

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60780

Deuxième édition
Second edition
1998-10

**Centrales nucléaires –
Équipements électriques de sûreté –
Qualification**

**Nuclear power plants –
Electrical equipment of the safety system –
Qualification**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60780:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er 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**

60780

Deuxième édition
Second edition
1998-10

**Centrales nucléaires –
Équipements électriques de sûreté –
Qualification**

**Nuclear power plants –
Electrical equipment of the safety system –
Qualification**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	6
2 Références normatives.....	8
3 Termes et définitions.....	10
4 Processus général de qualification	16
4.1 Essais de type.....	18
4.2 Expérience d'exploitation.....	18
4.3 Qualification par l'analyse.....	18
4.4 Qualification mixte	18
4.5 Qualification progressive.....	20
5 Procédures et méthodes de qualification	20
5.1 Identification de l'équipement du système de sûreté soumis à qualification	20
5.2 Spécifications de fonctionnement de l'équipement.....	20
5.3 Procédures des essais de type.....	22
5.4 Qualification par l'expérience d'exploitation	48
5.5 Qualification par l'analyse.....	50
5.6 Qualification progressive.....	50
5.7 Critères de défaillance	52
5.8 Modifications.....	52
5.9 Maintenance planifiée	54
6 Documentation.....	54
6.1 Généralités	54
6.2 Fichiers de documentation	54
6.3 Données des essais de type.....	54
6.4 Données de l'expérience d'exploitation	56
6.5 Analyse.....	56
6.6 Extrapolation.....	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	11
4 General qualification process	17
4.1 Type testing	19
4.2 Operating experience	19
4.3 Qualification by analysis	19
4.4 Combined qualification	19
4.5 On-going qualification	21
5 Qualification procedures and methods	21
5.1 Identification of equipment of the safety system being qualified	21
5.2 Equipment performance specifications	21
5.3 Type test procedures	23
5.4 Qualification by operating experience	49
5.5 Qualification by analysis	51
5.6 On-going qualification	51
5.7 Criteria of failure	53
5.8 Modifications	53
5.9 Planned maintenance	55
6 Documentation	55
6.1 General	55
6.2 Documentation files	55
6.3 Type test data	55
6.4 Operating experience data	57
6.5 Analysis	57
6.6 Extrapolation	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DE SÛRETÉ – QUALIFICATION

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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60780 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1984 et son amendement 1 paru en 1991, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/332/FDIS	45A/341/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS –
ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE SAFETY SYSTEM – QUALIFICATION**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60780 has been prepared by subcommittee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1984 and its amendment 1 published in 1991, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
45A/332/FDIS	45A/341/RVD

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

CENTRALES NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DE SÛRETÉ – QUALIFICATION

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux équipements électriques des systèmes de sûreté utilisés dans les centrales nucléaires, y compris aux composants ou aux équipements de toute interface dont la défaillance pourrait diminuer les caractéristiques de fonctionnement du système de sûreté. Elle est également applicable aux interfaces non électriques associées à une fonction de sûreté.

La présente norme décrit successivement le processus général de qualification, les procédures et méthodes de qualification à utiliser ainsi que la documentation associée.

La qualification a pour rôle essentiel de vérifier que la conception et les procédés de fabrication de chaque type d'équipement du système de sûreté sont tels qu'ils garantissent, avec un degré de certitude élevé, que les futurs équipements de même type fonctionneront comme exigé.

Cette norme donne également les méthodes à utiliser de préférence dans diverses configurations ainsi que les degrés de sévérité à retenir pour la séquence de qualification.

Ces conditions imposées à la qualification garantiront, lorsqu'elles sont satisfaites, que l'aptitude des équipements du système de sûreté à remplir leur fonction a été convenablement vérifiée.

Il convient de considérer qu'il existe différentes catégories de qualification en fonction du rôle et de la localisation de l'équipement. Lorsqu'une qualification est exigée par d'autres normes ou recommandations de la CEI relatives à des centrales nucléaires autres que celles décrites dans cette norme, il est conseillé d'avoir recours aux directives générales contenues dans la présente norme.

Pour la qualification initiale des équipements et le maintien de la qualification après modifications, il est recommandé d'utiliser les méthodes de qualification décrites dans cette norme.

Si d'autres règles de qualification se rapportant à des équipements électriques ou à des méthodes d'essai spécifiques existent ailleurs, il est bon qu'elles soient utilisées en complément de la présente norme.

Les méthodes ou références visant à déterminer la durée de vie à la conception des équipements ne sont pas incluses dans la présente norme.

Il est demandé aux fabricants et aux utilisateurs d'équipements de systèmes de sûreté de fournir la preuve que ces équipements satisferont aux prescriptions de fonctionnement qui leur sont imposées, ou les dépasseront, pendant toute leur durée de vie. Cela nécessite d'élaborer divers programmes d'assurance de qualité à plusieurs niveaux: conception, qualification, contrôle de qualité à la production, installation, maintenance et essais périodiques. Cette norme ne traite que des aspects relatifs à la qualification.

NUCLEAR POWER PLANTS – ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE SAFETY SYSTEM – QUALIFICATION

1 Scope and object

This International Standard is applicable to electrical equipment of safety systems used in nuclear power plants, including components or equipment of any interface whose failure could adversely affect the performance of the safety system. It is also applicable to non-electrical interfaces associated with a safety function.

This standard describes successively the general qualification process, the qualification procedures and methods to be used and the associated documentation.

It is the primary role of qualification to ensure that, for each type of safety-related equipment, the design and the manufacturing processes are such that there is a high degree of confidence that future equipment of the same type will perform as required.

This standard also gives preferential methods in various configurations, as well as severity levels to be used in the qualification sequence.

These qualification requirements, when met, will provide adequate verification that the equipment of the safety systems is designed to perform its function.

It should be taken into account that there exist different categories of qualification according to the task and the location of the equipment. Where qualification is required by other IEC standards or recommendations for nuclear power plants other than those described in this standard, the use of the general guidance provided in this standard is recommended.

The qualification methods described here should be used for the initial qualification of the equipment and for maintaining qualification preservation following modifications.

Other qualification rules for specific electrical equipment or test methods may exist elsewhere and should be used to supplement this standard.

The references and methods for determining equipment design life are not directly covered by this standard.

The manufacturers and users of equipment for safety systems are required to provide evidence that such equipment will meet or exceed its performance requirements throughout its installed life. This requires the establishment of different quality assurance programmes at various levels: design, qualification, production quality control, installation, maintenance and periodic testing. This standard deals only with the qualification aspects.

Les autres étapes du programme d'assurance de qualité exigent un contrôle strict pour s'assurer que les équipements de même type, fabriqués ultérieurement, seront conformes à celui qui a fait l'objet de la qualification, et qu'ils seront convenablement utilisés, installés, entretenus et périodiquement testés.

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, 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 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*.

CEI 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai A: Froid*

CEI 60068-2-2:1974, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-3:1969, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

CEI 60068-2-6:1995, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-11:1981, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

CEI 60068-2-14:1984, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai N: Variations de température*

CEI 60068-2-18:1989, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai R et guide: Eau*

CEI 60068-2-27:1987, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-28:1990, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Guide pour les essais de chaleur humide*

CEI 60068-2-29:1987, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Eb et guide: Secousses*

CEI 60068-2-30:1980, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*

CEI 60068-2-31:1969, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 60068-2-32:1975, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ed: Chute libre (méthode 1)*

The other steps in the quality assurance programme require strict control to ensure that subsequent equipment of the same type matches that which was qualified, and that is suitably applied, installed, maintained and periodically tested.

