des fuites du réfrigérant du réacteur et des systèmes associés (RRSA) utilisés dans les réacteurs nucléaires à eau légère.

## 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. Au moment de la publication de cette norme, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et 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. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI Dictionnaire multilingue:1992, *Electricité, Electronique et Télécommunications*

CEI 910:1988, *Instrumentation de surveillance du confinement pour la détection rapide d'écarts évolutifs par rapport au fonctionnement normal dans les réacteurs à eau ordinaire*

CEI 911:1987, *Mesures pour surveiller la bonne réfrigération du cœur des réacteurs à eau légère pressurisée*

CEI 980:1989, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

CEI 1225:1993, *Centrales nucléaires — Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande pour la sûreté — Prescriptions pour les alimentations électriques*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D9:1985, *Conception de la protection radiologique dans les centrales nucléaires*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D12:1985, *Conception des systèmes d'enceinte de confinement du réacteur*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D13:1986, *Réfrigérant du réacteur et systèmes associés dans les centrales nucléaires*

ISA-S67.03:1982, *Norme pour la détection des fuites dans le périmètre sous pression du réfrigérant dans les réacteurs à eau ordinaire*

## NUCLEAR REACTORS – INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT FOR SAFETY – DETECTION OF LEAKAGE IN COOLANT SYSTEMS

### 1 Scope and object

This International Standard defines the requirements for instrumentation needed to detect leakage from reactor coolant systems of light water nuclear reactors. Methods of leak detection are described, and characteristics of different methods of detection and of differentiating between allowable and abnormal leakages are given.

The sensitivity of systems required to ensure early detection of developing leaks and to give warning of possible leak-before-break situations is considered, and recommendations are given to reduce spurious alarms.

Recommendations are given for data display which will allow presentation in a clear and concise manner to enable operators to take appropriate actions to minimize the risk of hazard to plant equipment and to personnel. The requirements are given for recording and logging, as well as for summation of individual signals to detect trends.

The object of this standard is to define the requirements for leakage detection data, for arranging it in a logical manner, and for displaying information to enable the operator to take appropriate action. A secondary objective of this standard is to standardize criteria, methods and procedures for assuring the design and operational adequacy of the reactor coolant and associated systems (RCAS) leakage detection systems used in light water cooled nuclear reactors.

### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and 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. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC Multilingual dictionary:1992, *Electricity, Electronics and Telecommunications*

IEC 910:1988, *Containment monitoring instrumentation for early detection of developing deviations from normal operation in light water reactors*

IEC 911:1987, *Measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors*

IEC 980:1989, *Recommended practices for seismic qualification of electric equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 1225:1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Requirements for electrical supplies*

IAEA Safety Guide 50-SG-D9:1985, *Design aspects of radiation protection in nuclear power plants*

IAEA Safety Guide 50-SG-D12:1985, *Design of the reactor containment systems in nuclear power plants*

IAEA Safety Guide 50-SG-D13:1986, *Reactor coolant and associated systems in nuclear power plants*

ISA-S67.03:1982, *Standard for light water reactor coolant pressure boundary leak detection*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

3.1 **zone accessible:** Zone d'accès normal ou occasionnel par le personnel de la centrale pour la réalisation des fonctions de routine pendant le fonctionnement normal de la centrale et selon les procédures de radioprotection en vigueur.

3.2 **précision:** Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à donner une valeur indiquée proche de la vraie valeur correspondante de la grandeur mesurée. (Voir le dictionnaire multilingue de la CEI.)

3.3 **réacteur à eau bouillante (REB):** Système nucléaire de production de vapeur dans lequel la production de vapeur est obtenue dans la cuve du réacteur.

3.4 **étalonnage:** Ajustement d'un dispositif ou d'une série de dispositifs, effectué dans le but d'amener la sortie à une valeur désirée, dans des tolérances spécifiées, pour une valeur particulière de l'entrée.

3.5 **fluide réfrigérant:** Fluide contenu dans l'enceinte sous pression du réacteur.

3.6 **système d'instrumentation nucléaire important pour la sûreté (SIS):** Système d'instrumentation de sûreté et système lié à la sûreté qui est essentiel pour:

- a) l'arrêt d'urgence du réacteur;
- b) l'isolation de l'enceinte de confinement du réacteur;
- c) le refroidissement du cœur du réacteur;
- d) l'évacuation de chaleur du réacteur;
- e) l'intégrité de l'enceinte de confinement du réacteur;
- f) la prévention ou la réduction d'un rejet significatif de matières radioactives dans l'environnement ou, d'une autre manière, pour permettre une assurance raisonnable qu'une centrale nucléaire peut fonctionner sans risque excessif pour la santé et la sécurité du personnel de la centrale et du public.

3.7 **orifice:** Ouverture, si petite soit-elle, permettant le passage indésirable d'un fluide hors de ses limites de confinement.

3.8 **fuite:** Fluide qui passe à travers un orifice.

- a) **fuite anormale:** Fuite du RRSA considérée comme dépassant les limites données dans les spécifications de sûreté.
- b) **fuite admissible:** Fuite définie dans les spécifications de fonctionnement ou les spécifications de sûreté des centrales dont le dépassement nécessite, suivant les cas, une modification ou une interruption du fonctionnement de la centrale pour effectuer les actions correctives permettant de ramener la fuite à des valeurs permises.
- c) **fuite identifiée:** Voir 4.1.
- d) **débit de fuite:** Débit exprimé en unités volumiques SI par unité de temps, aux conditions normales de température (20 °C) et de pression (100 kPa).
- e) **fuite non identifiée:** Voir 4.1.

3.9 **système d'instrumentation de surveillance des fuites:** Système qui fournit des informations sur les fuites du RRSA permettant à l'opérateur d'entreprendre une action.

### 3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 **accessible area:** Area routinely or periodically entered by plant personnel in the performance of routine functions during normal plant operation and in accordance with applicable health physics procedures.

3.2 **accuracy:** Quality which characterizes the closeness of an indicated value of a measuring device to the corresponding true value. (See IEC Multilingual dictionary.)

3.3 **boiling water reactor (BWR):** Nuclear steam supply system in which process steam is generated in the reactor vessel.

3.4 **calibration:** Adjustment of a device or series of devices, in order to bring the output to a desired value within a specified tolerance for a particular value of input.

3.5 **coolant:** Fluid contained within the reactor pressure boundary.

3.6 **instrumentation system important to safety:** Safety and safety-related instrumentation system which is essential to:

- a) emergency reactor shutdown;
- b) reactor containment isolation;
- c) reactor core cooling;
- d) reactor heat removal;
- e) reactor containment integrity;
- f) prevention or mitigation of a significant release of radioactive material to the environment, or otherwise to provide reasonable assurance that a nuclear power plant can be operated without undue risk to the health and safety of plant personnel and the public.

3.7 **leak:** Opening, however small, that allows undesirable passage of a fluid from its containing boundaries.

