

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
951-5**

Première édition
First edition
1994-02

**Centrales nucléaires de puissance –
Matériels de surveillance des rayonnements
pour les conditions accidentelles
et post-accidentelles**

Partie 5:
Radioactivité de l'air dans les centrales
nucléaires à eau légère

**Nuclear power plants –
Radiation monitoring equipment for
accident and post-accident conditions**

Part 5:
Radioactivity of air in light water
nuclear power plants



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 951-5: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

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 60 000 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
951-5**

Première édition
First edition
1994-02

**Centrales nucléaires de puissance –
Matériels de surveillance des rayonnements
pour les conditions accidentelles
et post-accidentelles**

Partie 5:

Radioactivité de l'air dans les centrales
nucléaires à eau légère

**Nuclear power plants –
Radiation monitoring equipment for
accident and post-accident conditions**

Part 5:

Radioactivity of air in light water
nuclear power plants

© 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

P

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

SOMMAIRE

	Pages
Avant-propos	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Références normatives	6
3 Terminologie	8
4 Classification des moniteurs pour la surveillance de l'air	8
5 Principe de conception	8
6 Systèmes à surveiller	10
7 Conception des moniteurs de surveillance de l'air	12
7.1 Conception générale des matériels	12
7.2 Gamme de mesures	16
7.3 Installations de contrôle	16
8 Procédures d'essais	16
8.1 Sources de référence	16
8.2 Essais de performance aux rayonnements	18
8.3 Temps de réponse	20
8.4 Réponse en énergie	22
8.5 Qualification sismique	22
8.6 Surcharge	22
8.7 Essais de fuites	22
9 Certificat, manuel et rapport des essais de type	22
Tableaux	
1 Conditions de référence et conditions normales d'essais	24
2 Essais effectués dans les conditions normales d'essais	26
3 Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence	28
4 Essais du circuit de fluide (air ou gaz)	30
Annexe A — Exemples de gammes de mesures et emplacements des moniteurs de surveillance de la radioactivité de l'air dans les réacteurs à eau légère	32

CONTENTS

	Page
Foreword.....	5
Clause	
1 Scope and object.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terminology	9
4 Classification of air monitors	9
5 Design principles	9
6 Systems to be monitored.....	11
7 Air monitor design.....	13
7.1 Overall equipment design	13
7.2 Range of measurement.....	17
7.3 Check facilities.....	17
8 Test procedures	17
8.1 Reference sources.....	17
8.2 Radiation performance tests.....	19
8.3 Response time.....	21
8.4 Energy response.....	23
8.5 Seismic qualification.....	23
8.6 Overload.....	23
8.7 In leakage tests.....	23
9 Certificate, manual and type test report.....	23
Tables	
1 Reference conditions and standard test conditions.....	25
2 Tests performed under standard test conditions	27
3 Tests performed with variation of influence quantities.....	29
4 Tests of air (or gas) circuit.....	31
Annex A — Examples of ranges and location for airborne radioactivity monitors in light water reactors.....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE —
MATÉRIELS DE SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS POUR LES CONDITIONS
ACCIDENTELLES ET POST-ACCIDENTELLES —

Partie 5: Radioactivité de l'air dans les centrales nucléaires à eau légère

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 international 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 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 951-5 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)135	45A(BC)138

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS — RADIATION MONITORING EQUIPMENT FOR
ACCIDENT AND POST-ACCIDENT CONDITIONS —

Part 5: Radioactivity of air in light water nuclear power plants

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 Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, 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.
- 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 951-5 has been prepared by sub-committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

DIS	Report on voting
45A(CO)135	45A(CO)138

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

Annex A is for information only.

**CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE —
MATÉRIELS DE SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS POUR LES CONDITIONS
ACCIDENTELLES ET POST-ACCIDENTELLES —**

Partie 5: Radioactivité de l'air dans les centrales nucléaires à eau légère

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 951 est applicable aux matériels utilisés pour la surveillance de la radioactivité dans l'air dans les centrales nucléaires à eau légère pendant et après des conditions accidentelles.

Cette partie établit les critères de conception, de choix, d'emplacement fonctionnel, d'essais et d'étalonnage des matériels fixes de surveillance des rayonnements.

Les applications suivantes sont couvertes par d'autres normes CEI et ne font pas partie du domaine d'application de cette partie:

- matériels pour la surveillance en continu des gaz rares dans les effluents gazeux (CEI 951-2);
- matériels de surveillance des rayonnements relatifs aux fluides de processus (CEI 951-4);
- matériels de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux (série CEI 761).

L'objet de la présente partie est d'établir des prescriptions spécifiques incluant les caractéristiques techniques et les conditions générales d'essai pour les matériels de surveillance de rayonnements dans l'air requis pendant et après un accident. Les événements susceptibles d'être surveillés comprennent les accidents relatifs à la perte de réfrigérant, les ruptures des réservoirs de stockage des effluents gazeux, la manipulation du combustible usagé et d'autres conditions résultant des défaillances de la gaine du combustible.

Les exigences générales concernant les caractéristiques techniques, procédures d'essais, caractéristiques des rayonnements, et les caractéristiques électriques, mécaniques et d'environnement sont données dans la CEI 951-1. Ces exigences sont applicables pour cette partie sauf indication contraire.

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 partie de la CEI 951. Au moment de la publication, les études indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 951 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 557:1982, *Terminologie CEI sur les réacteurs nucléaires*

CEI 761: *Equipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux*

CEI 951-1:1988, *Matériels de surveillance des rayonnements par les conditions accidentelles et post-accidentelles dans les centrales nucléaires — Première partie: Prescriptions générales*

CEI 951-2:1988, *Matériels de surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles dans les centrales nucléaires — Deuxième partie: Ensembles de surveillance en continu de la radioactivité des gaz rares dans les effluents gazeux*

CEI 951-4:1991, *Matériels de surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles dans les centrales nucléaires — Partie 4: Fluides de processus des centrales nucléaires à eau légère*

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

NUCLEAR POWER PLANTS — RADIATION MONITORING EQUIPMENT FOR ACCIDENT AND POST-ACCIDENT CONDITIONS —

Part 5: Radioactivity of air in light water nuclear power plants

1 Scope and object

This part of IEC 951 is applicable to equipment used for monitoring airborne radioactivity within nuclear power plants with light water reactors during and after accident conditions.

This part provides criteria for the design, selection, functional location, testing and calibration of installed radiation monitoring equipment.

The following applications are covered by other IEC standards and do not fall within the scope of this part:

- equipment for continuously monitoring radioactive noble gases in gaseous effluents (IEC 951-2);
- process stream in light water nuclear power plants (IEC 951-4);
- equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents (IEC 761 series).

The object of this part is to lay down specific requirements, including technical characteristics and general test conditions, for airborne radiation monitoring equipment required during and after an accident. Events which may be monitored include loss of coolant accidents, waste gas decay tank ruptures, spent fuel drop accidents or other postulated conditions resulting in fuel cladding failures.