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 listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-3:1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-18:1989, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test R and guidance: Water*

IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-28:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Guidance for damp heat tests*

IEC 60068-2-29:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

IEC 60068-2-31:1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-32:1975, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ed: Free fall (Procedure 1)*

CEI 60068-2-34:1973, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fd: Vibrations aléatoires à large bande – Exigences générales*

CEI 60068-2-52:1996, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 60068-2-57:1989, *Essais d'environnement – Partie 2: Essai – Essai Ff: Vibrations – Méthode par accélérogrammes*

CEI 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais au marteau*

CEI 60068-3 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 3: Information de base*

CEI 60068-3-3:1991, *Essais d'environnement – Partie 3: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

CEI 60068-5-1:1991, *Essais d'environnement – Partie 5: Guide pour la rédaction des méthodes d'essai – Principes généraux*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60544-2:1991, *Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants – Partie 2: Méthodes d'irradiation et d'essai*

CEI 60557:1982, *Terminologie CEI sur les réacteurs nucléaires*

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

CEI 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

CEI 61298-2:1995, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 2: Essais dans les conditions de référence*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

vieillissement (naturel)

modifications dans le temps des propriétés physiques, chimiques et électriques d'un composant ou d'un équipement, dans un domaine de fonctionnement prévu à la conception, qui peut entraîner la dégradation des caractéristiques de performance significatives

IEC 60068-2-34:1973, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fd: Random vibration wide band – General requirements*

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-57:1989, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ff: Vibration – Time history method*

IEC 60068-2-75:1997, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer test*

IEC 60068-3 (all parts), *Environmental testing – Part 3: Background information*

IEC 60068-3-3:1991, *Environmental testing – Part 3: Guidance – Seismic test methods for equipment*

IEC 60068-5-1:1991, *Environmental testing – Part 5: Guide to drafting of test methods – General principles*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60544-2:1991, *Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test*

IEC 60557:1982, *IEC terminology in the nuclear reactor field*

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

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 61298-2:1995, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 2: Tests under reference conditions*

3 Terms and definitions

For the purposes of this International Standard, the following terms and definitions apply.

3.1

ageing (natural)

change with the passage of time of physical, chemical or electrical properties of a component or equipment under design range operating conditions, which may result in degradation of significant performance characteristics

3.2

vieillesse accélérée

processus accéléré destiné à simuler un fonctionnement de longue durée en une courte période de temps. Ce processus qui consiste à soumettre un équipement ou un composant à des contraintes compatibles avec des lois connues de dégradation mesurable, physique et chimique, a pour but d'obtenir des propriétés physiques et électriques identiques à celles qu'ils auraient eues à l'issue d'une longue utilisation dans des conditions de fonctionnement normal

3.3

données se prêtant à la vérification

information technique documentée et organisée de façon à être facile à comprendre et à retrouver, et permettant une vérification indépendante des déductions ou conclusions fondées sur cette information

3.4

composants

éléments à partir desquels l'équipement est assemblé (par exemple résistances, condensateurs, câbles, connecteurs, transistors, tubes, interrupteurs, ressorts, etc.)

3.5

enceinte de confinement

partie des dispositifs de sauvegarde conçue pour jouer le rôle de barrière venant après l'enveloppe du circuit primaire du réacteur afin d'empêcher le relâchement, même en situations accidentelles, de quantités inacceptables de matière radioactive au-delà d'une zone contrôlée

3.6

événements initiateurs hypothétiques

événements (ou combinaisons possibles d'événements) tels que des défaillances de matériel, des erreurs d'opérateur, des séismes et leurs conséquences, pris en compte à la conception, qui pourraient conduire à des incidents de fonctionnement prévus ou à des situations accidentelles

3.7

durée de vie à la conception

durée pour laquelle on démontre à partir des conditions de conception que des caractéristiques de fonctionnement satisfaisantes sont conservées

3.8

qualification de l'équipement

démonstration au moyen d'analyses, d'essais de type ou du retour d'expérience, de l'aptitude de l'équipement à fonctionner conformément aux exigences de précision et de performance qui lui sont imposées, dans des conditions de fonctionnement et d'environnement spécifiées

3.9

marge de qualification

différence entre les conditions spécifiées d'exploitation et d'environnement de la centrale les plus sévères et les conditions mises en œuvre dans l'ensemble du processus de qualification

3.10

durée de vie installée

intervalle de temps entre l'installation et le démontage durant lequel l'équipement ou l'un de ses composants sont susceptibles d'être soumis à des conditions d'utilisation prévues

NOTE – L'équipement peut avoir une durée de vie installée de 40 ans tout en changeant périodiquement certains de ses composants; la durée de vie installée de ces composants est alors inférieure à 40 ans.

3.2

accelerated ageing

accelerated process designed to simulate an advanced life condition in a short period of time. It is the process of subjecting an equipment or a component to stress conditions in accordance with known measurable physical or chemical laws of degradation in order to render its physical and electrical properties similar to those it would have at an advanced age operating under expected operational conditions

3.3

auditable data

technical information which is documented and organized in a readily understandable and traceable manner that permits independent auditing of the inferences or conclusions based on the information

3.4

components

items from which the equipment is assembled (for example resistors, capacitors, wires, connectors, transistors, tubes, switches, springs, etc.)

3.5

containment

portion of the engineered safety features designed to act as the barrier, after the reactor primary envelope, to prevent the release, even under reactor accident conditions, of unacceptable quantities of radioactive material beyond a controlled zone

3.6

postulated initiating events

events (or their credible combinations) such as equipment failures, operator errors, earthquakes and their consequences which are postulated as part of the design basis and which could lead to anticipated operational occurrences or accident conditions

3.7

design life

time during which satisfactory performance based on full design consideration can be demonstrated for a specified set of operating conditions

3.8

equipment qualification

demonstration by means of analyses, type tests or operating experience, that the equipment is able to function within its required accuracy and performance requirements in all required operational and environmental conditions

3.9

qualification margin

difference between the most severe specified functional and environmental conditions of the plant and the conditions used through the whole qualification process

3.10

installed life

time interval from installation to removal, during which the equipment or components thereof may be subjected to design operational conditions

NOTE – Equipment may have an installed life of 40 years with certain components changed periodically; thus the installed life of the components would be less than 40 years.

3.11

interface entre les systèmes de sûreté et d'autres systèmes

système de liaison entre un équipement du système de sûreté et un autre équipement ou dispositif. (Exemples: boîtes de connexion, épissures, plaquettes de connexions, connexions électriques, passe-fils caoutchouc, joints, câbles, conduits, gaines, etc.)

3.12

expérience d'exploitation

accumulation de données vérifiables relatives au fonctionnement, pour des conditions équivalentes à celles pour lesquelles il est nécessaire d'établir la qualification d'un équipement particulier

3.13

durée de vie qualifiée

période de temps pendant laquelle il peut être vérifié que les caractéristiques restent satisfaisantes dans un ensemble spécifié de conditions d'utilisation

NOTE – La durée de vie qualifiée d'un élément particulier de l'équipement peut être modifiée au cours de la durée de vie installée de celui-ci, lorsque cette modification se justifie.