3.8 **leakage:** Fluid that passes through a leak.

a) **abnormal leakage:** Leakage from the RCAS which is considered to be in excess of safety specification allowances.

b) **allowable leakage:** Leakage value defined in plant operational and safety specifications, above which plant operation is to be altered or interrupted as necessary to perform corrective actions to reduce the leakage to allowable values.

c) **identified leakage:** See 4.1.

d) **leakage rate:** Leakage expressed in volumetric SI units per unit of time at normal conditions of temperature (20 °C) and pressure (100 kPa) (NTP).

e) **unidentified leakage:** See 4.1.

3.9 **leakage monitoring instrument system:** System that provides information about RCAS leakage conditions so that the operator can take action.

**3.10 réacteur à eau sous pression (REP):** Système nucléaire de production de vapeur dans lequel le fluide réfrigérant pressurisé est réchauffé par le cœur du réacteur et la production de vapeur est obtenue dans un générateur de vapeur par transfert de chaleur à partir du fluide réfrigérant.

**3.11 enceinte de confinement du réacteur:** Structure qui renferme le circuit primaire de refroidissement et les parties des circuits associés spécifiques, y compris les structures sous pression qui renferment les composants spécifiques dans certaines centrales nucléaires.

**3.12 réfrigérant du réacteur et des systèmes associés (RRSA):** Tous les composants sous pression des REB et REP, tels que les cuves sous pression, les canalisations, les pompes et vannes, qui font:

- a) partie du système de refroidissement du réacteur (SRR), ou
- b) partie des systèmes directement associés au SRR et qui remplissent les fonctions suivantes:
  - refroidissement de secours du cœur;
  - évacuation de la chaleur résiduelle;
  - contrôle chimique, contrôle de la pureté et gestion de l'inventaire;
  - transfert de masse et de chaleur, et conversion en vapeur par le circuit vapeur principal et le système d'alimentation en eau ou le système d'alimentation en eau de secours. Pour les REB, cela est limité aux parties non comprises dans le SRR;
  - transfert de chaleur par l'intermédiaire de boucles de réfrigérant des systèmes contenant le réfrigérant du réacteur vers la source froide d'ultime secours et qui sont raccordés jusqu'au SRR et comprennent:
    - i) la vanne d'isolement d'extrémité des tuyauteries qui pénètre dans l'enceinte de confinement du réacteur;
    - ii) la seconde des deux vannes des tuyauteries normalement fermées pendant le fonctionnement normal du réacteur et qui ne pénètre pas dans l'enceinte de confinement du réacteur;
    - iii) les vannes de sûreté et de décharge du SRR.

Pour les réacteurs nucléaires de puissance de type à eau bouillante à cycle direct, le système de refroidissement du réacteur s'étend jusqu'à et y compris la vanne d'isolement d'extrémité de l'enceinte dans les canalisations principales de vapeur et d'alimentation en eau.

**3.13 sensibilité:** Quotient d'une modification de la valeur de l'information de sortie à la modification de la valeur de la grandeur d'entrée qui l'a produite. (Voir le dictionnaire multilingue de la CEI.)

**3.14 constante de temps:** Temps nécessaire à l'amplitude d'une exponentielle décroissante pour décroître jusqu'à la valeur de  $1/e = 0,3679$  fois l'amplitude initiale. (Voir le dictionnaire multilingue de la CEI.)

**3.15 temps de réponse de l'instrumentation:** Grandeur de sortie exprimée en fonction du temps, résultant de l'application d'une grandeur d'entrée spécifiée dans des conditions de fonctionnement spécifiées.

#### 4 Classification et sources des fuites

L'importance des fuites du RRSA dépend de l'emplacement de l'orifice de la fuite, de son débit, de sa durée et de la nature de sa trajectoire. Les fissures ou défauts traversants sont les plus difficiles à détecter et à contrôler parce qu'ils peuvent apparaître en tout point du RRSA. Ce type de fuite est particulièrement préoccupant car il peut se développer à partir de la combinaison imprévue de défauts internes et de contraintes externes dans une partie non isolable du RRSA. La majorité des fuites se présente sous forme de vapeur; des moyens adaptés de condensation ou de piégeage peuvent donc être nécessaires.

**3.10 *pressurized water reactor (PWR)*:** Nuclear steam supply system in which the pressurized coolant is heated by the reactor core, and the process steam is generated in a steam generator by heat transfer from the coolant.

**3.11 *reactor containment*:** Structure which encloses the reactor coolant system and parts of specific associated systems, including the pressure containing structures which enclose individual components in some nuclear power plant designs.

**3.12 *reactor coolant and associated systems (RCAS)*:** All pressure-containing components of BWRs and PWRs, such as pressure vessels, piping, pumps and valves, which are:

- a) part of the reactor coolant system (RCS), or
- b) part of systems directly associated with the RCS and which perform functions such as:
  - emergency core cooling;
  - residual heat removal;
  - reactor coolant chemical, purity and inventory control;
  - transfer of mass and heat and conversion to steam by the main steam and feedwater system or emergency feedwater system. For BWR designs, this is limited to those portions not included in the RCS;
  - transfer of heat by intermediate cooling loops from systems containing reactor coolant to the ultimate heat sink, and which are connected to the RCS up to and including:
    - i) the outermost reactor containment isolation valve in system piping which penetrates the reactor containment;
    - ii) the second of two valves normally closed during normal operation of the reactor in system piping which does not penetrate the reactor containment;
    - iii) the RCS safety and relief valves.

For nuclear power reactors of the direct cycle boiling water type, the reactor coolant system extends to and includes the outermost containment isolation valve in the main steam and feedwater piping.

**3.13 *sensitivity*:** Quotient of a change in the output information to the change in the input quantity which has produced it. (See IEC Multilingual dictionary.)

**3.14 *time constant*:** Time required for the amplitude of an exponentially decaying field quantity to decrease to  $1/e = 0,3679$  times an initial amplitude. (See IEC Multilingual dictionary.)

**3.15 *time response of instrumentation*:** Output expressed as a function of time, resulting from the application of a specified input under specified operating conditions.

#### **4 Leakage classification and sources**

The significance of leakage from the RCAS depends upon the location of the leak, the leakage rate, the duration and the nature of the leakage flow path. Through-wall cracks or flaws are the most difficult to detect and monitor because they can occur at any RCAS location. This type of leak is of most concern because the leak may develop from some unpredicted combination of internal defects and external stresses in a non-isolable portion of the RCAS. The majority of leakages will be in the form of vapor, and therefore suitable condensing or trapping means may be needed.