General requirements for technical characteristics, test procedures, radiation characteristics, electrical, mechanical, and environmental characteristics are given in IEC 951-1. These requirements are applicable in this part unless otherwise stated.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 951. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 951 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 557:1982, *IEC terminology in the nuclear reactor field*

IEC 761: *Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents*

IEC 951-1:1988, *Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions in nuclear power plants — Part 1: General requirements*

IEC 951-2:1988, *Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions in nuclear power plants — Part 2: Equipment for continuously monitoring radioactive noble gases in gaseous effluents*

IEC 951-4:1991, *Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions in nuclear power plants — Part 4: Process stream in light water nuclear power plants*

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

3 Terminologie

Les définitions de la CEI 951-1 sont applicables.

4 Classification des moniteurs pour la surveillance de l'air

Les matériels peuvent être classés selon la technique de mesure et le type de rayonnement à détecter.

Typiquement, cette classification est:

- moniteurs d'aérosols;
- moniteurs d'activité des gaz rares;
- moniteurs pour la surveillance d'un radionucléide spécifique (généralement pour la surveillance de l'iode ou du tritium);
- moniteurs surveillant l'activité globale.

5 Principes de conception

Dans les réacteurs à eau légère, les accidents de référence provoquant un rejet de matières radioactives sont supposés se produire à l'intérieur ou l'extérieur du circuit de réfrigération primaire. L'apparition d'accidents concernant le circuit de réfrigération primaire sous pression est avant tout réduite par l'instrumentation de protection du réacteur. Cependant, on compte souvent sur les matériels de surveillance des rayonnements pour détecter le départ de l'accident et enclencher les dispositifs qui atténueront les conséquences des accidents prévisibles à l'extérieur du circuit de réfrigération primaire.

Les principes généraux de conception sont spécifiés dans la CEI 951-1.

De plus, les aspects suivants doivent être pris en compte dans la conception des matériels.

Les exigences relatives aux matériels de surveillance de l'air pour les conditions accidentelles sont spécifiques à la centrale concernée, par conséquent l'installation doit être examinée de façon à déterminer la localisation des matériels.

L'examen doit considérer les aspects suivants:

- a) les conditions accidentelles hypothétiques prévues par les analyses de sûreté de l'installation mettant en œuvre des dispositifs de limitation. Il convient d'accorder une attention particulière aux accidents impliquant des matériels étudiés pour retenir des matières radioactives ou du combustible usé situé à l'extérieur du circuit primaire du réacteur;
- b) les matériels qui doivent être pilotés pour limiter les conséquences des accidents prévisibles;
- c) les informations essentielles à l'opérateur de la centrale pour l'assister dans ses décisions quant aux actions critiques à mener.

Le système de détection utilisé doit être adapté à la mesure requise, en considérant le type et l'importance de la radioactivité prévisible et les conditions d'environnement.

La gamme de mesures requise, la précision et le temps de réponse doivent être adaptés au cycle des conditions accidentelles et post-accidentelles. Les matériels doivent être étudiés pour donner un affichage et/ou enregistrement de l'activité. De plus, une alarme doit être disponible dès que le niveau d'activité dépasse une consigne. Cette information doit être disponible à distance, comme par exemple dans la salle de commande ou au voisinage de celle-ci. Les signaux peuvent aussi être utilisés à des fins de commandes et/ou pour piloter des actions de protection des dispositifs de sûreté prévus; dans ce cas, ils seront disponibles dans la salle de commande. Si ces signaux sont utilisés pour piloter des actions de protection pour réduire les conséquences des accidents hypothétiques, les matériels peuvent faire partie des systèmes liés à la sûreté ou du système de protection. Dans ce cas, ils doivent satisfaire aux exigences requises pour les systèmes respectifs.

3 Terminology

The definitions of IEC 951-1 are applicable.

4 Classification of air monitors

Equipment may be classified according to the measurement technique and type of radiation to be detected.

Typically, these classifications will be:

- aerosol monitors;
- noble gas activity monitors;
- specific nuclide monitors (commonly for iodine or tritium);
- gross activity monitors.

5 Design principles

In light water reactors, design basis accidents resulting in releases of radioactive materials are postulated to occur inside and outside the primary coolant system boundary. Accidents postulated within the primary coolant pressure boundary are chiefly mitigated by reactor protection instrumentation. However, radiation monitoring equipment is often relied upon to detect the onset and to initiate features which mitigate the consequences of accidents postulated outside the primary coolant system boundary.

General design principles are specified in IEC 951-1.

In addition, the following aspects must be taken into account in the design of the equipment.

The requirements for air monitoring equipment for accident conditions are plant specific, therefore, the plant shall be reviewed to determine where monitoring equipment is required.

The review shall consider the following:

- a) accident conditions postulated in the safety analyses of the plant requiring the initiation of mitigating features. Special attention should be given to accidents involving equipment designed to hold radioactive materials or spent fuel located outside the reactor primary system boundary;
- b) equipment requiring initiation to mitigate the consequences of the postulated accidents;
- c) the essential information to the plant operator for use in deciding on emergency actions.

The detection system used shall be suitable for the required measurement, taking into account the type and magnitude of the radioactivity expected to be present and the environmental conditions.

The required measuring range, accuracy and response time shall be suitable to the expected time profile associated with the accident and post-accident conditions. The equipment shall be designed to provide continuous display and/or recording of radiation levels. In addition, an alarm shall be provided when the radiation level exceeds a preset value. This information shall be available at a remote location such as the station control room or an associated area. The signals may also be used for control purposes and/or initiation of protective actions of engineered safety features; in this case, the information shall be provided in the control room. If the signals are used for initiation of protective actions to mitigate the consequences of postulated accidents, the equipment may be part of the safety related systems or the protection system. In this case, it shall meet the requirements of the respective system.

Les informations relatives à la gamme de mesures et le temps de réponse sont habituellement disponibles dans les analyses de sûreté de la centrale. Quelle que soit la méthodologie d'analyse de l'accident utilisée pour déterminer les conséquences radiologiques des accidents hypothétiques retenus, il convient que celle-ci soit soigneusement examinée de façon à déterminer son applicabilité à la définition des performances des matériels de surveillance des rayonnements.

Par exemple, les hypothèses faites dans les analyses générales en rapport avec le rejet et le transport de matières radioactives peuvent permettre d'estimer la limite supérieure des conséquences pour les exploitants et le public. Ces hypothèses peuvent ne pas représenter le comportement réel des activités qui sont plus adaptées à la conception du moniteur.

L'utilisation des données des analyses générales de sûreté peut alors conduire à réclamer des temps de réponse de détection, des exigences en matière de gammes de mesure et d'enregistrement irréalistes qui, lorsqu'ils sont traduits en termes d'exigences de performance pour les matériels, peuvent conduire à des matériels inadaptes à la détection de situations plus réalistes.

Par conséquent, des calculs et des analyses complémentaires peuvent être exigés, utilisant des hypothèses plus adaptées pour établir les performances relatives aux matériels.

Chaque condition accidentelle pour laquelle les matériels sont susceptibles d'être utilisés doit être analysée afin de déterminer les paramètres de conception applicables. En plus des aspects définis à l'article 7 de la CEI 951-1, ce qui suit doit être pris en compte:

- a) le cycle du rejet prévisible et le temps de réponse exigé pour le moniteur;
- b) les isotopes principaux devant être mesurés par le moniteur y compris leurs composés chimiques (par exemple méthyle, corps simple, aérosols ou forme gazeuse);
- c) les erreurs de mesures y compris les pertes dans les lignes d'échantillonnage;
- d) les actions opérateur nécessaires;
- e) les interfaces avec les dispositifs de protection de la centrale.