3.14

système de sûreté

tous les systèmes importants pour la sûreté prévus pour assurer, dans tous les cas, l'arrêt sûr du réacteur et l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur et/ou pour limiter les conséquences des incidents de fonctionnement prévus et des situations accidentelles (voir la CEI 60557)

NOTE – Le système de sûreté comprend le système de protection, les systèmes de sauvegarde et les dispositifs supports du système de sûreté. Les équipements du système de sûreté peuvent être destinés uniquement à remplir des fonctions de sûreté ou peuvent remplir des fonctions de sûreté pour certains états de fonctionnement de la centrale et des fonctions non liées à la sûreté dans d'autres états de fonctionnement de la centrale.

3.15

fonction de sûreté

fonction spécifique du système de sûreté ou des autres systèmes importants pour la sûreté, par exemple arrêter le réacteur ou évacuer la puissance résiduelle. Chaque événement initiateur hypothétique peut exiger qu'une ou plusieurs des fonctions de sûreté soient remplies

NOTE – Une liste de ces fonctions de sécurité est donnée dans le Guide de sûreté 50-SG-D1 de l'AIEA sur les fonctions de sûreté et la classification des équipements pour la sûreté des réacteurs BWR, PWR et PTR.

3.16

échantillon d'équipement

équipement de série qui a été essayé pour délivrer des données valables dans une gamme de spécifications

NOTE – Il est souvent nécessaire de mener des essais de type sur plusieurs échantillons du même équipement.

3.17

conditions d'utilisation

grandeurs d'influence résultant des conditions de fonctionnement normal, des valeurs extrêmes attendues pour les conditions de fonctionnement normal et des conditions liées à l'apparition des événements initiateurs hypothétiques de la centrale

3.18

essais de type

essais conduits sur des échantillons pour vérifier la validité de la conception et les procédés de fabrication

3.11**interface between safety system and other systems**

junction or junctions between equipment of the safety system and other equipment or devices. (Examples: connection boxes, splices, terminal boards, electrical connections, grommets, gaskets, cables, conduits, enclosures, etc.)

3.12**operating experience**

accumulation of verifiable operational data for conditions equivalent to those for which particular equipment is to be qualified

3.13**qualified life**

period of time for which satisfactory performance can be verified for a specified set of operational conditions

NOTE – The qualified life of a particular equipment item may be changed during its installed life where justified.

3.14**safety system**

all those systems important to safety provided to ensure, in any condition, the safe shutdown of the reactor and the heat removal from the core and/or to limit the consequences of anticipated operational occurrences and accident conditions (see IEC 60557)

NOTE – The safety system consists of the protection system, the safety actuation system, and the safety system support features. Equipment of the safety system may be provided solely to perform safety functions or may perform safety functions in some plant operating states and non-safety functions in other plant operational states.

3.15**safety function**

specific purpose of the safety system or other items important to safety, for example, to shut down the reactor or to remove residual heat. Each postulated initiating event may require that one or more safety functions be accomplished

NOTE – A list of safety functions is given in IAEA Safety Guide 50-SG-D1 on Safety functions and equipment classification for BWR, PWR and PTR.

3.16**sample equipment**

production equipment tested to obtain data that are valid over a range of specific ratings

NOTE – It is often necessary to carry out type tests on several samples of the same equipment.

3.17**operational conditions**

influence quantities expected as a result of normal operating requirements, expected extremes in normal operating requirements and postulated conditions appropriate for the postulated initiating events of the station

3.18**type tests**

tests that are made on samples to verify adequacy of design and the manufacturing processes

3.19

équipement

assemblage de composants conçus et fabriqués pour remplir des fonctions particulières

4 Processus général de qualification

La qualification peut s'effectuer de plusieurs manières: essais de type, expérience d'exploitation ou analyse. Ces méthodes peuvent être employées isolément ou combinées, selon la situation qui se présente.

Les essais de type soumettent l'équipement aux environnements et aux conditions d'utilisation pour lesquels il a été conçu et contrôlent son fonctionnement pendant qu'il y est soumis.

En pratique, le programme d'essais simule à la fois les conditions normales et exceptionnelles d'exploitation ainsi que les situations accidentelles.

La simulation des effets du vieillissement constitue une part importante de ce programme (voir 5.3.3).

Les limitations de ces simulations dues au raccourcissement du temps d'exposition à des conditions d'environnement plus sévères et la validité des extrapolations de données doivent être prises en compte dans la conception de l'essai. Ces points seront traités de façon plus détaillée plus loin dans cette norme.

L'expérience d'exploitation est une méthode d'emploi limitée en tant que moyen de qualification isolé, mais elle vient très utilement compléter les essais de type, car elle peut fournir des indications sur le changement de comportement des matériaux et de l'équipement en fonction du temps, dans les conditions réelles d'utilisation et de maintenance. La méthode de l'expérience d'exploitation est particulièrement adaptée pour la qualification de l'équipement situé à l'extérieur de l'enceinte.

La qualification par l'analyse doit comprendre la justification des méthodes, des théories et des hypothèses utilisées. En général, l'équipement électrique est trop compliqué pour se prêter à la qualification par l'analyse seule, bien que cette méthode puisse être efficace pour extrapoler les résultats d'essais et pour déterminer les effets des petites modifications de conception sur un équipement déjà essayé.

Toutes les méthodes de qualification doivent se conclure par la fourniture d'un rapport de qualification (éventuellement constitué de plusieurs documents: rapports d'essais ou d'analyse, notes de conception, etc.) destiné à prouver que l'équipement est apte à remplir la fonction exigée. La forme de la synthèse doit permettre la vérification par les soins d'un personnel compétent autre que les personnes chargées de la qualification; il est recommandé que les prescriptions de fonctionnement, la méthode de qualification, les résultats et les justifications, soient indiqués.

Dans le processus de qualification, la démonstration doit être faite que tous les éléments indispensables des systèmes de sûreté mentionnés dans l'analyse de sûreté de la centrale, y compris les interfaces, sont aptes à remplir la fonction exigée.

Les principes et les procédures appliquées pour établir la qualification des équipements du système de sûreté comprennent:

- a) la vérification que les méthodes de qualification sont aussi sévères ou plus sévères que les prescriptions et les conditions de fonctionnement maximales prévues;
- b) la vérification que toute extrapolation ou déduction est justifiée par la prise en compte des modes de défaillance potentiels connus et des mécanismes y conduisant;

3.19

equipment

assembly of components designed and manufactured to perform specific functions

4 General qualification process

Qualification may be accomplished in several ways: type testing, operating experience or analysis. These may be used individually or in any combination depending upon the particular situation.

By means of type testing the equipment is subjected to the environments and operating conditions for which it was designed and its performance while subjected to those environments is measured.

In practice, a test programme which simulates environments in normal, anticipated operational occurrences and accidental conditions is carried out.

The simulation of ageing effects constitutes an important part of this programme (see 5.3.3).

The limitations of such simulations due to shortened exposure to more severe environmental conditions and the validity of data extrapolations shall be taken into account in the design of the test. These points will be covered in greater detail later in this standard.

Operating experience is a method of limited use as a single mean of qualification but is of considerable use to supplement type testing in that it may provide an insight into the change in behaviour of materials and equipment with time under actual operational and maintenance conditions. Operating experience is typically of particular use in qualification of equipment outside the containment.

Qualification by analysis shall include justification of methods, theories and assumptions used. In general, electrical equipment is too complex to be qualified by analysis alone, although analysis may be effective in the extrapolation of test data and determination of the effects of minor design changes to equipment that was previously tested.