#### 4.1 Classification des fuites

Dans la surveillance des fuites, un des soucis majeurs est l'aptitude à différencier les fuites non contrôlées à partir du RRSA et les fuites en provenance de sources contrôlables dans l'enceinte de confinement du réacteur. Cette capacité est essentielle pour l'évaluation rapide et fiable des conditions de fonctionnement de la centrale. La classification suivante des fuites, utilisée dans la présente norme, facilite l'identification des sources de fuite et l'interprétation de leurs données:

*Fuites contrôlées:*

- a) fuites dans les systèmes de collecte, par exemple fuites de joints de pompes ou de garnitures de vannes, qui sont collectées et mesurées, ou
- b) fuites dans l'enceinte de confinement du réacteur qui remplissent les conditions suivantes:
  - les orifices ont été spécifiquement localisés et le débit a été quantifié;
  - les orifices ne sont ni des fissures ni des défauts du RRSA.

Un exemple de b) est une fuite quantifiée de l'eau de refroidissement de composant.

*Fuites non contrôlées*

Fuites dans l'enceinte de confinement du réacteur non classées en fuites contrôlées.

*Fuites inter-systèmes*

Fuites du fluide de refroidissement à travers les barrières passives du RRSA, telles que les tubes d'échange de chaleur ou les plaques tubulaires vers d'autres systèmes fermés, ou à travers des barrières actives telles que les vannes d'isolement. Ce type de fuite n'est pas normalement rejeté dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement du réacteur et répond à une classification séparée.

#### 4.2 Sources potentielles de fuites contrôlées

Les variations de conception des centrales ne permettent pas de dresser la liste unique définitive de toutes les sources de fuite potentielles. Cependant, les sources probables de fuite peuvent être supposées dès la conception de la centrale, ce qui permet de prévoir des systèmes de détection, de mesure et de collecte (reprise de fuites) appropriés. La collecte et l'isolation des fuites à partir de sources contrôlées accroît la capacité de surveillance des fuites non contrôlées. Les types de sources de fuites les plus fréquents, dont certains sont facilement contrôlables, sont les suivants:

- a) joints dynamiques, tels que les garnitures de tiges de vannes, les joints de tiges de manœuvre de pompes et les mécanismes de grappe de commande;
- b) joints statiques tels que les joints sous pression du couvercle du réacteur, les joints d'étanchéité et les vannes d'étanchéité internes des canalisations reliées au RRSA;
- c) circuits de protection contre la surpression, tels que les vannes de décharge, les disques de rupture et les vannes de sûreté;
- d) périmètres interface passifs avec le RRSA, tels que les lignes d'instrumentation et les soufflets des instruments, les membranes, les tubes de Bourdon, les doigts de gant et les tubes d'échanges calorifiques.

### 5 Prescriptions générales de conception et d'essais

Chaque source de fuite prévue doit être au moins équipée d'une méthode de détection de fuite. Les méthodes proposées pour développer des informations de conception prescrites sont données dans les références.

#### 5.1 Systèmes principaux de surveillance des fuites non contrôlées

Au moins trois méthodes principales différentes et indépendantes de surveillance des fuites du fluide réfrigérant du RRSA vers l'enceinte de confinement du réacteur doivent être prévues. Une de ces méthodes doit être la surveillance du niveau et/ou du débit du puisard. D'autres méthodes acceptables sont identifiées à l'article 6.

#### 4.1 *Leakage classification*

A principal concern in leakage monitoring is the capability to discriminate between unidentified leakage from the RCAS and leakage from identifiable sources into the reactor containment. Being able to discriminate is essential for rapid and reliable assessment of plant operating conditions. The following leakage classifications are used in this standard to facilitate identification of leakage sources and interpretation of leakage data:

##### *Identified leakage:*

- a) leakage into collection systems, e.g. leakage from pump seals or valve packing that is collected and measured, or
- b) leakage into the reactor containment which meets the following conditions:
  - the leaks have been specifically located and the rate quantified;
  - the leaks are not cracks or flaws in the RCAS.

An example of b) is a quantified leak of component cooling water.

##### *Unidentified leakage*

Leakage into the reactor containment which is not classified as identified leakage.

##### *Intersystem leakage*

Coolant leakage across RCAS passive barriers such as heat exchanger tubes or tube sheets into other closed systems or across active barriers such as isolation valves. Such leakage is not normally released to the reactor containment atmosphere and is a separate classification.

#### 4.2 *Potential identified leakage sources*

Variations in plant design do not allow a single definitive check list of all potential leakage sources. However, probable leakage sources can be identified during plant design, and appropriate leakage detection, collection (leak-off) and measurement systems provided. To the extent practical, collection and isolation of leakage from identified sources enhance the monitoring capability for unidentified leakage. The more common types of leakage sources, some of which can be easily identified, are as follows:

- a) dynamic seals such as valve stem packing, pump drive shaft seals and control rod drive gland seals;
- b) static seals such as the reactor head pressure seals, equipment gaskets and valve seat seals in lines connected to the RCAS;
- c) pressure relief systems such as pressure relief valves, rupture discs and safety relief valves;
- d) passive interface boundaries with the RCAS, such as instrument lines, instrument bellows, diaphragms, Bourdon tubes, thermometer wells and heat exchanger tubes.

### **5 General design and testing requirements**

Each anticipated source of leakage shall have at least one method of detecting the leak. Suggested methods for developing required design information are given in the references.

#### 5.1 *Principal monitoring systems for unidentified leakage*

At least three dissimilar, diverse, and independent principal methods to monitor coolant leakage from the RCAS to the reactor containment shall be provided. One of these methods shall be sump level and/or sump flow monitoring. Other acceptable methods are identified in clause 6.

## 5.2 Performances du système de détection des fuites du fluide réfrigérant

Les caractéristiques en matière de sensibilité et de réponse des trois principaux systèmes de détection des fuites doivent être établies par des calculs de conception ou des essais de performances pour pouvoir signaler et déclencher une alarme lors d'un dépassement du débit de fuite compatible avec les détections de fuites avant rupture ou avec les prescriptions de fonctionnement de la centrale, selon le cas. A titre d'exemple, le débit de fuite utilisé habituellement représente une augmentation de fuite de 4 l/min en 1 h. Lorsque les fuites contrôlées se superposent à des fuites non contrôlées, la prescription de sensibilité doit être également appliquée.

## 5.3 Classification de sûreté

Les systèmes de détection des fuites RRSA couverts par la présente norme sont des systèmes de détection rapide de défaillances qui sont classés selon leur contribution au fonctionnement sûr dans le concept de sûreté de la centrale.

La classification de sûreté doit être en rapport avec le système qui utilise ses signaux de sortie, par exemple les systèmes de sûreté du système de protection où des actions automatiques sont initiées, ou les prescriptions du système de surveillance où des actions sont initiées manuellement.

## 5.4 Collecte et mesure des fuites contrôlées

Les joints, les systèmes de décharge et autres sources probables de fuite contrôlées doivent être identifiés. On doit prévoir la collecte des fuites de vapeur et de liquide, et des systèmes de mesure, à partir de sources suffisamment contrôlées, pour réduire, dans la mesure du possible, les fuites prévues dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement du réacteur, afin d'éviter que les fuites non collectées ne constituent, pour les systèmes de surveillance des fuites liquides non contrôlées, un obstacle à la conformité aux prescriptions données en 5.2.