6 Systèmes à surveiller

Des dispositifs de surveillance doivent être envisagés sur tout circuit air ou gaz où la radioactivité peut augmenter de façon significative pendant ou après un accident et où ils sont nécessaires pour fournir une ou plusieurs des informations suivantes:

- des données au personnel de la centrale en rapport avec la maîtrise de la centrale;
- des informations aux exploitants qui les assisteront dans la prise de décisions afin de minimiser les dommages au niveau de la centrale et les conséquences sur l'environnement pendant et après un accident;
- des informations en rapport avec la protection radiologique du personnel de la centrale;
- des informations en rapport avec la détection de fuites et leur quantification;
- des signaux destinés à actionner des dispositifs de limitation (par exemple isolement ou reconfiguration).

Parmi les systèmes à considérer dans l'examen des besoins potentiels en matériels de surveillance, on trouve par exemple:

a) La ventilation de la salle de commande

Le système de ventilation de la salle de commande peut être surveillé pour:

- détecter la contamination dans l'air de la salle de commande provenant d'un accident, tel que la rupture d'un réservoir de stockage d'effluents gazeux;
- fournir des signaux permettant de commander son isolement et la mise en place d'un dispositif de filtration.

Information relevant to measuring range and response time is usually available in the plant safety analyses. However, the accident analysis methodology used to determine the radiological consequences of the selected postulated accidents should be carefully reviewed to determine its relevance to the definition of radiation monitoring equipment performance characteristics.

For example, the assumptions made in main safety analyses with respect to the release and transport of radioactive material, may be intended to estimate the upper limit of the consequences to operators or the public. These assumptions may not represent the realistic behaviour of the radioactive material which is more appropriate to monitor design.

Thus, use of main safety analyses data may result in the postulation of unrealistic detection response time, recording and monitoring ranges requirements, which, when translated into equipment performance requirements, may result in equipment inappropriate for the detection of more realistic event conditions.

Therefore, complementary calculations and analyses using assumptions better suited to the development of equipment performance characteristics may be required.

Each accident condition for which the equipment is to be used shall be analysed to determine the relevant equipment design parameters. In addition to aspects defined in clause 7 of IEC 951-1, the following shall be taken into account:

- a) time profile of the postulated release and the required response time of the air monitor;
- b) preponderant isotopes to be measured by the monitor including their chemical composition (e.g. methyl, elemental, particulate or gaseous form);
- c) errors in measurements including losses in sampling lines;
- d) necessary operator actions;
- e) interfaces to plant protection features.

6 Systems to be monitored

Monitoring systems need to be considered for any air or gas system where the radioactivity can increase significantly during or after an accident and where they are required to provide one or more of the following:

- data to plant personnel which is relevant to the plant control;
- information to the plant operators which will assist them in taking appropriate actions to minimize damage to the plant and consequences to the environment during and following an accident;
- information relevant to the radiological protection of plant personnel;
- information relevant to leakage detection and quantification;
- signals to actuate mitigating features (e.g. isolation or reconfiguration).

Among the systems to be considered in the review of potential need for monitoring equipment are the following:

a) Control room ventilation

The control room ventilation system may be monitored to:

- detect the ingress of airborne radiation in control room areas from accident such as waste gas decay tank rupture;
- provide signals to initiate isolation and filtering equipment.

b) Le système de collection des fuites du bâtiment réacteur

Les bâtiments réacteurs équipés d'un système de collection de fuites tel que, par exemple, un espace annulaire peuvent exiger une surveillance pour:

- détecter une fuite de matière radioactive du bâtiment réacteur lors des conditions liées à un accident de perte de réfrigérant;
- fournir des signaux pour commander les systèmes de filtration.

c) Le rejet ventilation des puits secs

Dans les REB, la ventilation des puits secs peut être surveillée pour:

- détecter une fuite anormale ou un accident;
- fournir des signaux pour isoler les puits.

d) Le rejet ventilation du bâtiment de manutention du combustible

Le rejet de ventilation du bâtiment de manutention du combustible peut être surveillé pour:

- détecter des niveaux anormaux d'activité dans l'air résultant d'accidents postulés de manutention de combustible;
- fournir des signaux pour commander des systèmes de filtration.

e) Le rejet purge de la ventilation du bâtiment réacteur

Le rejet correspondant à la purge de la ventilation du bâtiment réacteur est habituellement en service pendant l'arrêt de la centrale et peut être surveillé pour détecter des niveaux d'activité anormaux dans l'air, résultant d'une manipulation anormale de combustible ou de la maintenance des matériels.

f) Le rejet «minibalayage» du bâtiment réacteur

Le rejet «minibalayage» du bâtiment réacteur est prévu pour fournir une arrivée d'air frais au bâtiment réacteur pendant le fonctionnement normal de la centrale et/ou lors de la manipulation de combustible quand la centrale est à l'arrêt.

La surveillance du rejet peut être requise pour:

- détecter une activité anormale dans l'air due aux accidents postulés lors de la manipulation du combustible à l'intérieur du bâtiment réacteur;
- commander l'isolement du «minibalayage».

7 Conception des moniteurs de surveillance de l'air

7.1 Conception générale des matériels

Les moniteurs doivent être positionnés comme établi lors de l'examen de la centrale (voir article 6). Néanmoins, leur situation doit être choisie en prenant en compte le rayonnement parasite en situation post-accidentelle et la nécessité de mettre en place des écrans pour réduire ses effets. Des exemples de positionnements possibles sont donnés à l'annexe A.

Les matériels de surveillance de l'air conçus selon cette norme sont normalement installés dans des zones où les conditions d'environnement sont susceptibles d'être variées. Les matériels doivent par conséquent être conçus pour résister aux conditions d'environnement locales, identifiées comme étant adaptées à la conception des systèmes et/ou composants liés au réacteur en conditions accidentelles ou post-accidentelles. Le cas échéant, une attention particulière doit être donnée à la température, à son gradient, aux vibrations, à l'humidité, à la pression, aux fluides agressifs ou corrosifs ou aux poussières et autres conditions physiques hostiles, de même qu'au débit de dose des rayonnements et à la dose intégrée à l'endroit où les matériels sont situés.

Il faut tenir compte de la possibilité que les matériaux utilisés dans la construction des moniteurs peuvent dégager des poisons ou des substances corrosives dans des conditions d'environnement hostiles comme le feu, les températures élevées ou les forts débits de dose. Dans la mesure du possible, la conception doit minimiser ces aspects par le choix des matériaux et d'enveloppes pour matériaux adaptées.

b) Reactor building leakage collection system

A reactor building designed with a system to collect leakage, for example an annulus space, may require monitoring to:

- detect leakage of radioactive material from the reactor building during accident, for example loss of coolant accident conditions (LOCA);
- provide signals to initiate filtering systems.

c) Drywell ventilation exhaust

In BWR, the drywell ventilation exhaust may be monitored to:

- detect abnormal leakage or an accident;
- provide signals to isolate the drywell.

d) Fuel handling building ventilation exhaust

The fuel handling building ventilation exhaust may be monitored to:

- detect abnormal airborne radiation levels resulting from postulated fuel handling accidents;
- provide signals to initiate filtering systems.

e) Reactor building ventilation purge exhaust

The reactor building ventilation purge exhaust is usually operational during plant shutdown and may be monitored to detect abnormal radiation levels of airborne radiation resulting from abnormal handling of fuel or equipment maintenance.

f) Reactor building "mini-purge" exhaust

The reactor building mini-purge exhaust is designed to provide fresh air supply to the reactor building during normal plant operation and/or during fuel movement operation when the plant is shutdown.