With all qualification methods, the end result shall be a qualification report (may be a set of documents, including test or analysis reports, design notes, etc.) that is intended to demonstrate the adequacy of the equipment to perform its required function. The synthesis shall be presented in a form that allows verification by competent personnel other than the qualifiers and should contain the performance requirements, the qualification method, the results and the justifications.

The capability of necessary parts of the safety systems that are credited in the safety analysis for the plant, including interfaces, to perform their required function shall be demonstrated as part of the qualification process.

Principles and procedures for demonstrating the qualification of equipment of the safety system include:

- a) verification that the severity of the qualification methods is equal to or exceeds the maximum anticipated operational requirements and conditions;
- b) verification that any extrapolation or inference is justified by consideration of known potential failure modes and the mechanism leading to them;

- c) des essais de qualification progressive de l'équipement installé dont la durée de vie qualifiée est inférieure à la durée de vie à la conception;
- d) la constitution de fichiers de documentation fournissant les bases de la qualification d'après l'expérience d'exploitation;
- e) les résultats des essais de qualification, exigés pour la qualification progressive;
- f) la qualification de toutes les interfaces associées aux constituants du système de sûreté.

Le but de la qualification est d'assurer que les divers équipements du système de sûreté, y compris les interfaces, sont aptes à remplir leurs fonctions attendues dans des conditions d'exploitation et d'environnement déterminées.

Plusieurs méthodes de qualification sont possibles et acceptables. Événements initiateurs hypothétiques, conditions de fonctionnement, dimensions et vieillissement sont autant de facteurs qui dictent le choix de la méthode qui doit être appliquée pour garantir une qualification adéquate. Chaque méthode (voir ci-dessous) demande une justification garantissant son acceptabilité. De plus, il convient de tenir compte des autres publications de la CEI (en particulier celles citées dans l'article 2) qui concernent les essais d'environnement et qui peuvent être appliquées aux équipements électriques du système de sûreté couverts par la présente norme.

4.1 Essais de type

La méthode préférable consiste à effectuer les essais de type sur l'équipement réel, en conditions d'utilisation simulées. Il convient que cette méthode soit utilisée pour la qualification de la majeure partie de l'équipement. Lorsque la taille ou d'autres considérations pratiques imposent des limitations aux essais de type ou les interdisent, cette approche de la démonstration de la qualification peut être complétée par les méthodes décrites en 4.2, 4.3 et 4.4.

4.2 Expérience d'exploitation

Il est possible de considérer qu'un équipement ayant fonctionné de façon satisfaisante est qualifié pour un service de sévérité égale ou inférieure. L'expérience d'exploitation est susceptible de fournir des renseignements sur les limites d'extrapolation, les modes de défaillance et les taux de pannes. La validité de l'expérience d'exploitation en tant que méthode de qualification doit être déterminée d'après le type et la quantité de documents attestant les conditions de fonctionnement et le comportement de l'équipement.

4.3 Qualification par l'analyse

La qualification par l'analyse requiert l'utilisation d'un modèle représentatif (mathématique, par exemple) de l'équipement soumis à la qualification, modèle dans lequel les caractéristiques de fonctionnement du constituant sont les variables dépendantes et où les effets de l'environnement sont les variables indépendantes.

Ce modèle doit être justifié par des résultats d'essais, par l'expérience d'exploitation, ou par les lois de la physique.

4.4 Qualification mixte

La qualification de l'équipement peut se faire à partir des essais de type, de l'expérience d'exploitation préalable, de l'analyse, ou de toute combinaison de ces trois méthodes. Lorsqu'une des limitations dans les dimensions, les applications, le temps ou d'autres essais empêchent d'effectuer l'essai de type complet, il est admis de mener des essais de type partiels complétés par des essais des composants.

- c) on-going qualification testing for installed equipment of which the qualified life is less than the design life of the equipment;
- d) the provision for documentation which provides the basis for qualification by operating experience;
- e) the provision for qualification test data as required for on-going qualification testing;
- f) qualification of any interfaces associated with the items of the safety system.

The aim of qualification is to make sure that the various items of equipment of the safety system, including interfaces, are able to perform their specified functions under determined operating and environmental conditions.

Several qualification methods may be applicable and acceptable. Postulated initiating events, operational conditions, size and ageing are factors which determine the method to be used to assure proper qualification. Each method (see below) requires justification in order to assure acceptability. In addition, consideration should be given to other IEC publications (especially those given in clause 2) which concern environmental testing and can be applied to the electrical equipment of the safety system covered here.

4.1 Type testing

Type testing of actual equipment using simulated operational conditions is the preferred method. This method should be used for qualifying the greater portion of equipment. When size or other practical requirements limit or preclude type tests, this approach to qualification demonstration may be completed by the methods described in 4.2, 4.3 and 4.4.

4.2 Operating experience

An equipment that has operated successfully may be considered qualified for equal or less severe service. Operating experience can provide information on limits of extrapolation, failure modes and failure rates. The validity of operating experience as a means of qualification shall be determined from the type and amount of documentation supporting the service conditions and equipment performance.

4.3 Qualification by analysis

Qualification by analysis requires the use of a representative model (e.g. mathematical) of the equipment to be qualified, in which the performance characteristics of the equipment are the dependent variables and the environmental influences are the independent variables.

This model shall be justified by test data, operating experience, or physical laws.

4.4 Combined qualification

An equipment may be qualified by type tests, previous operating experience, analysis, or any combination of these three methods. When size, applications, time or other test limitations preclude the use of a full type test, partial type test supplemented by tests of components may be performed.

Des essais de type partiels avec analyse, l'expérience d'exploitation avec analyse, et des essais de type complétés par des essais de composants et par l'analyse sont des exemples de qualification mixte. Dans ce contexte, l'extrapolation est considérée comme une forme d'analyse.

4.5 Qualification progressive

Les méthodes de qualification décrites jusqu'à présent permettent de trouver parfois une durée de vie qualifiée inférieure à la durée de vie installée prévue pour l'équipement. Dans ce cas, on doit appliquer un programme de qualification progressive. Pour ce faire, il existe trois méthodes:

- a) le remplacement de l'équipement dans son intégralité ou de ses éléments sensibles en accord avec un échéancier préétabli, à titre de mesure préventive;
- b) l'exécution d'essais périodiques pertinents sur l'équipement utilisé dans la centrale en exploitation (par exemple: précision, résistance d'isolement, temps de réponse, etc.);
- c) l'installation éventuelle d'équipements supplémentaires à côté de l'équipement nécessaire, que l'on enlève avant la fin de la durée de vie qualifiée pour les soumettre à l'essai de type, afin de déterminer leur durée de vie qualifiée supplémentaire.

Chacune de ces méthodes peut être considérée comme une qualification progressive. D'autres méthodes, sous réserve de justification, peuvent s'avérer équivalentes. De plus, de nouvelles connaissances ou découvertes peuvent intervenir pour modifier tout ce qui précède et demander un nouvel examen de la durée de vie qualifiée.

5 Procédures et méthodes de qualification

Les différentes procédures de qualification brièvement décrites dans les paragraphes précédents sont abordées ci-après de manière plus détaillée.

Il est important de garder à l'esprit que chaque procédure de qualification, quelle qu'elle soit, doit commencer par:

- l'identification précise de l'équipement soumis à qualification;
- la rédaction des spécifications de fonctionnement de chaque équipement.

5.1 Identification de l'équipement du système de sûreté soumis à qualification

Avant de procéder à la qualification, une liste aussi exhaustive que possible des équipements électriques du système de sûreté à qualifier doit être établie.