Les fuites dans l'enceinte de confinement du réacteur à partir de sources contrôlées doivent être collectées ou bien isolées, afin que:

- a) les débits de fuites contrôlées soient surveillés séparément des fuites non contrôlées;
- b) le débit total de fuites contrôlées puisse être établi et surveillé avec une sensibilité conforme aux prescriptions données en 5.2.

## 5.5 Surveillance des fuites inter-systèmes

Des dispositions doivent être prises pour surveiller les systèmes raccordés au RRSA à travers des limites passives (voir 4.2 d)) pour indiquer les fuites inter-systèmes. La surveillance de la pression, de la température, de la radioactivité et de la quantité d'eau constituent des méthodes acceptables.

## 5.6 Disponibilité du système

Les systèmes de détection des fuites RRSA doivent être opérationnels lorsque le circuit primaire du réacteur est en pression.

### 5.6.1 Conditions ambiantes

Les systèmes de surveillance doivent maintenir la précision spécifiée et les éléments de performance pour la gamme de températures ambiantes, l'humidité et les niveaux de rayonnement qui sont prévus aux emplacements des composants pendant le fonctionnement normal de la centrale.

### 5.6.2 Événements sismiques

Le système de surveillance du puisard et au moins un des différents autres canaux de surveillance prévus doivent être conformes aux prescriptions de conception après un événement sismique pour lequel l'arrêt de la centrale n'est pas exigé (voir CEI 980). Les enregistreurs n'ont pas besoin de fonctionner pendant ou après un tel événement sismique à condition qu'une alarme et une signalisation de fonctionnement du système restent disponibles.

## 5.2 *Coolant leakage detection system performance*

The sensitivity and response characteristics for each of three principal leakage detection monitoring systems shall be shown by design calculations or performance tests to be capable of indicating and alarming an increase in leakage rate, consistent with leak-before-break detection or plant operational requirements, as applicable. As an example, a commonly used leakage rate is 4 l/min leakage increase within 1 h. When identified leakages are superimposed on unidentified leakages, the above sensitivity requirement shall also apply.

## 5.3 *Safety classification*

The RCAS leak detection systems covered in this standard are early failure detection systems which are classified according to their contribution to safe operation within the safety concept of the plant.

The safety classification shall be consistent with the system which uses its output signals, e.g. safety systems for protection systems where automatic actions are initiated, or monitoring system requirements where actions are initiated manually.

## 5.4 *Collecting and measuring identified leakages*

Seals, relief systems, and other probable leakage sources shall be identified. Leakage collection and measurement systems shall be provided for vapor and liquid collection from sufficient identified sources to limit to the extent practical the expected leakage to the reactor containment atmosphere, so that uncollected leakage does not prevent unidentified leakage monitoring systems from meeting the requirements stated in 5.2.

Leakage to the reactor containment from identified sources shall be collected or otherwise isolated so that:

- a) the flow rates from identified leaks are monitored separately from unidentified leaks;
- b) the total flow rate from identified leaks can be established and monitored with a sensitivity consistent with the requirement stated in 5.2.

## 5.5 *Monitoring intersystem leakage*

Provisions shall be made to monitor systems connected to the RCAS through passive interface boundaries (see 4.2 d)) for indications of intersystem leakage. Acceptable methods include pressure, temperature, radioactivity and water inventory monitoring.

## 5.6 *System availability*

The RCAS leakage detection systems shall be operational whenever the plant is pressurized.

### 5.6.1 *Ambient conditions*

The monitoring systems shall maintain the specified accuracy and performance features for the range of ambient temperature, humidity, and radiation levels that are expected at the component locations during normal plant operations.

### 5.6.2 *Seismic events*

The sump monitoring system and at least one of the other diverse monitoring channels provided shall be demonstrated to be acceptable for the design requirements after a seismic event for which plant shutdown is not required (see IEC 980). Recorders need not function during or after seismic events, provided alarm and indication capability remain available.

### 5.7 Sources d'alimentation

Deux des trois systèmes principaux de détection des fuites doivent être alimentés à partir de sources séparées. Les systèmes qualifiés pour les séismes doivent être alimentés à partir de sources qualifiées pour les séismes. Les systèmes de détection des fuites doivent être capables de fonctionner avec une alimentation c.a. ou c.c. avec une tolérance pour la tension compatible avec les tolérances identifiées dans la CEI 1225.

Si des signaux sont utilisés pour déclencher des actions à l'intérieur du système de protection du réacteur, les appareils de surveillance doivent être alimentés à partir de systèmes redondants et disponibles en permanence. De plus, tous les systèmes de détection des fuites doivent pouvoir recouvrer automatiquement leur capacité totale de fonctionnement après une interruption momentanée de l'alimentation due, par exemple, à des commutations, des transitoires dus à la foudre, etc. (voir CEI 1225).

### 5.8 Documentation de conception de base

La conformité à la présente norme doit s'appuyer sur une documentation de conception de base comprenant les points suivants:

- a) les données et les bases de calcul utilisées pour la conception de chaque système de détection des fuites RRSA, par exemple la température du réfrigérant, la pression, la radioactivité;
- b) une description des modèles et des méthodes analytiques utilisés pour déterminer la sensibilité de chaque système, le temps de réponse et les seuils d'alarme;
- c) la limitation et la précision approximative de chaque méthode de détection des fuites et sa gamme de mesures en volume de réfrigérant par unité de temps;
- d) la qualification sismique, le cas échéant (voir CEI 980);
- e) les procédures qui décrivent l'étalonnage et le fonctionnement du système de détection des fuites du RRSA;
- f) l'identification et la classification sismique de l'alimentation pour chaque système de détection des fuites.

## 6 Prescriptions spécifiques pour l'instrumentation de détection des fuites

Le but de la détection des fuites est d'identifier et de quantifier les fuites pour en déterminer la gravité. Les paragraphes suivants présentent les prescriptions et une brève description des méthodes qui ont été appliquées à la détection, la mesure ou la localisation de fuites du RRSA. Le tableau 1 donne des indications sur les possibilités des méthodes de détection présentées dans la présente norme pour détecter, mesurer et localiser les fuites du RRSA.

### 6.1 Détection des fuites par la surveillance du niveau des puisards et/ou du refoulement des pompes de puisard

Les fuites du RRSA peuvent être détectées et mesurées en surveillant le niveau des puisards de l'enceinte et/ou le débit de refoulement des pompes de puisard. Les prescriptions suivantes sont applicables.