Monitoring the exhaust may be required to:

- detect abnormal airborne radiation resulting from postulated fuel handling accidents inside the reactor building;
- initiate the isolation of the "mini-purge".

7 Air monitor design**7.1 Overall equipment design**

Monitors shall be located as determined by the plant review (see clause 6). The location shall be selected with due regard to the post-accident radiation background and the need for shielding to minimize its effects. Examples of possible locations are given in annex A.

Air monitoring equipment designed to this standard is normally installed in areas where a variety of environmental conditions may be encountered. The equipment shall be designed therefore to withstand the local environmental conditions identified as appropriate for the design of the reactor systems and/or components during accidents and post-accident conditions. Special attention, where applicable, shall be given to temperature, its rate of change, vibration, humidity, pressure, aggressive or corrosive fluids or dusts and other adverse physical conditions as well as radiation level and the integrated dose at the location of the monitoring equipment.

Consideration shall be given to the possibility that materials utilized in the construction of the monitors may release poisonous or corrosive substances under adverse environmental conditions such as fire, high temperature or high radiation. As far as practicable, the design shall minimize this by the choice of materials and appropriate containment of materials.

Afin de permettre une maintenance et une calibration aisées, il convient que les points d'installation retenus nécessitent un minimum d'accessoires de maintenance tels qu'échelles, perches ou outillages et il convient de prévoir une zone non encombrée à proximité du moniteur afin de permettre les opérations d'étalonnage.

Prenant en compte les niveaux d'activité attendus, à la fois de la source mesurée et d'autres sources, les matériels doivent être capables de continuer à assurer effectivement la mesure pendant la période de temps pour laquelle ils doivent fonctionner.

Les signaux issus des détecteurs sont habituellement affichés dans la salle de commande de la centrale et un enregistrement permet de suivre les tendances. Ces dispositifs donnent aux exploitants les informations nécessaires afin d'évaluer comment évoluent les conditions anormales, et l'effet de leurs actions.

Les moniteurs sur lesquels on compte pour générer les signaux de déclenchement essentiels utilisés pour réduire les conséquences des accidents postulés doivent satisfaire aux critères de panne unique en accord avec la CEI 557, et être qualifiés pour assurer la fonction pour laquelle ils sont prévus en environnement accidentel pour une période d'au moins 100 jours ou toute autre période exigée par des réglementations nationales en vigueur. De plus, les détecteurs peuvent devoir satisfaire aux méthodes de qualification sismique selon la CEI 980.

La configuration du moniteur dépendra des prescriptions particulières relatives au type et à la gamme de mesures, ainsi que de la conception de la centrale nucléaire sur laquelle les mesures seront à effectuer. Elle peut cependant être classée généralement en ensembles de mesure «directe» ou «en dérivation».

7.1.1 Mesures directes

Les détecteurs peuvent être positionnés directement à l'intérieur des gaines de ventilation ou contre celles-ci. Dans ce cas, pour les conditions accidentelles attendues, il convient que l'origine du rayonnement parasite ambiant dans les différentes zones de la centrale soit soigneusement examinée afin d'en déterminer la contribution au niveau des détecteurs.

Si la mesure est effectuée directement par des détecteurs placés à l'intérieur, ou au contact du courant de l'effluent gazeux, seuls le détecteur et l'ensemble électronique minimal nécessaire doivent être situés à cet endroit. Les ensembles correspondants doivent être conçus pour pouvoir fonctionner dans les conditions d'environnement appropriées.

L'ensemble de commande et de mesure doit être monté dans un environnement qui permet un accès facile pour la maintenance en fonctionnement normal et dans les conditions post-accidentelles.

7.1.2 Mesures en dérivation

Si un échantillon de l'effluent est prélevé et envoyé à distance, la fuite d'air dans le système de surveillance doit être inférieure à 10 % du débit nominal. L'ensemble de prélèvement et de détection (à l'exception de la sonde de prélèvement et des canalisations), ainsi que l'ensemble de commande et de mesure, peuvent être placés côte à côte dans un environnement compatible avec les limites de conception du matériel spécifiées dans la présente norme. Lorsque cela n'est pas possible, par exemple en raison d'une longueur excessive de la canalisation de prélèvement, on doit appliquer les mêmes restrictions que pour l'ensemble de détection directe.

Quand cela est possible, un système de purge directe doit être prévu pour permettre la maintenance et les vérifications fonctionnelles de l'ensemble de prélèvement et de détection.

Puisque les moniteurs peuvent mettre en œuvre des pompes et des dispositifs de filtration nécessitant une maintenance, l'accessibilité aux moniteurs peut être requise en situation post-accidentelle. Il convient que des voies d'accès et l'exposition possible du personnel soient évaluées afin de vérifier l'adéquation de la situation des matériels. Dans cette évaluation il convient que soient pris en compte les termes sources associés aux prélèvements d'air devant être mesurés.

Il convient que les moniteurs destinés à prélever et mesurer l'activité des aérosols et iodes contenus dans l'air soient, en plus, situés de telle sorte que les pertes potentielles dans les lignes de transport soient les plus réduites possible, pertes provenant de facteurs tels que condensation et dépôts.

En fonction des isotopes devant être surveillés, l'air peut être filtré afin de faire disparaître les aérosols et les iodes radioactifs ou peut passer dans une capacité de volume constant connu. Les détecteurs et dispositifs électroniques associés mesurent les activités collectées ou les activités volumiques. Les détecteurs sont habituellement blindés afin d'améliorer la sensibilité du détecteur.

To allow for ease of maintenance and calibration, the selected locations should require the minimum use of maintenance equipment such as ladders, poles or tools, and should provide an uncluttered area near the monitor to allow for calibration.

Taking into account the expected radiation levels, both from the source being measured and other sources, the equipment shall be capable of continuing to measure effectively for the period of time for which it is required to function.

The signals from the detectors are usually displayed in the plant control room and recording is provided for trending. These features provide the operator with the information needed to assess how the abnormal conditions progress and the effectiveness of his actions.

Monitors relied upon to generate essential trip signals used to mitigate the consequences of postulated accidents shall meet the single failure criteria in accordance with IEC 557, and be qualified to perform their intended function in the accident environment for a period of at least 100 days, or any other period of time required by relevant national regulations. Further, the detectors may have to be seismically qualified in accordance with IEC 980.

The configuration of the monitor will depend on the particular requirements for the type and range of measurement and on the design of the nuclear power plant on which the measurements are to be made. Generally, however, it may be categorized as "on-line" or "off-line" measurement equipment.