Chaque équipement doit être clairement identifié et classé, si nécessaire, dans différentes catégories de qualification, en fonction de son emplacement dans la centrale et de son rôle dans la sûreté.

5.2 Spécifications de fonctionnement de l'équipement

Les spécifications de fonctionnement d'un équipement du système de sûreté doivent inclure, au moins, les dispositions suivantes ou d'autres.

- a) toutes les conditions d'environnement de l'équipement: normales, exceptionnelles, accidentelles;
- b) les fonctions de sûreté à remplir;

Partial type tests with analysis, operating experience with analysis, and type tests supplemented by tests of components and analysis, are examples of the use of combined qualification. In this context, extrapolation is considered one form of analysis.

4.5 On-going qualification

The qualification methods described so far may yield a qualified life of equipment that is less than the anticipated installed life of the item. When this occurs, an on-going qualification programme should be implemented. Three methods for achieving this are the following:

- a) replacement of the whole equipment or sensitive parts of it within a predetermined period of time as a preventive measure;
- b) execution of periodic pertinent testing on operating equipment (e.g. accuracy, insulation resistance, response time);
- c) additional items of equipment can be installed beside the required item, be removed before the end of the qualified life period and be type tested to determine their additional qualified life.

Each of the above methods would be considered as on-going qualification. Other methods, with proper justification, may be found equivalent. Also, new knowledge or findings may affect all the foregoing and require reconsideration of the qualified life.

5 Qualification procedures and methods

The different qualification procedures briefly outlined in the above subclauses are described below in a more detailed manner.

It is important to recall that any qualification procedure shall begin with:

- the precise identification of the equipment to be qualified;
- the preparation of performance specifications for each equipment.

5.1 Identification of equipment of the safety system being qualified

Prior to any qualification action, the safety system electrical equipment being qualified shall be listed as comprehensively as possible.

Equipment shall be clearly identified and classified, if necessary, under different qualification categories, depending on their location in the plant and their safety role.

5.2 Equipment performance specifications

Performance specifications for safety system equipment shall include, as a minimum, the following characteristics or others:

- a) all normal, abnormal, and accidental environmental conditions of use of the equipment;
- b) safety functions to be fulfilled;

- c) les caractéristiques de fonctionnement attendues dans toutes les conditions d'utilisation définies (normales, exceptionnelles, essai en pression de l'enceinte de confinement, événement initiateur hypothétique, etc.);
- d) les domaines de variation de la tension, de la fréquence, de la charge, des perturbations électromagnétiques et des autres caractéristiques électriques;
- e) les principales caractéristiques de toutes les connexions électriques (joints, pistons, traversées, etc.);
- f) les conditions d'installation, y compris la localisation (par exemple: à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte de confinement), la méthode de montage et la ou les configurations.

Il est en particulier utile de préciser si l'équipement est susceptible d'être affecté par des conditions accidentelles;

- g) le programme de maintenance préventif valable pour la durée de vie installée de l'équipement (y compris les lubrifiants, les joints, etc.);
- h) la durée de vie de l'équipement à la conception, et celle de tous les composants dont la durée de vie serait inférieure à celle de l'équipement complet;
- i) les dispositifs de contrôle, d'affichage, et autres dispositifs auxiliaires faisant partie de l'équipement ou extérieurs à celui-ci, mais nécessaires à son bon fonctionnement;
- j) les domaines de variation, la périodicité et la durée des conditions d'environnement dont la température, la pression, l'humidité, les rayonnements, les actions chimiques et les forces sismiques;
- k) la description complète des cycles d'exploitation et leur nombre, y compris les essais périodiques;
- l) la durée de vie qualifiée: la spécification de fonctionnement relative à la durée de vie qualifiée est établie durant les essais de qualification, ou est spécifiée comme une valeur initiale de la vie qualifiée fondée sur un examen des documents de définition et de l'historique disponible, pour satisfaire aux prescriptions relatives au fonctionnement de l'équipement.

5.3 Procédures des essais de type

5.3.1 Généralités

L'essai de type doit être conçu pour démontrer que le fonctionnement de l'équipement répond aux conditions exigées dans les spécifications de l'équipement pour les besoins de l'installation, ou les dépasse. L'essai de type doit consister en une séquence planifiée de conditions d'essai satisfaisant aux conditions d'utilisation attendues ou spécifiées, marge de qualification comprise, ou les dépassant; il doit tenir compte, à la fois, d'une exploitation normale, exceptionnelle et accidentelle.

5.3.1.1 Plan de l'essai

La première étape de la procédure d'essai est la préparation du plan de l'essai. Il convient que le plan soit compatible avec les spécifications de l'équipement et contienne assez de détails pour décrire les essais requis et établir un «lien vérifiable» entre les spécifications et les résultats de l'essai. «Lien vérifiable» signifie que le plan devrait apporter la preuve que la méthode d'essai utilisée était adéquate, ce qui n'apparaît pas toujours clairement.

Il convient que le plan de l'essai contienne les renseignements suivants:

- a) la description de l'équipement;
- b) le nombre (quantité) d'échantillons à essayer;
- c) les conditions de montage et de raccordement;

- c) performance characteristics under defined normal, abnormal, containment test, postulated initiating event, and post-postulated initiating event conditions;
- d) the range of voltage, frequency, load, electromagnetic interference and other electrical characteristics;
- e) the main characteristics of all the electrical connections (seals, gaskets, penetrations, etc.);
- f) the installation requirements including location (for example, in or out of containment), mounting method and configuration(s).

In particular, it is worth while to state if the equipment is supposed to be subjected to accident conditions;

- g) preventive maintenance schedule for the installed life of the equipment (including lubricants, seals, etc.);
- h) the design life of the equipment and the design life of any components which may have a life shorter than that of the complete equipment;
- i) control, indicating and other auxiliary devices contained in the equipment or external to the equipment and required for proper operation;
- j) the range, type frequency and duration of environmental conditions including temperature, pressure, humidity, radiation, chemicals and seismic forces;
- k) complete operating cycle description and number of operating cycles including periodic testing;
- l) qualified life: the performance specification of the qualified life is established during the qualification testing or is specified as an initial qualified life value based on a review of design application, materials and available operating history to meet the equipment performance requirements.

5.3 Type test procedures

5.3.1 General

The type test shall be designed to demonstrate that the equipment performance meets or exceeds the requirements of the equipment specifications for the plant. The type test shall consist of a planned sequence of test conditions that meet or exceed the expected or specified operational conditions, including qualification margin, and shall take account of normal, abnormal and accidental operation.

5.3.1.1 Test plan

The first step in the test procedure is the preparation of the test plan. The plan should be compatible with the equipment specifications and contain sufficient detail to describe the required tests and provide an "auditable link" between the specifications and the test results. "Auditable link" means that the plan should provide proof that the test method used was adequate since the adequacy of the test method is not always discernible.

The test plan should contain the following information:

- a) equipment description;
- b) number (quantity) of samples to be tested;
- c) mounting and connection requirements;

- d) la procédure de vieillissement accéléré;
- e) les conditions d'exploitation et d'environnement à simuler;
- f) les performances et les critères d'acceptation à préciser, ainsi que les variables d'environnement à mesurer;
- g) les exigences relatives au matériel d'essai, y compris sa précision;
- h) la maintenance et le remplacement autorisés pendant les essais de type;
- i) les caractéristiques limites ou la définition de la défaillance;
- j) la documentation sur les données des essais de type (voir 6.3);
- k) l'énumération des parties non applicables de la spécification;
- l) la description de toutes les conditions particulières à l'équipement qui ne sont pas couvertes par les points ci-dessus, mais qui affecteraient probablement l'équipement pendant l'essai.