- a) Les fuites contrôlées de matériels, à partir de grosses tiges de fouloirs de vannes et autres sources aisément contrôlables, doivent être surveillées en canalisant le flux dans des réservoirs de purge ou des puisards fermés de manière à pouvoir établir un débit moyen de fuite résiduel contrôlé.
- b) Les puisards de l'enceinte du réacteur doivent collecter les fuites non contrôlées, y compris le condensat du refroidisseur du confinement (voir 6.3). La sensibilité et le temps de réponse doivent être tels que l'augmentation du taux de fuite (voir 5.2) collectée dans les puisards puisse être détectée. Pour qu'une méthode d'instrumentation soit acceptable pour une configuration donnée, la vérification par le calcul de la conformité aux prescriptions ci-dessus est exigée.

### 5.7 Power sources

Two of the three principal leakage detection systems shall be energized from separate power sources. Seismically qualified systems shall be powered from seismically qualified power sources. The leakage detection systems shall be capable of operation from either an a.c. or a d.c. power supply with a voltage tolerance consistent with the tolerances identified in IEC 1225.

If signals are used for initiating actions within the reactor protection system, the monitoring equipment shall be supplied from continuously available and redundant power systems. Furthermore, all leakage detection systems shall be capable of automatically regaining full operation following momentary power supply interruption, e.g. power supply switchover, lightning transients, etc. (see IEC 1225).

### 5.8 Design basis documentation

Compliance with this standard shall be supported by design basis documentation to include the following:

- a) the data and design basis used for the design of each RCAS leakage detection system, e.g. coolant temperature, pressure, radioactivity;
- b) a description of the analytical models and methods used to determine each system's sensitivity, response time, and alarm set point;
- c) the limitation and approximate accuracy of each leak detection method and its leakage measurement range in coolant volume per unit of time;
- d) seismic qualification as appropriate (see IEC 980);
- e) the procedures which describe the calibration and operation of the RCAS leakage detection system;
- f) identification and seismic classification of the power source for each leakage detection system.

## 6 Specific leakage detection instrument requirements

The objective of leakage detection is to identify and quantify the leakage to such an extent that the severity of the leak can be determined. The following subclauses present requirements and brief descriptions of methods that have been applied to the detection, measurement or location of leakage from the RCAS. Table 1 provides guidance on the capabilities of detection methods presented in this standard for detecting, measuring and locating leakage.

### 6.1 Sump level and/or sump pump discharge flow monitoring leakage detection

RCAS leakage can be detected and measured by monitoring containment sump levels and/or sump pump discharge flow rates. The following requirements apply.

- a) Identified equipment leakage from large valve stem packing glands and other readily identifiable sources shall be monitored by piping the flow to closed equipment drain tanks or sumps so that an average background identified leakage rate can be established.
- b) Reactor containment sumps shall collect unidentified leakage including containment cooler condensate (see 6.3). Sensitivity and response time shall be such that the increased rate of leakage (see 5.2) collected in the sump can be detected. For an instrumentation method to be acceptable for a given configuration, verification by calculation that the above requirements will be satisfied is required.

La localisation des fuites n'est pas repérable par cette méthode, à moins de drainer des zones relativement peu étendues de la tuyauterie dans un puisard différent pour chaque zone. Les changements de niveaux des puisards et leur flux de décharge peuvent être surveillés pour détecter une fuite.

Les rejets gazeux des points de collecte des fuites contrôlées doivent être régulés sans réduire l'efficacité des moniteurs de radioactivité.

## 6.2 *Détection des fuites par la surveillance des rayonnements*

La surveillance de la radioactivité de l'enceinte de confinement est une prescription spécifiée dans le guide de sûreté 50-SG-D9 de l'AIEA. Les moniteurs utilisés pour satisfaire à cette prescription peuvent être utilisés pour la détection des fuites du RRSA, sous réserve qu'ils répondent aux prescriptions de la présente norme. Les caractéristiques de réponse et de sensibilité des sorties des moniteurs de rayonnement doivent correspondre aux débits de fuites et à l'activité du fluide réfrigérant.

### 6.2.1 *Détecteurs d'activité atmosphérique et gazeuse*

Les détecteurs de rayonnements atmosphériques sont appropriés à la détection des fuites du fluide réfrigérant du RRSA. La sensibilité et le temps de réponse dépendent, entre autres, de la conception du système de prélèvement, des caractéristiques du brassage de l'atmosphère de l'enceinte, des caractéristiques de détection des rayonnements, de la radioactivité de fond et des concentrations d'isotopes détectables dans le fluide réfrigérant et dans l'atmosphère de l'enceinte.

La mesure quantitative des fuites du fluide réfrigérant est parfois possible par cette méthode, mais il est indispensable, pour effectuer les calculs, de disposer d'informations courantes étendues sur les paramètres physiques de la centrale et l'inventaire des radio-isotopes du fluide réfrigérant. La représentation graphique de la relation du débit de fuites avec les principaux paramètres peut être employée pour évaluer les fuites. Cependant, les calculateurs de processus des centrales représentent un meilleur outil pour la réduction et l'évaluation rapides des données surveillées. Il convient de disposer de données suffisantes et d'en appréhender les principes pour interpréter correctement une augmentation des fuites du fluide réfrigérant sur le dispositif d'affichage du moniteur de rayonnements.

### 6.2.2 *Surveillance des fuites intercircuits*

Les fuites intercircuits du fluide réfrigérant du RRSA vers d'autres circuits, par exemple du circuit primaire vers le circuit secondaire par les échangeurs de chaleur, sont détectées par un bilan massique du circuit primaire, la surveillance des rayonnements du fluide ou de la vapeur secondaires (comme des mesures de l'activité de  $^{16}\text{N}$ ) ou la surveillance des effluents gazeux du circuit secondaire.

La surveillance des rayonnements donne la capacité de détecter les petites fuites intercircuits du fluide réfrigérant du RRSA, mais les prescriptions de sensibilité ne sont pas définies par la présente norme. Certains des facteurs affectant la sensibilité et le temps de réponse sont la concentration des isotopes détectables dans le fluide secondaire, la proximité du point de prélèvement par rapport aux fuites et le refroidissement exigé des échantillons à haute température pour le fonctionnement approprié de la détection.

## 6.3 *Collecte des écoulements de condensats du réfrigérant atmosphérique de l'enceinte de confinement pour la détection des fuites*

La méthode de surveillance des écoulements de condensats consiste à mesurer le débit de l'écoulement fluide des purges sous les unités de refroidissement de l'enceinte. L'augmentation de ces flux de condensats peut indiquer une phase d'augmentation des fuites de vapeur dans l'enceinte de confinement.

## 6.4 *Inventaire du fluide réfrigérant du réacteur*

La conception à cycle fermé des centrales REP permet le maintien constant de l'inventaire du fluide réfrigérant excepté les additions, les décharges, et les fuites contrôlées. Les additions et les décharges contrôlées du fluide réfrigérant peuvent être mesurées, enregistrées et rectifiées pour maintenir un équilibre de l'inventaire.

Leak locations are not identifiable by this method unless relatively small areas of piping are drained into different sumps for each area. Both sump level change and sump discharge flow can be monitored to detect a leak.