7.1.1 *On-line measurement*

Detectors may be located directly inside or against ventilation ducts. In these cases, the sources of ambient background in the general areas of the plant should be carefully reviewed to determine their contributions to detector signals in the expected accident conditions.

If the measurement is made directly by detectors in or adjacent to the effluent stream, only the detector and the minimum necessary electronic equipment shall be mounted at that location. The equipment at that location shall be designed to operate under appropriate environmental conditions.

The control and measurement assembly shall be mounted in an environment which allows ready access for maintenance in normal operation and under post-accident conditions.

7.1.2 *Off-line measurement*

If a sample of effluent is transferred to a remote location, the leakage of air into the monitoring system shall be less than 10 % of the nominal flow rate. The sampling and detection assembly (with the exception of the sampling probe and pipework) and the control and measurement assembly may be adjacent in an accessible location and in an environment compatible with the equipment design limits specified in this standard. Where this is not practicable, for example, because of the excessive length of the sampling pipework involved, the same restrictions as for an on-line detection assembly shall be applied.

A purging capability for the sampling line shall be provided, if practicable, to facilitate maintenance and functional testing on the detector and sampling assembly.

Since air monitors may utilize pumps and filtering devices requiring maintenance, accessibility to the monitors may be required in a post-accident condition. Access routes and potential personnel radiation exposure should be evaluated to determine the adequacy of the equipment location. Included in this evaluation should be the radiation source terms associated with the sample of air to be measured.

Radiation monitors designed to sample and measure the radioactivity of particulates and iodines in the air should be located to minimize the potential losses in sampling line from factors such as condensation and plate-out.

Depending on the isotopes to be monitored, the air may be filtered to remove radioactive particulates and iodines or passed in a container of known constant volume. Detectors and appropriate electronics measure the radioactivity collected or the volumetric activity. Shielding around the detectors is usually provided to enhance detector sensitivity.

7.2 Gamme de mesures

La gamme de mesures exigée pour tout moniteur doit prendre en compte les sources de rayonnement propres à la conception spécifique de la centrale et les fonctions définies pour les matériels. Des exemples de gammes de mesures typiques sont donnés à l'annexe A.

Là où cela est approprié pour la fonction définie, la gamme de mesures des moniteurs doit être choisie de façon à assurer une mesure dans la dynamique de mesure pour toutes les conditions accidentelles pour lesquelles l'emploi de ces moniteurs a été spécifié.

7.3 Installations de contrôle

Il faut pouvoir disposer d'une source de contrôle ou d'une méthode de substitution adaptée. Cette source ou cette méthode sont prévues pour vérifier le fonctionnement correct des matériels en un point donné de la première ou de la deuxième décade de mesure. Lorsque le détecteur est monté à distance des ensembles de mesure et de commande, des dispositions doivent être prises pour exposer à distance le détecteur avec la source de contrôle (commande à distance).

Une source de contrôle intégrée, lorsqu'elle n'est pas en service, ne doit pas augmenter la mesure affichée de plus de 10 % de la valeur maximale de la décade la plus basse de la gamme de mesures effective.

8 Procédures d'essais

Les procédures d'essais doivent être conformes aux prescriptions générales du chapitre III de la CEI 951-1, sauf spécifications contraires dans les articles suivants. Elles sont résumées dans les tableaux II, III et IV de la CEI 951-1.

En règle générale, il convient d'essayer tous les moniteurs de gaz rares avec des sources gazeuses radioactives. Cependant, la conception de certains moniteurs peut entraîner l'utilisation de volumes ou d'activités de gaz d'essai trop élevés. Dans ce cas, le constructeur peut proposer d'autres procédures d'essais qui doivent être justifiées par le calcul et/ou par des travaux expérimentaux préalables. De telles procédures de substitution ne doivent être utilisées qu'avec l'accord de l'acheteur.

Dans le cas des moniteurs de mesure d'aérosols, d'iodes ou autres produits dans l'air, l'essai avec un produit dans l'air n'est généralement pas pratique et des sources solides peuvent être utilisées pourvu que ce soit dans une géométrie appropriée.

8.1 Sources de référence

Les sources radioactives de référence doivent être choisies en fonction du rayonnement que le matériel est destiné à mesurer. En général, les sources de référence seront choisies dans une norme ISO. Là où cela n'est pas adapté, les sources nécessaires devront être définies après accord entre le constructeur et l'acheteur.

Les sources radioactives de référence pour les moniteurs d'effluents gazeux peuvent être de deux types :

- des sources gazeuses (primaires) doivent être normalement exigées pour l'étalonnage de base;
- d'autres sources (secondaires) peuvent être utilisées en complément pour des essais de type ou pour les essais de vérification ultérieurs.

Pour les autres moniteurs, les sources primaires et secondaires peuvent être des sources solides de géométrie appropriée. La validité de ces sources doit être établie, soit par étalonnage ou par corrélation théorique.

La réponse des ensembles aux sources secondaires doit généralement être établie par intercomparaison avec des sources gazeuses. Afin de couvrir l'étendue de mesures du matériel, deux sources au moins sont nécessaires; l'activité de ces sources doit être choisie en fonction de la réponse du détecteur pour le système considéré.

Sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur, l'activité conventionnellement vraie des sources doit être connue avec une précision meilleure que 10 % ($\epsilon_{sa} < 10\%$, $\epsilon_{sr} < 10\%$), ϵ_{sa} et ϵ_{sr} étant respectivement l'incertitude absolue de l'activité conventionnellement vraie de la source d'essai et l'incertitude relative de l'activité de la source d'essai par rapport aux autres sources utilisées lors de l'essai. Quand la méthode d'essai utilise un instrument de transfert à la place d'une source d'activité définie avec précision, l'étalonnage de cet instrument doit être d'une précision comparable.

7.2 Range of measurement

The range of measurement required for any monitor shall take into account the radiation sources unique to specific plant design and the defined function of the equipment. Examples of typical ranges are illustrated in annex A.

Where this is appropriate to the defined function, the range of the monitors shall be selected to assure that the measurement remains on-scale for all accident conditions for which their use is claimed.

7.3 Check facilities

A suitable check source or alternative method shall be provided. This source or alternative method is intended to verify the proper operation of the equipment at a given point of the first or second decade. When the detector is mounted remotely from the control and measurement assembly, there shall be provision for remotely exposing check source (remote control).

An installed check source, when not in use, shall not increase the reading of the measurement assembly by more than 10 % of the maximum value of the lowest decade of the effective range of measurement.

8 Test procedures

The test procedures shall be in accordance with the requirements of chapter III of IEC 951-1, except as specified in the following clauses. The test procedures are summarized in tables II, III and IV of IEC 951-1.

As a general rule, all noble gas monitors should be tested with gaseous radioactive sources. However, for some monitor designs this may involve unacceptably large volumes or activities of test gas. In such cases, the manufacturer may propose alternative testing procedures which shall be justified by calculation and/or previous experimental work. Such alternative procedures shall only be used with the agreement of the purchaser.

In the case of monitors designed to measure particulates, iodine or other gas borne material, testing with gas borne material is not generally practicable and solid sources may be utilised provided these are of appropriate geometry.