Ces informations doivent permettre de définir la séquence des essais décrite en 5.3.2.

5.3.1.2 Montage

Sauf spécification contraire, l'équipement à tester doit être monté dans une position et d'une manière simulant son installation prévue pour l'utilisation réelle, à moins qu'on ne puisse effectuer ou justifier une analyse montrant que le fonctionnement de l'équipement ne serait pas diminué par une autre méthode de montage. Par «manière», on entend les moyens à utiliser, tels que boulons, rivets, soudures, éléments de serrage, etc. Par «position», on entend l'orientation dans l'espace, par rapport au champ de gravitation de la terre. L'effet de toutes structures interposées requises pour l'installation, telles que tableaux de commande, supports, pieds, socles, etc., doit être pris en considération dans les spécifications du montage pour l'essai.

5.3.1.3 Connexions

L'équipement doit être connecté de manière à simuler son installation envisagée pour l'utilisation réelle, à moins qu'on ne puisse effectuer et justifier une analyse montrant que le fonctionnement de l'équipement ne serait pas diminué par un autre mode de connexion. On entend par «manière», les moyens à employer pour assurer le raccordement vers l'équipement, tels que joints, filerie, connecteurs, câbles, conduits électriques, boîtes de raccordement, boucles de service, tuyauteries, tubulures, soudures, etc.

5.3.1.4 Surveillance

L'essai doit être surveillé à l'aide d'instruments possédant la résolution voulue pour détecter des modifications significatives des variables. Ces instruments doivent être étalonnés par rapport à des étalons identifiés et accompagnés d'une documentation relative à cet étalonnage. L'intervalle de temps séparant les mesures doit permettre de connaître l'évolution en fonction du temps de chaque variable.

5.3.1.5 Grandeurs d'influence à prendre en compte

Les grandeurs d'influence à prendre en compte de préférence dans les séquences d'essais de type entrent dans les deux grandes catégories suivantes.

- d) procedure for accelerated ageing;
- e) the operational and environmental conditions to be simulated;
- f) performances and acceptance criteria to be specified; environmental variables to be measured;
- g) test equipment requirements, including accuracy;
- h) maintenance and replacement allowed during type testing;
- i) performance limits or failure definition;
- j) documentation of type test data (see 6.3);
- k) statement of non applicable portions of the specification;
- l) a description of any conditions peculiar to the equipment which are not covered above, but which would probably affect such equipment during testing.

Such information should allow the test sequence described in 5.3.2 to be defined.

5.3.1.2 Mounting

Unless otherwise specified, equipment to be tested shall be mounted in a manner and a position that simulates its expected installation when in actual use, unless an analysis can be performed and justified to show that the performance of the equipment would not be altered by other means of mounting. By "manner" is meant the means to be used such as bolts, rivets, welds, clamps, etc. By "position" is meant the spatial orientation with respect to the gravitational field of the earth. The effect of any interposing structures which are required for installation, such as control boards, stands, legs, pedestals, etc., shall be taken into account in specifying the test mounting.

5.3.1.3 Connections

Equipment shall be connected in a manner that simulates its expected installation when in actual use unless an analysis can be performed and justified to show that the performance of the equipment would not be altered by other means of connection. By "manner" is meant the means to be used for connection to equipment such as wiring seals, connectors, cables, conduits, terminal blocks, service loops, piping, tubing, soldering, etc.

5.3.1.4 Monitoring

The test shall be monitored using instrumentation that provides resolution for detecting meaningful changes in the variables. The test instrumentation shall be calibrated with respect to identified standards and accompanied by documentation on this calibration. The time interval between measurements shall be such as to obtain the time dependence of each variable.

5.3.1.5 Influence quantities to be taken into account

The preferred different influence quantities to be taken into account in type testing sequences may be classified into the following two main categories.

Catégorie I: Exigences de fonctionnement

a) Caractéristiques électriques d'entrée

Fréquence, courant, tension, puissance consommée par l'équipement et durée du signal d'entrée.

b) Caractéristiques électriques de sortie

Résistance d'isolement de l'équipement électrique; tension, courant et puissance de sortie; temps de réponse; caractéristiques de fréquence et charge simulée.

Catégorie II: Exigences d'environnement

a) Environnement

Température, pression, degré hygrométrique, composition des gaz, vibrations induites, forces sismiques, etc.

b) Caractéristiques des fluides

Concentration des composants chimiques des fluides injectés dans la chambre d'essai, ainsi que débit, mode d'aspersion et température de ces fluides.

c) Caractéristiques des rayonnements

Données concernant les rayonnements nucléaires comprenant la nature, le niveau d'énergie, le débit de dose et la dose intégrée.

d) Caractéristiques mécaniques

Forces axiales, moment de torsion, temps et diagramme de charge.

e) Exposition aux produits chimiques

Produits chimiques injectés (acide borique, par exemple), réactions chimiques dues aux produits de fission, interactions chimiques survenant dans les situations accidentelles hypothétiques.

Au cas par cas, on peut également retenir des grandeurs d'influence encore plus spécifiques telles que ce qui suit:

- perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées;
- transitoires électriques du système d'alimentation;
- variations de pression du système d'alimentation hydraulique, etc.

5.3.1.6 Marge de qualification

Les essais de type en vue de la qualification doivent prévoir des dispositions pour s'assurer qu'une marge de qualification adéquate a été prise en compte. En définissant l'essai de type, la prise en compte de l'augmentation de la sévérité de l'essai, du nombre de cycles et de la durée de l'essai permet de s'assurer que la marge de qualification adéquate existe effectivement.

En l'absence de spécifications détaillées, on suggère d'appliquer les marges suivantes aux conditions d'utilisation pour les essais de type en prenant en compte la fonction de l'équipement:

- a) tension d'alimentation: ± 10 % de la valeur nominale, sauf spécification contraire;
- b) fréquence: ± 5 % de la valeur nominale, sauf spécification contraire;
- c) caractéristiques des situations accidentelles thermodynamiques:

Category I: Functional requirements**a) Electrical input characteristics**

Frequency, current, voltage, power to the equipment and duration of the input.

b) Electrical output characteristics

Insulation resistance of electrical equipment; voltage, current and power output; response time; frequency characteristics and simulated load.

Category II: Environmental requirements**a) Environment**

Temperature, pressure, humidity, gas composition, induced vibrations, seismic forces, etc.

b) Fluid characteristics

Concentration of chemical constituents in fluids injected into the test chamber plus the flow rate, spray disposition and temperature of such fluids.

c) Radiation characteristics

Nuclear radiation data including type, energy level, exposure dose rate and integrated dose.

d) Mechanical characteristics

Thrust, torque, time and load profile.

e) Exposure to chemicals

Chemical sprays such as boric acid, chemical reactions due to fission products, chemical interactions arising in postulated accident situations.

Other more specific influence quantities may also be applied case by case, such as:

- conducted and radiated electromagnetic disturbances;
- electrical transients of the supply system;
- pressure variations of the hydraulic supply system, etc.

5.3.1.6 Qualification margin

Qualification type testing shall include provisions to verify that an adequate qualification margin exists. In defining the type tests, increasing levels of testing, number of test cycles and test duration shall be considered as methods of ensuring that an adequate qualification margin does exist.