Gaseous releases from identified leakage collection points shall be controlled or contained so that they do not decrease the effectiveness of the radioactivity monitors.

## 6.2 *Radiation monitoring leakage detection*

Monitoring the reactor containment for radioactivity is a requirement specified in IAEA safety guide 50-SG-D9. Monitors used to meet this requirement may be used for RCAS leakage detection provided the monitors meet the requirements of this standard. The response and sensitivity characteristics of radiation monitoring outputs shall be correlated to leakage rate and coolant activity.

### 6.2.1 *Air radioparticulate and radiogas activity monitors*

Air radiation monitors have the potential for detection of coolant leakages from the RCAS. The sensitivity and response time depends, among other things, on the sampling system design, reactor containment atmosphere mixing characteristics, radiation detector characteristics, the ambient radiation background, and the concentrations of detectable isotopes in the coolant and in the reactor containment atmosphere.

The quantitative measurement of coolant leakage may sometimes be feasible by this method, but extensive current information about plant physical parameters and coolant radioisotope inventory are required in order to perform the computations. Graphical representation of the relationship of leakage rate to the principal parameters can be used to estimate leakage. However, plant process computers are a potentially more useful tool for rapid reduction and interpretation of the monitored data. Sufficient data and understanding of the principles are needed to properly interpret an increase in radiation monitor readout in terms of coolant leakage.

### 6.2.2 *Intersystem leakage monitoring*

Intersystem leakage of coolant from the RCAS into other systems, e.g. primary to secondary system leaks in heat exchanges, is detectable by primary system mass balance, secondary system liquid or steam radiation monitoring (such as  $^{16}\text{N}$  activity measurement) or secondary system off-gas monitoring.

Radiation monitoring does provide the capability for detection of small intersystem leakages of coolant from the RCAS, but sensitivity requirements are not defined by this standard. Some factors affecting sensitivity and response time are the concentration of the detectable isotopes in the secondary fluid, proximity of the sampling point to the leak and required cooling of high temperature samples for proper detection functioning.

### 6.3 *Containment air cooler condensate flow collection for leakage detection*

The condensate flow-monitoring method consists of measuring the flow rate of the liquid run-off from the drain pans under each reactor containment air cooler unit. The increase of such condensate run-off can be indicative of increased vapor phase leakage into the reactor containment.

### 6.4 *Reactor coolant inventory*

The closed loop design of PWR plants permits maintenance of a coolant inventory which is constant except for controlled additions, controlled discharges, and uncontrolled leakage. Controlled coolant additions and discharges can be measured, recorded and corrected to obtain an inventory balance.

Les informations recueillies servent à l'évaluation de l'intégrité du RRSA. Cette surveillance ne peut généralement pas être utilisée dans les centrales REB avec une précision suffisante pour être utilisable dans la détection des petites fuites du RRSA.

Pour les centrales REP, la surveillance de l'inventaire du réfrigérant doit être réalisée conformément à la CEI 911. La conception du système de surveillance doit prendre en compte les paramètres suivants:

- a) densité de chaque fluide déterminée à partir des mesures de la température et de la pression;
- b) niveaux d'eau dans le pressuriseur et au niveau de tous les points de collecte;
- c) durée de la période de surveillance.

#### 6.5 *Détection des fuites par la surveillance de l'humidité*

La surveillance de l'humidité peut détecter une augmentation de la teneur en vapeur d'eau de l'air produit par la partie de phase vapeur des fuites du fluide réfrigérant. Les capteurs d'humidité placés dans l'enceinte de confinement sont capables de détecter les fuites, mais ne peuvent évaluer les proportions inconnues de liquide et de vapeur des fuites. Lorsqu'ils sont utilisés dans de grandes enceintes de confinement, la sensibilité peut être insuffisante. Ces capteurs peuvent seulement localiser les fuites dans les zones générales de la source, et donner ainsi les meilleures réponses dans des volumes restreints ou pour des échappements d'air bien définis.

Les caractéristiques de réponse et la sensibilité des capteurs d'humidité doivent être étudiées pour l'évaluation de la capacité du circuit à satisfaire aux prescriptions de détection des fuites. La répartition de la température et de la pression dans l'enceinte de confinement du réacteur doit être prise en considération. L'humidité spécifique initiale ou normale doit être basée sur l'étendue normale prévue des paramètres de fonctionnement, y compris le débit de fuite normal prévu.

#### 6.6 *Surveillance acoustique des fuites*

Des fuites localisées se produisant à travers le périmètre sous pression du RRSA produisent des signaux acoustiques aériens qui peuvent être détectés par un système de capteurs acoustiques installés en plusieurs endroits de l'enceinte. Les fuites du périmètre sous pression produisent également des ondes acoustiques transmises par le métal (semblables au bruit aléatoire) qui peuvent être détectées par des capteurs acoustiques installés sur le périmètre sous pression. En surveillant la bande de fréquences sonores appropriée, un système de capteurs acoustiques procure une détection rapide et l'emplacement approximatif des fissures dans le périmètre sous pression. Le système acoustique doit être initialement étalonné selon les valeurs du bruit de fond produites pendant le fonctionnement de la centrale. Les points de réglage de seuil peuvent être alors fixés au-dessus du niveau, afin de déclencher une information ou une alarme dès l'apparition d'une fuite. Ces systèmes peuvent atteindre une sensibilité élevée pour la détection des fuites, selon le nombre des capteurs et les valeurs du bruit de fond à l'emplacement de chaque capteur.

#### 6.7 *Détection des fuites par la surveillance de la température*

La sensibilité et le temps de réponse du système de détection des fuites sont étroitement liés aux conditions suivantes d'application:

- a) volume de la zone de surveillance de chaque capteur de température;
- b) distance de transport thermique, et conditions entre le capteur et les emplacements potentiels des fuites;
- c) pertes de chaleur potentielles du volume mesuré;
- d) fluctuations normales de la température prévues en l'absence de fuites;
- e) présence, ou présence potentielle, de sources de chaleur anormales ou collecteurs autres que ceux destinés aux fuites de réfrigérant;
- f) constante de temps du capteur de température (y compris l'intervalle de temps écoulé pour la surveillance des différents points dans les systèmes de surveillance multipoint).

The resulting information is useful in evaluating the integrity of the RCAS. This surveillance cannot generally be used on BWR plants with sufficient accuracy to be of value in detecting small RCAS leakage.

For PWR plants, the reactor coolant inventory shall be monitored in accordance with IEC 911. The following parameters shall be considered in the design of the monitoring system:

- a) density of each fluid determined from measured temperature and pressure;
- b) water levels in pressurizer and all collection points;
- c) duration of monitoring period.

#### 6.5 Humidity monitoring leakage detection

Humidity monitoring can detect the increased vapor content of air produced by the vapor phase portion of coolant leakage. Humidity detectors within the reactor containment have the potential to detect leakage, but suffer from the quantitative uncertainty of unknown liquid/vapor proportions from a leak. When used in large reactor containment volumes, sensitivity may be too low. These detectors can locate leakage only to the general area of the source, thus responding best in small contained volume areas, or well defined air flows.