8.1 Reference sources

Radioactive reference sources shall be chosen appropriate to the radiation which the equipment is designed to measure. Generally, reference to an ISO standard should be given. Where this is not appropriate, necessary sources shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Radioactive reference sources for noble gas monitors may be of two types:

- gaseous (primary) sources are normally required for basic calibration;
- other sources (secondary) may be used, for some type tests or subsequent check testing.

For other monitors, primary and secondary sources may be in form of solid sources of appropriate geometry. The validity of these sources must be established, either by real calibration or theoretical correlation.

The response of assemblies to secondary sources will generally have to be established by cross calibration against primary sources. In order to cover the range of the equipment, at least two sources are likely to be necessary, the radioactivity of which shall be chosen in accordance with the sensitivity of the detector for the chosen system.

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, the conventionally true activity of the sources shall be known with an accuracy better than 10 % ($\epsilon_{sa} < 10\%$, $\epsilon_{sr} < 10\%$), ϵ_{sa} and ϵ_{sr} are respectively the absolute uncertainty of conventionally true activity of the test source and the relative uncertainty of activity of the test source to other sources in the test set. Where the method of test uses a precalibrated reference instrument as an alternative to an accurately defined source strength, the calibration of this instrument shall be to a comparable standard of accuracy.

8.1.1 Sources primaires

Les sources gazeuses de référence peuvent être constituées de bouteilles d'air ou de gaz sous pression contenant le gaz rare avec lequel l'ensemble doit être essayé. Celui-ci peut être le gaz pour lequel l'ensemble est conçu ou tout autre gaz approprié.

Les sources solides primaires doivent être conçues pour fournir une géométrie d'activité équivalente à la distribution de l'activité susceptible d'apparaître dans l'appareil pour le fonctionnement réel.

8.1.2 Sources secondaires

Il est possible d'utiliser d'autres sources de référence au lieu des sources gazeuses pour certains essais de série ou de type. De telles sources doivent se présenter sous une forme physique adaptée à l'ensemble essayé, en particulier de façon à permettre le positionnement précis et reproductible de la source par rapport au détecteur lorsque cela est nécessaire. Le radionucléide utilisé doit être adapté à l'ensemble en essai.

8.2 Essais de performance aux rayonnements

Ces essais sont effectués dans les conditions normales d'essais et ils peuvent être faits sans débit d'air (ou de gaz), à l'exception des essais décrits en 8.2.1.3.

8.2.1 Précision de la réponse à la source de référence

8.2.1.1 Prescriptions

Dans les conditions normales d'essais, avec les réglages effectués conformément aux instructions du constructeur, l'erreur intrinsèque relative ne doit pas dépasser les limites indiquées au tableau 2, pour la totalité de la gamme de mesures effective.

8.2.1.2 Essais à effectuer

Les essais de type, les essais de série avec source et les essais électroniques de série doivent être effectués conformément à 25.2.4 de la CEI 951-1. Lorsqu'il est prévu d'utiliser des sources secondaires pour des essais ultérieurs, la réponse de l'ensemble à de telles sources, par rapport aux sources gazeuses appropriées, doit être établie à l'occasion d'essais de type.

8.2.1.3 Essais effectués avec des sources gazeuses radioactives (moniteurs de gaz rares)

Afin de réduire les effets d'une contamination possible de circuits de gaz, tous les essais réalisés avec des sources gazeuses doivent normalement être effectués en allant des faibles valeurs d'activité volumique vers les valeurs élevées si une décontamination appropriée ne peut être obtenue facilement. Cependant, quand le risque de contamination est faible (par exemple avec une cellule de prélèvement en acier inoxydable) et/ou lorsque des isotopes à vie courte sont utilisés, la mesure peut être effectuée dans l'ordre inverse.

Deux points au moins dans des décades différentes doivent être étalonnés avec des sources gazeuses. Compte tenu des valeurs d'activité importantes qui pourraient par ailleurs être utilisées, les décades suivantes peuvent, après accord entre le constructeur et l'acheteur, être étalonnées avec des sources secondaires. Plusieurs gaz d'essai peuvent être nécessaires suivant la fonction et la conception du moniteur. Les gaz à utiliser doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Selon la conception du moniteur, il faut pour l'essai:

- soit faire circuler¹ l'air ou le gaz d'activité connue à travers l'ensemble en essai pendant un temps suffisant pour atteindre l'équilibre de la mesure et noter les valeurs;
- soit immerger le détecteur dans un volume de gaz suffisamment grand pour être équivalent au volume contrôlé en position réelle de fonctionnement du détecteur et noter les valeurs lues à l'équilibre du moniteur en essai.

S'il est prévu d'utiliser un instrument de transfert préétalonné pour des essais ultérieurs, cet instrument doit être étalonné pendant ces essais, sauf s'il a déjà été étalonné (voir chapitre III de la CEI 951-1).

¹ La circulation peut ne pas être exigée si la mesure est corrigée convenablement pour la température et la pression.

8.1.1 *Primary sources*

Gaseous reference sources may consist of bottles of pressurized air or some other gas of interest containing the noble gas with which the assembly is to be tested. This may be the gas for which the assembly is designed or some other gas of interest.

Solid primary sources shall be constructed to provide an activity geometry equivalent to the distribution of activity which is expected to occur within the equipment in real use.

8.1.2 *Secondary sources*

Secondary sources may be used in lieu of primary sources for some routine and type tests. Such sources shall be of physical form appropriate to the assembly under test, in particular so as to allow location of the source relative to the detector to be accurately fixed and repeated whenever necessary. The nuclide used shall be appropriate to the assembly under test.

8.2 *Radiation performance tests*

These tests are undertaken under standard test conditions and may be carried out without air (or gas) flow, with the exception of the tests described in 8.2.1.3.

8.2.1 *Accuracy of response to the reference source*

8.2.1.1 *Requirements*

Under standard test conditions, with calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the relative intrinsic error shall not exceed the limits given in table 2 over the whole of the effective range of measurement.

8.2.1.2 *Tests to be carried out*

Type tests, routine source tests and routine electronic tests shall be carried out as defined in 25.2.4 of IEC 951-1. Where secondary sources are to be used for subsequent tests, the response of the assembly to such sources, relative to the appropriate gaseous sources, shall be established during type testing.

8.2.1.3 *Tests with gaseous radioactive sources (noble gas monitors)*

In order to minimise the effects of possible contamination of the gas circuits, all tests with gas sources shall normally proceed from low to high values of activity concentration if adequate decontamination cannot easily be achieved. However, where the risk of contamination is low (e.g. stainless steel sample cell) and/or short half life isotopes are used, the measurement may proceed from high to low.

At least two points in different decades shall be tested with gaseous sources. In view of the high levels of activity which would otherwise have to be used, the linearity of the following measuring decades may, by agreement between the manufacturer and the purchaser, be tested with secondary sources. A range of test gases may need to be used depending on the function and design of the monitor. The gases to be used shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Depending on the design of the monitor, the test shall:

- either circulate¹ air or gas labelled with a known activity through the assembly under test during a sufficient time interval to reach measurement equilibrium and note the readings;
- or immerse the detector in a sufficiently large volume of gas to be equivalent to the volume in the actual operating position of the detector and note the readings under equilibrium conditions for the monitor under test.