In the absence of detailed specifications, some suggested margins to be applied to operational conditions for type testing in keeping with the function of the equipment are as follows:

- a) supply voltage: ± 10 % of nominal value, unless otherwise specified;
- b) frequency: ± 5 % of nominal value, unless otherwise specified;
- c) characteristics of thermodynamic accident conditions:

- température de vapeur saturante: la marge doit être choisie de manière à ce que la pression générée pendant les essais n'excède pas de plus de 1×10^5 Pa, la pression de vapeur saturante correspondant à la température maximale d'utilisation;
 - pression: +10 % de la pression relative de vapeur saturante, sans excéder 1×10^5 Pa;
 - temps: +10 % de la période de temps durant laquelle l'équipement doit être impérativement opérationnel, après des conditions accidentelles prises en compte à la conception;
 - transitoires: on doit procéder soit à un transitoire (pression/température) avec marge, soit à deux transitoires sans marges.
- d) vieillissement intégré et dose de rayonnements résultant de l'accident: +10 % de la valeur théorique calculée.

5.3.2 Séquence d'essais

Les essais de type doivent être effectués sur l'équipement dans un ordre donné.

De manière générale, on peut décomposer ces essais en trois grands groupes:

Groupe 1: vérification des caractéristiques fonctionnelles en conditions ambiantes normales et dans toutes les conditions limites de fonctionnement.

a) Inspection de l'équipement

L'inspection doit permettre de s'assurer qu'un appareil essayé n'a pas été endommagé par suite des manipulations subies depuis sa fabrication et de vérifier qu'il est conforme aux spécifications.

b) Caractéristiques en conditions ambiantes normales

L'équipement doit fonctionner en conditions normales pour fournir les données principales (précision, isolement, diélectrique, etc.) qui serviront de base à la comparaison avec un fonctionnement sous des contraintes plus sévères. Certains paramètres tels que les erreurs de précision et les mesures de la dérive doivent être déterminés à ce moment-là.

Sauf spécification contraire, les principales méthodes à utiliser pour la mesure de ce type de paramètres doivent satisfaire à la CEI 61298-2.

c) Essais aux limites extrêmes de fonctionnement

Pendant cette phase, l'équipement doit fonctionner jusqu'aux limites extrêmes de son champ d'utilisation (électrique et environnemental) telles qu'indiquées dans ses spécifications de fonctionnement.

Le comportement de l'équipement doit être vérifié de manière préférentielle dans les conditions suivantes:

- aux limites spécifiées de la tension d'alimentation normale (ou de la fréquence);
- aux limites extrêmes de la plage de température;
- en présence de perturbations électriques ou électromagnétiques, conduites et/ou rayonnées (voir série CEI 61000-4).

Pendant ces divers essais aux limites de fonctionnement, il convient de vérifier que l'éventuelle évolution des caractéristiques mesurées au cours de la phase b) demeure dans les limites acceptables définies dans les spécifications de fonctionnement de l'équipement concerné.

- saturated steam temperature: the margin shall be chosen in such a manner that the pressure generated during tests does not exceed by more than 1×10^5 Pa the saturated steam pressure which corresponds to the maximum utilization temperature;
- pressure: +10 % of relative pressure of saturated steam with a maximum of 1×10^5 Pa;
- time: +10 % of the period of time the equipment is required to be operational following the design basis event;
- transient: either one transient (pressure/temperature) with margin, or two transients without margins shall be carried out.

d) integrated ageing and accident radiation dose: +10 % of theoretical calculated value.

5.3.2 Test sequence

The type tests shall be run on the equipment in a specified order.

In a general manner, three main test groups should be defined:

Group 1: To check the functional characteristics under normal ambient conditions and in all specified limits of normal operation.

a) Equipment inspection

Inspection shall be carried out to assure that the test unit has not been damaged due to handling since manufacture and to check that it complies with the specifications.

b) Characteristics under normal ambient conditions

The equipment shall be operated under normal conditions to provide the main data (accuracy, dielectric insulation, etc.) which will serve as a basis for comparison with performance under more highly stressed conditions. Certain parameters such as accuracy errors or drifts shall be made at this time.

Unless otherwise specified, the main methodologies to be used for the measurements of such parameters shall comply with IEC 61298-2.

c) Tests on the extreme limits of utilization field

During this phase the equipment shall be operated to the extreme limits of its utilization field (electrical and environmental) indicated in its performance specification.

The equipment behaviour preferably should be checked under the following conditions:

- at the specified limits of normal supply voltage (or frequency) field;
- at the extreme limits of the temperature range;
- in the presence of electrical or electromagnetic disturbances, conducted and/or radiated (see IEC 61000-4 series).

During these different tests at functional limits, it should be checked that the possible evolution of the characteristics measured during phase b) remain within the acceptable limits defined in the functional specifications of equipment concerned.

Groupe 2: démonstration de la tenue sismique de l'équipement.

Un vieillissement préalable à l'essai sismique n'est nécessaire que dans le cas où des facteurs de vieillissement significatifs existent pour l'équipement considéré.

Groupe 3: démonstration de la tenue d'un équipement en présence de conditions accidentelles et post-accidentelles.

a) Evaluation du comportement dans le temps

L'équipement doit être vieilli conformément aux indications de 5.3.3 afin de le mettre dans un état qui simule les conditions attendues à la fin de sa vie qualifiée.

Pour atteindre cet objectif, les facteurs de vieillissement suivants doivent être pris en compte:

- la température (avec ou sans cyclage);
- la corrosion;
- l'exploitation prolongée;
- un rayonnement représentatif de la dose cumulée que subit l'équipement pendant toute sa durée de vie;
- les vibrations mécaniques.

Les paragraphes ci-dessous présentent les essais à retenir de préférence.

Dans leur majorité, ils se réfèrent aux publications en vigueur de la CEI qu'il est conseillé d'utiliser avant toutes autres (voir article 2).

b) Essais en situations accidentelles et post-accidentelles

Ces essais ont pour but de vérifier le comportement de l'équipement soumis à des situations accidentelles telles que les suivantes:

- séisme (ou autres phénomènes vibratoires tels que les chutes d'avion);
- dose de rayonnements cumulés susceptible de survenir au cours d'un événement initiateur hypothétique (accident thermodynamique à l'intérieur de l'enceinte de confinement);
- injection soudaine de vapeur saturante (augmentation très rapide de la pression et de la température) simulant un accident à l'intérieur de l'enceinte de confinement;
- pression de vapeur saturante pendant la phase post-accidentelle à la suite d'un accident thermodynamique interne à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

Dans la mesure où les essais du Groupe 1 font partie de la pratique industrielle courante, ils ne font pas l'objet de détails complémentaires.

Les essais des Groupes 2 et 3 étant par contre plus spécifiques aux centrales nucléaires, ils font l'objet de descriptions complémentaires détaillées données en 5.3.3 et 5.3.4.

Les trois groupes d'essais peuvent être traités de manière indépendante les uns des autres et peuvent porter sur des échantillons d'équipement différents.

5.3.3 Evaluation du vieillissement accéléré

Cette étape, qui constitue en général la première phase du Groupe 3 d'essais, est d'une importance toute particulière puisqu'elle permet de mettre au point un processus accéléré mais réaliste de vieillissement de l'équipement avant de soumettre ce dernier à des situations accidentelles.

Group 2: To demonstrate the seismic resistance of equipment.