The response characteristics and sensitivity of humidity detectors shall be considered in estimating system capability to meet requirements for leakage detection. Temperature and pressure distribution within reactor containment shall be taken into account. The baseline or normal specific humidity shall be based on the normal operating parameter range expected, including the expected normal leakage rate.

#### 6.6 Acoustic monitoring leakage detection

A leak through the RCAS pressure boundary generates airborne acoustic signals which can be detected by a system of acoustic sensors located at several places within reactor containment. A leak also generates metal-borne acoustic waves (similar to random noise) which can be detected by acoustic sensors mounted on the pressure boundary. An acoustic sensor system can provide rapid detection and approximate location of cracks in pressure boundaries by monitoring the appropriate acoustic noise frequency bands. The acoustic system shall be calibrated initially to the background noise magnitudes encountered during plant operation. Threshold setpoints can then be established above background to alert or alarm on initiation of leakage. These systems can attain a high sensitivity for leak detection, depending on the number of sensors and the background noise magnitudes at each sensor location.

#### 6.7 Temperature monitoring leakage detection

The sensitivity and system response time of this leakage detection method is highly dependent upon the following application conditions:

- a) the volume of space to be monitored by each temperature sensor;
- b) the thermal transport distance and conditions between the sensor and the potential leak locations;
- c) potential heat losses from the measured volume;
- d) normal temperature fluctuations expected in the absence of leakage;
- e) the presence, or potential presence, of abnormal heat sources or collectors other than coolant leakage;
- f) the temperature sensor time constant (including the time interval between monitoring each point in multipoint monitoring systems).

Il est habituellement nécessaire d'installer les capteurs de température en de multiples emplacements pour surveiller les grands volumes, tels que les salles d'équipement ou les zones des enceintes de confinement de manière à obtenir une sensibilité satisfaisante de la mesure des fuites. La réponse et la sensibilité peuvent être améliorées en installant des capteurs dans des espaces confinés tels les tuyauteries de vannes de sécurité ou les lignes de reprise de fuites et les espaces confinés autour des conduites et du matériel, par exemple les thermocouples fixés au gainage des tuyauteries thermiquement isolées du RRSA. Les fausses alarmes sont aussi réduites de cette manière.

#### 6.8 *Surveillance de la pression de l'enceinte de confinement du réacteur*

Les fuites du RRSA provoquent une élévation de pression dans l'enceinte de confinement du réacteur. L'aptitude à la détection des systèmes de détection des fuites est, en raison du volume important de l'enceinte du réacteur, généralement applicable aux fuites importantes. Les petites fuites peuvent provoquer des modifications de pression absolue, comparables à la gamme des fluctuations de pression normales de l'enceinte sur de longues durées. La mesure quantitative des fuites par des méthodes de surveillance de la pression est discutable pour les petites fuites, à cause du grand nombre de variables qui peuvent influencer les mesures. En outre, cette méthode ne procure pas d'information sur l'emplacement des sources de fuites dans l'enceinte de confinement.

#### 6.9 *Capteurs d'humidité à bande pour la détection des fuites*

La méthode à bande sensible à l'humidité est un système de surveillance continue composé d'un capteur normalement placé à côté de l'isolation de la tuyauterie de processus. Ce capteur produit un signal électrique lorsqu'il est activé par l'humidité (produite par une fuite) qui peut être utilisé dans un système pour activer un signal d'alarme. Ces capteurs peuvent rapidement détecter les fuites des tuyauteries sur lesquelles ils sont installés et localisent ainsi les fuites. Ils ne sont cependant pas capables de les quantifier.

#### 6.10 *Observations visuelles*

C'est la plus souple de toutes les méthodes de surveillance, mais la sensibilité de détection dépend fortement de la fréquence d'inspection et de l'accessibilité des zones de matériel. L'inclusion de dispositifs tels que télévision en circuit fermé, rubans et peinture thermosensibles peut être une aide valable pour l'identification et la localisation des sources de fuite. Cette méthode ne doit pas être considérée comme un des principaux systèmes de surveillance; elle peut être toutefois utilisée pour compléter d'autres méthodes de détection.

### **7 Prescriptions sur l'opérabilité du système**

Les affichages de surveillance des fuites doivent fournir des informations claires et non ambiguës sur les paramètres de fuites, sur l'état actuel des fuites et les tendances du débit de fuites, et certains de ces affichages doivent faire partie des installations de crise. Lors de l'établissement des points de réglage d'avertissement et d'alarme, il est logique d'étudier les prescriptions pour la détection des fuites (voir 4.2) pour être en mesure de fournir une information, dans les limites de temps requises, qui soit compatible avec la sécurité de fonctionnement et d'éviter le déclenchement d'alarmes intempestives provoquées par le fonctionnement normal de la centrale, tel que l'enclenchement des refroidisseurs de l'enceinte de confinement.

Dans le cas où l'instrumentation de surveillance des fuites a tendance à déclencher des signaux d'alarme dus à des modifications rapides et à court terme des paramètres mesurés, il convient de veiller à associer ce signal à d'autres signaux de surveillance des fuites et à des signaux de fonctionnement de la centrale (fonctionnement des pompes ou des ventilateurs), afin de générer des alarmes de fuites à bon escient ou d'éviter le déclenchement de fausses alarmes pour les cas où la condition détectée n'est pas identifiée par d'autres signaux comme étant une fuite.

Multiple temperature sensor locations are usually necessary to monitor large volumes such as equipment rooms or reactor containment areas to provide useful leakage measurement sensitivity. Temperature response and sensitivity can be optimized by mounting sensors in confined spaces such as cooling air ducts, relief valve or seal leakoff lines and contained spaces around piping and equipment, e.g. thermocouples attached to the sheathing of thermally insulated RCAS piping. False alarms are also minimized in this manner.

#### 6.8 *Reactor containment pressure monitoring*

RCAS leakage will cause a pressure increase in the reactor containment. The detection capability of a pressure monitoring system is generally applicable to large leakages because of the large reactor containment volume. Small leakages may cause absolute pressure changes that fall within the range of normal reactor containment pressure fluctuations for long periods of time. Quantitative measurement of leakage by pressure monitoring methods is of questionable value for small leaks due to the large number of variables which can influence the measurement. Also this method provides no information on the leakage source location within reactor containment.

#### 6.9 *Tape moisture sensors for leakage detection*

This continuous monitoring system consists of a moisture sensing element which is normally placed next to the insulation of process piping. The element provides an electrical signal when activated by moisture (as produced by a leak) which may be used in a system to generate an alarm signal. These sensors can quickly detect leakage from the piping on which they are mounted, thus locating the leak. However, these sensors cannot measure the amount of leakage.