If it is intended to use a reference instrument for further tests, then such an instrument shall be calibrated during these tests, unless it had already been calibrated (see chapter III of IEC 951-1).

¹ Circulation may not be required if the measurement is properly corrected for temperature and pressure.

8.2.1.4 *Essais effectués avec un instrument de transfert*

En variante à l'utilisation de sources gazeuses étalonnées, il est possible d'utiliser un instrument de transfert étalonné pour déterminer la réponse à l'activité d'une source quelconque.

Il convient que cet instrument de transfert étalonné soit inséré dans le courant gazeux (ou dans un volume de gaz suffisamment grand) dans les mêmes conditions que le matériel en essai et il y a lieu de noter les lectures pour chacun d'entre eux.

Dans ces conditions, pour estimer l'erreur relative intrinsèque du matériel à l'essai, il y a lieu d'utiliser les lectures et l'erreur absolue de mesure de l'instrument de transfert à la place du niveau d'activité conventionnellement vrai et de l'incertitude absolue de l'activité conventionnellement vraie de la source d'essai.

8.2.1.5 *Essais effectués avec une source solide primaire*

Pour les équipements autres que les moniteurs de gaz rares, les essais peuvent être effectués avec des sources solides primaires positionnées dans une géométrie appropriée par rapport au détecteur, par exemple à la place de la cartouche de collection ou du filtre du moniteur.

8.2.1.6 *Essais effectués avec sources*

Si les méthodes décrites en 8.2.1.3 et 8.2.1.4 impliquent l'utilisation d'une source entraînant des volumes de sources ou des activités inacceptables (en ce qui concerne par exemple un danger d'exposition pour le personnel), il est possible de simuler une source importante en positionnant une source plus petite en plusieurs endroits du détecteur et d'utiliser les lectures comme données d'entrée d'un calculateur qui peut nécessiter un programme de calcul pour la détermination de la réponse du détecteur.

Le constructeur doit faire la preuve de la validité de cet essai, ainsi que de la démarche analytique, d'une façon qui satisfasse l'acheteur.

8.2.1.7 *Étalonnage avec des sources secondaires*

Pour ces essais, des sources secondaires sont utilisées. Elles doivent tout d'abord être étalonnées en fonction des sources primaires de référence. Les sources secondaires appropriées doivent être placées dans des positions définies par rapport au détecteur, sans changement des conditions de l'essai avec source primaire, mais sans celle-ci. La réponse relative pour les sources primaires doit être relevée. Pour les essais ultérieurs, la réponse de l'instrument aux sources doit être calculée en utilisant la réponse relative établie pour les sources secondaires.

Une technique similaire peut être utilisée pour la vérification de l'étalonnage du moniteur après installation sur le site, mais une possible variation du bruit de fond devra être prise en compte.

8.2.1.8 *Essais effectués avec un générateur de signal électrique*

Afin d'éviter l'utilisation de sources d'activité trop élevée pour les essais de série, l'ensemble de mesure peut être essayé seul, par injection d'un signal électrique approprié, à l'entrée normale de l'ensemble de mesure, à la place du signal du détecteur.

8.2.1.9 *Présentation des résultats*

La présentation des résultats doit être conforme à 25.2.5 de la CEI 951-1.

8.3 *Temps de réponse*

8.3.1 *Prescriptions*

Le temps de réponse global de l'ensemble doit être spécifié et adapté à l'application particulière. Cet essai détermine seulement le temps de réponse du moniteur et ce temps peut être négligeable en comparaison du temps de réponse global du système de surveillance tel qu'il est installé dans la centrale (comprenant les temps d'échantillonnage, etc.)

8.2.1.4 *Tests with a reference instrument*

As an alternative to the use of calibrated gaseous sources, a calibrated reference instrument may be used to establish the correct response to an undefined source activity.

This reference instrument should be inserted in the gas flow (or in a sufficiently large volume of gas) in the same way as the equipment under test and, for both of them, the readings should be noted.

In this case, to estimate the relative intrinsic error of the equipment under test, the readings and the absolute measurement error of the reference instrument should be used instead of the conventionally true activity level and the absolute uncertainty of conventionally true activity of the test source.

8.2.1.5 *Tests with solid primary sources*

For equipment other than noble gas monitors, tests may be carried out with solid primary sources which are located in an appropriate geometry relative to the detector, for example in place of the collecting cartridge or filter of the monitor.

8.2.1.6 *Tests with multiple sources*

If the methods described in 8.2.1.3 and 8.2.1.4 result in the utilization of a source which leads to unacceptable source volumes or activity (e.g. with respect to personnel exposure hazards) an acceptable method is to simulate a large source by positioning a smaller source at different locations of the detector and to use the reading as input to calculations which may require a computer program to define the detector response.

The manufacturer shall demonstrate the validity of such a test and analytical approach to the satisfaction of the purchaser.

8.2.1.7 *Calibration with secondary sources*

For these tests, secondary sources are used which shall, first of all, be calibrated against primary reference sources. The appropriate secondary sources shall be placed at defined locations relative to the detector, with the primary source test conditions unchanged, but the primary source absent; the relative response to the primary source shall be noted. For subsequent tests, the instrument response to a primary source shall be computed, using the relative response established for the secondary source.

A similar technique may be used for checking the calibration of monitors when installed on site, but account will have to be taken of the possible variation in background radiation.

8.2.1.8 *Tests with electric signal generator*

In order to avoid the use of sources of too high an activity for the routine tests, the measuring assembly alone may be tested by injection of an appropriate electric signal at the normal detector input of the measuring assembly.

8.2.1.9 *Form of expression of the results*

The form of expression of the results shall be as defined in 25.2.5 of IEC 951-1.

8.3 *Response time*

8.3.1 *Requirements*

The overall response time of the assembly shall be specified and it shall be appropriate to the particular application. This test only demonstrates the response time of the monitor; this may not be particularly important compared with the overall response time of the monitor system as installed in the plant (allowing for sampling flow times, etc.).

8.3.2 Méthode d'essai

Il est recommandé d'utiliser les méthodes d'essais suivantes, sauf accord particulier entre le constructeur et l'acheteur. Dans tous les cas, il est recommandé que l'ensemble soit relié à un enregistreur afin de déterminer les variations des indications en fonction du temps.

8.3.2.1 Essai avec une source secondaire

L'enregistreur doit être mis en service en l'absence de la source d'essai et la valeur R_1 lue à l'équilibre doit être notée. La source doit être ensuite introduite rapidement dans la position définie par rapport au détecteur et le signal de sortie de l'ensemble doit être enregistré jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre R_F soit atteint. Dans le cadre de cet essai, «rapidement» signifie un intervalle de temps beaucoup plus court que le temps de réponse mesuré.

Le temps de réponse est l'intervalle de temps séparant l'instant pendant lequel on introduit la source et l'instant auquel la mesure atteint $0,90 (R_F - R_1) + R_1$.

8.3.2.2 Essai par analyse de la géométrie du système

Quand la conception du moniteur le permet et après accord entre le constructeur et l'acheteur, le temps de réponse peut être déterminé par calcul. Cela nécessite une évaluation précise de la géométrie de l'ensemble d'échantillonnage et de détection ainsi que des caractéristiques du débit gazeux.