#### 6.10 *Visual observations*

This is the most flexible of all monitoring methods, but the detection sensitivity is heavily dependent upon the frequency of inspection and accessibility of equipment areas. Inclusion of devices such as closed circuit television, temperature sensitive tapes and paint can be valuable aids in locating and identifying leakage sources. This method is not recommended as one of the principal monitoring systems; however, it may be used to complement other detection methods with respect to leak location.

### **7 System operability requirements**

Leakage monitoring displays shall provide clear and unambiguous indication of leakage parameters, current leakage status, and trend in leakage rate, and some of them shall be part of the emergency response facilities. Logic for alert and alarm setpoints shall consider requirements for leakage detection (see 4.2) when setpoints are established, to provide an indication within the required time consistent with safe operation, while avoiding spurious alarms due to normal plant operations, such as startup of reactor containment coolers.

If a leakage monitoring instrument is inclined to generate alarm signals due to short-term, rapid changes in the measured parameter, consideration should be given to combining the signal with other leakage monitoring signals and plant operation signals (pump or fan operation), to produce leakage alarms when warranted, or prevent unnecessary alarms when the condition detected is shown by other inputs not to be a leak.

Cette étude de signaux combinés peut s'appliquer à tous les appareils de détection de fuites et avoir pour conséquence un système intégré donnant une évaluation de tous les signaux de fuites et de tous les signaux choisis d'état de fonctionnement de la centrale, avec un affichage intégré indiquant à la fois l'état des fuites contrôlées et non contrôlées, les débits, les tendances et les emplacements.

Les affichages et les alarmes pour tous les systèmes de détection de fuites doivent être situés dans la salle de commande principale. Dans les cas où l'on identifie des affichages de processus supplémentaires liés aux fuites, il est recommandé que ces indications apparaissent sur un emplacement d'affichage général. Les affichages de surveillance des fuites peuvent également inclure des fonctions d'ordinateur et des affichages sur écran. Il convient d'assurer, à partir d'un affichage général accessible dans les conditions d'urgence, la surveillance et la commande des mesures quantitatives avec des procédures de localisation des sources de fuites.

La capacité d'étalonnage en continu des voies de détection des fuites doit être assurée au moyen de sorties simulées de capteur ou tout autre moyen. Les affichages, les points de réglage des alarmes et les facteurs d'étalonnage doivent pouvoir être ajustés périodiquement pour compenser les modifications des conditions réelles d'environnement ou d'ambiance.

Les affichages des systèmes de mesure des fuites doivent être exprimés, dans la mesure du possible, en unités volumétriques ou, s'il faut les exprimer en d'autres unités, on prévoira les possibilités de conversion. Il faut également assurer la surveillance de tendance des fuites mesurées.

La capacité d'étalonnage global des canaux et la capacité de maintenance pendant les arrêts pour rechargement en combustible du réacteur doivent être prévues. Les systèmes de détection des fuites doivent être conçus et situés de manière à faciliter les essais, les réparations, les démontages et les remplacements périodiques.

This approach on combining signals could be applied to all leakage detection instruments, to result in an integrated system that evaluates all leakage inputs and selected plant operation status signals, with an integrated display showing both identified and unidentified leakage status, rates, trends and locations.

Displays and alarms for all leakage detection systems shall be located in the main control room. In cases where additional process displays related to leakage are identified, these indications should be provided at one general display location. Leakage monitoring displays may also include computer functions and visual display units (VDUs). Quantitative measurements with procedures for locating leakage sources should be monitored and controlled from one general display location accessible during emergency situations.

Capability for on-line calibration of leakage detection channels by simulated detector outputs or other means shall be provided. Readouts, alarm setpoints, and calibration factors shall be capable of periodic adjustment to compensate for changes in actual environmental or background conditions.

Leakage measuring system displays shall be expressed whenever feasible in volumetric units or, if expressed in other units, conversion capability shall be provided. Capability for trend monitoring of measured leakage shall be provided.

Capability for entire channel calibration and maintenance during refuelling outages shall be provided. Leakage detection systems shall be designed and located for ease of periodic testing, repair, removal and replacement.

**Tableau 1 — Etat récapitulatif des performances des appareils de surveillance des fuites**

Méthode	Sensibilité de détection des fuites	Précision de mesure des fuites	Localisation des fuites
Surveillance des puisards	A	A	C
Moniteurs des flux de condensats	A	B	C
Moniteur d'activité des gaz radioactifs	A	B	B
Moniteur d'activité des particules radioactives	B	B	B
Inventaire du réfrigérant du réacteur	B	B	C
Humidité	A	C	B
Moniteur acoustique	A	B	A
Température	A	C	B
Pression	B	C	C
Capteurs d'humidité à ruban	B	C	B
Moniteur de rayonnements liquides	A	B	B
Moniteur de rayonnement de la vapeur (REP)	A	C	A
Inspection visuelle	B	C	B

**NOTES**

1 Les définitions du classement sont données ci-dessous. Ce classement est basé d'après un consensus sur l'expérience de fonctionnement de cette instrumentation. Certaines conceptions d'instruments ou configurations de la centrale peuvent justifier différents classements. Les classements listés ci-dessus fournissent seulement un guide pour le choix de l'instrumentation de détection des fuites.

A = Peut généralement être appliqué pour suivre cette norme s'il est correctement conçu et utilisé.

B = Peut être acceptable, marginal, ou non conforme à la présente norme selon les conditions d'application et le nombre de points de mesures.

C = N'est pas recommandé normalement mais peut être utilisé pour surveiller des emplacements spécifiques.

2 L'utilisation de certaines de ces méthodes nécessite un personnel spécialement formé ou des systèmes de traitement de l'information informatisés.

**Table 1 — Summary of leakage monitoring instrument capabilities**

Method	Leakage detection sensitivity	Leakage measurement accuracy	Leak location
Sump monitoring	A	A	C
Condensate flow monitors	A	B	C
Radiogas activity monitor	A	B	B
Radioparticulate activity monitor	B	B	B
Reactor coolant inventory	B	B	C
Humidity	A	C	B
Acoustic monitor	A	B	A
Temperature	A	C	B
Pressure	B	C	C
Tape moisture sensors	B	C	B
Liquid radiation monitor	A	B	B
Steam line radiation monitor (PWR)	A	C	A
Visual	B	C	B

**NOTES**

- Capability ranking definitions are given below. This ranking is based on a consensus of operating experience with this instrumentation. Some instrument designs or plant configurations may justify a different ranking. The rankings listed above only provide guidance for leakage detection instrument selection.
  - A = Can generally be applied to meet the intent of this standard if properly designed and utilized.
  - B = May be acceptable, marginal, or unable to meet the intent of this standard depending on application conditions and number of measurement locations.
  - C = Not normally recommended but might be used to monitor specific locations.
- The use of some of these methods requires personnel with appropriate training or computerized information handling systems.

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

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

---

**ICS 27.120.20**

---