8.4 Réponse en énergie

8.4.1 Prescriptions

Le constructeur doit spécifier la réponse en énergie de l'ensemble; celle-ci doit être appropriée à l'application particulière, après accord entre le constructeur et l'acheteur.

Une courbe typique d'étalonnage indiquant la variation de la réponse en fonction de l'énergie des rayonnements doit être établie pour chaque appareil.

8.4.2 Méthode d'essai

Le choix et le nombre de sources doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

8.5 Qualification sismique

Si la qualification sismique est nécessaire, elle doit être effectuée selon les prescriptions de la CEI 980.

8.6 Surcharge

Compte tenu de la grande gamme de mesures de certains équipements couverts par cette norme, il n'est peut-être pas pratique d'effectuer les essais aux rayonnements définis dans la CEI 951-1.

Dans ces conditions, en accord avec l'acheteur, le constructeur peut prouver les performances à la surcharge par une évaluation des performances du détecteur et du sous-ensemble électronique, basée sur une extrapolation des essais de rayonnements les plus élevés possibles.

8.7 Essais de fuites

Les essais d'acceptation doivent être effectués pour confirmer que les fuites dans le circuit d'air (ou de gaz) reste dans les limites spécifiées en 7.1.2. La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

9 Certificat, manuel et rapport des essais de type

La documentation doit être fournie comme prescrit aux articles 30 à 33 de la CEI 951-1.

8.3.2 *Method of test*

The following methods of test are recommended unless alternative arrangements are agreed between manufacturer and purchaser. In any case, it is recommended that a recorder be connected to the assembly to determine the change in indications as a function of time.

8.3.2.1 *Test with a secondary source*

A recorder shall be operated without the test source present and the equilibrium reading R_1 noted. The source shall then be rapidly introduced into the defined position relative to the detector and the output signal of the assembly recorded until a new equilibrium reading R_F is obtained. In the context of this test, "rapidly" is defined as a much shorter time than the response time being tested.

The interval of time separating the moment at which the source is introduced and the moment at which the reading reaches $0,90 (R_F - R_1) + R_1$ is the response time.

8.3.2.2 *Test by analysis of system geometry*

Where the monitor design allows and by agreement between the manufacturer and the purchaser, the response time may be determined by calculation. This requires a careful assessment of the geometry of the sampling and detection assembly and the rated gas flow characteristics.

8.4 *Energy response*

8.4.1 *Requirements*

The manufacturer shall specify the energy response of the assembly which, by agreement between the manufacturer and the purchaser, shall be appropriate to the particular application.

A typical calibration graph showing the variation of response with radiation energy shall be issued with each equipment.

8.4.2 *Method of test*

The choice and the number of sources shall be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser.

8.5 *Seismic qualification*

If seismic qualification is necessary, it shall be carried out according to the requirements of IEC 980.

8.6 *Overload*

In view of the high range measurement of some equipment covered by this standard, it may not be practicable to apply the radiation tests defined in IEC 951-1.

In that case, with the agreement of the purchaser, the manufacturer may demonstrate the overload performance by an evaluation of the performance of the detector and electronic subassembly, based on extrapolation from the highest practicable radiation tests.

8.7 *In leakage tests*

Acceptance testing shall be performed to confirm that in leakage in the air (or gas) circuit is within the limits specified in 7.1.2. The test method shall be agreed to between the manufacturer and the purchaser.

9 *Certificate, manual and type test report*

Documentation shall be provided as required in clauses 30 to 33 of IEC 951-1.

Tableau 1 — Conditions de référence et conditions normales d'essais

Grandeurs d'influence	Conditions de référence	Conditions normales d'essais
Source radioactive de référence	Comme approprié	Comme approprié
Temps de préchauffage — électronique — circuit gaz ou air	15 min 60 min	>15 min > 60 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique ¹	101,3 kPa	86 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation	Tension nominale d'alimentation U_N	Tension nominale d'alimentation $U_N \pm 1 \%$
Fréquence d'alimentation	Fréquence nominale	Fréquence nominale à $\pm 0,5 \%$
Forme d'onde de la tension (pour tension alternative seulement)	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec un taux de distorsion harmonique total inférieur à 5 %
Bruit de fond du rayonnement gamma	Selon spécification	Selon spécification
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la plus faible valeur provoquant des perturbations
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure au double de la valeur de l'induction du champ magnétique terrestre
Orientation de l'ensemble	Précisée par le constructeur	Orientation définie à $\pm 10 \%$
Dispositifs de commande de l'ensemble	Réglés pour le fonctionnement normal	Réglés pour le fonctionnement normal
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
¹ Dans les cas où la technique de détection est particulièrement sensible aux variations de pression atmosphérique, les conditions doivent être limitées à $\pm 5 \%$ de la pression de référence.		

Table 1 — Reference conditions and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Reference radiation	As appropriate	As appropriate
Warm-up time — electronic devices — air or gas circuit	15 min 60 min	>15 min > 60 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure ¹	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal supply voltage U_N	Nominal supply voltage $U_N \pm 1 \%$
Power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 0,5 \%$
Power supply waveform (for a.c. only)	Sinusoidal	Sinusoidal with a total harmonic distortion less than 5 %
Gamma radiation background	In accordance with specification	In accordance with specification
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to the earth's magnetic field
Orientation of assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 10 \%$
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
¹ Where the detection technique is particularly sensitive to variation in atmospheric pressure, the conditions shall be limited to $\pm 5 \%$ of the reference pressure.		

Tableau 2 — Essais effectués dans les conditions normales d'essais

Caractéristiques en essai CEI 951-1	Prescriptions	Référence (paragraphe) CEI 951-1	Référence (paragraphe) CEI 951-5
Réponse de référence	Conformément aux spécifications du constructeur	25.1	—
Erreur relative intrinsèque (E_i)	± 25 % du débit de dose conventionnellement vrai	25.2	8.2.1
Surcharge	L'indication de l'ensemble doit rester à l'indication maximale lorsque celui-ci est exposé à une activité égale à dix fois celle qui donnerait la déviation maximale	25.5	8.6
Fluctuations statistiques	Coefficient de variation inférieur à 10 % pour les échelles linéaires ou à affichage numérique, 20 % pour les échelles non linéaires	26.1	—
Stabilité de l'indication	Inférieure à 10 % de la déviation angulaire maximale sur toutes les échelles à affichage linéaire. Inférieure à 20 % de la déviation angulaire équivalente à une décade pour les affichages logarithmiques. Inférieure à 10 % de l'indication pour les affichages numériques	25.6	—
Stabilité du déclenchement de l'alarme	Inférieure à 20 % de la valeur du point de réglage sur une période de 1 mois	26.6	—
Etendue du déclenchement de l'alarme	Conformément à l'article 12 de la CEI 951-1	26.7	—
Alarmes de défaut de l'ensemble	Alarme «niveau bas» conformément à l'article 12 de la CEI 951-1. Les autres alarmes faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur	26.8	—
Temps de réponse	Conformément aux spécifications du constructeur	—	8.3
Niveau de fuites	Inférieur à 10 % du débit nominal	—	8.7