Pre-ageing before seismic test is only needed if significant ageing factors exist for the equipment taken into account.

Group 3: To demonstrate the resistance of the equipment against accident and post-accident conditions.

a) Assessment of behaviour with time

Equipment shall be aged in accordance with 5.3.3 to put it in a condition which simulates its expected installed life condition.

To reach this objective, the following ageing factors should be considered:

- temperature (with or without cycling);
- corrosion;
- prolonged operation;
- irradiation representative of cumulated dose to which the equipment would be subjected during its whole life;
- mechanical vibration.

The preferred tests to be retained are presented in the subclauses below.

They refer most often to current IEC publications which are recommended to take precedence (see clause 2).

b) Accident and post-accident condition tests

These tests are intended to verify equipment behaviour when subjected to accident conditions such as:

- an earthquake (or other vibratory phenomena such as aircraft crash);
- a cumulated irradiation dose likely to occur during a postulated initiating event (thermodynamic accident inside the containment);
- a sudden injection of saturated steam (very rapid increase in pressure and temperature) simulating an accident within the containment;
- the pressure of saturated steam during the post-accident phase following an internal thermodynamic accident within the containment.

Since test Group 1 is considered as common industrial practices, no additional detailed information is provided.

Test Groups 2 and 3 are more specific to nuclear power plants, therefore, additional detailed information is provided in subclauses 5.3.3 and 5.3.4.

The three test groups may be treated independently and may concern different samples of equipment.

5.3.3 Assessment of accelerated ageing

This step, which generally constitutes the first phase of test Group 3, is of special importance, as it ensures that the equipment is "aged" by an accelerated but realistic ageing process before submitting it to accident conditions.

Les divers essais qui constituent cette phase ainsi que leur séquence (séquentielle ou simultanée) doivent être choisis judicieusement.

Les explications et recommandations apportées par les paragraphes suivants permettront aux rédacteurs de séquences d'essais d'élaborer une procédure de vieillissement accéléré en toute connaissance de cause.

5.3.3.1 Le concept de vieillissement

Les processus de vieillissement accéléré dépendent de concepts tels que l'énergie d'activation (tiré de la loi d'Arrhénius). Le processus de vieillissement pour un matériau spécifique ou un composant fonctionnant normalement à une certaine température peut être simulé par un environnement d'une température supérieure à la normale ou par des contraintes électriques équivalentes sur une période réduite. Les contraintes plus élevées augmentent le degré de vieillissement du matériau ou du composant.

L'accélération précise du vieillissement dépend à la fois de la connaissance détaillée des facteurs d'influence des équipements et des synergies qui se produisent entre les grandeurs d'influence. Elle demande également une évaluation correcte des processus dominants de vieillissement pour chaque cas particulier. Cela signifie que le choix des essais de vieillissement peut être difficile et les tentatives de réalisation de fortes accélérations comportent un risque notable d'erreur. Le vieillissement accéléré est utile pour détecter des défauts de conception et indique une probabilité d'erreur, sans toutefois pouvoir complètement remplacer la qualification par l'expérience.

Il n'est pas prévu de faire subir obligatoirement le vieillissement accéléré à tous les équipements du système de sûreté; en particulier, il n'est pas nécessaire de vieillir prématurément un équipement de sûreté qui n'est pas supposé être exposé à des situations accidentelles avant de le soumettre à des essais sismiques.

Il convient de déterminer la nécessité de procéder au vieillissement accéléré d'un équipement donné, en la fondant sur une évaluation de la conception et de l'application particulière en cause. Le vieillissement accéléré a pour but de mettre les échantillons dans un état équivalent aux conditions de fin de vie. Si on possède des données de vieillissement relevées précédemment sur différents équipements, on peut les utiliser à condition qu'elles soient applicables et qu'on puisse les justifier, eu égard aux conditions d'utilisation exigées d'après les spécifications de fonctionnement de l'appareil qui doit subir les essais de type. Si on ne possède pas de données de vieillissement préalables, par exemple pour des matériaux non homogènes, il convient que la qualification de vieillissement soit réalisée, si cela est possible, en ayant recours à une séquence d'essais appropriée.

Les paragraphes ci-après présentent les meilleures techniques disponibles à l'heure actuelle pour mener à bien un « processus de vieillissement accéléré ».

5.3.3.2 Distinction entre matériaux et équipement

Les essais de matériaux ne portent que sur un seul produit à la fois. Cela permet de recourir à des lois théoriques du vieillissement et de son accélération, lorsqu'il en existe, et à la condition de respecter leurs limites de validité, souvent étroites.

Les méthodes d'essais de matériaux font l'objet de divers autres documents normatifs. Pour les isolants électriques notamment, on se reportera aux publications correspondantes de la CEI et plus particulièrement à la CEI 60085.

The choice of the different tests which constitute this phase as well as their sequences (sequential or simultaneous) shall be judicious.

The various explanations and recommendations supplied in the subclauses below will allow the writers of test sequences to establish an accelerated ageing procedure with full knowledge of the facts.

5.3.3.1 Ageing concept

Accelerated ageing processes depend on concepts such as activation energy (of Arrhenius's law). The ageing process for a specific material or component normally operated at a certain temperature may be simulated by a higher than normal temperature environment or equivalent electrical stresses for a reduced period. The higher stressing increases the ageing rate of the material or component.

Accurate acceleration of ageing depends on detailed knowledge of the factors which influence equipment and of the synergies which take place between influence quantities. It also requires correct assessment of the dominant ageing processes in any particular case. This means that the selection of ageing tests can be difficult and that attempts to achieve large accelerations contain significant risk of error. Accelerated ageing is useful to detect design deficiencies and indicate failure probability, but it cannot completely replace qualification by experience.

It is not intended that accelerated ageing shall be applied to all the equipment in the safety system; in particular, safety equipment which is not supposed to be subjected to accident conditions is not intended to be pre-aged before being seismically tested.

The need for accelerated ageing of particular equipment should be determined on the basis of an evaluation of the specific design and application. The objective of accelerated ageing is to put samples in a condition equivalent to the end of life. If previous ageing data for various devices exist, they can be utilized provided these data are applicable and justifiable in regard to the operational conditions that are required by the performance specifications of the device to be type tested. If previous ageing data do not exist, for example in devices of non-homogeneous material, then the ageing qualification should be applied as feasible, from an appropriate test sequence.

The following subclauses point out the best techniques available at the present to achieve an "accelerated ageing process".

5.3.3.2 Distinction between materials and equipment

In tests on materials, only one product is studied at a time. This enables the use of theoretical laws relating to ageing and its acceleration in cases where they exist, provided the often limited scope of their validity is not exceeded.

The testing methods for materials are described in various other normative documents. For electrical insulators, in particular, information will be found in the corresponding IEC publications, and in particular, in IEC 60085.

Pour l'équipement, la situation est plus complexe puisque même un équipement élémentaire est constitué de plusieurs matériaux dont les lois et les méthodes de vieillissement sont différentes, voire parfois incompatibles. De plus, ces matériaux peuvent avoir des réactions mutuelles (compatibilité) ayant leurs propres lois d'accélération.

Il en résulte que les essais de vieillissement accéléré d'un équipement sont parfois très différents de ceux des divers matériaux le constituant.

5.3.3.3 Essais simultanés et séquentiels

Un essai simultané combine l'action des diverses contraintes retenues. Ses avantages sont une durée plus courte et la prise en compte automatique des synergies éventuelles. Ses inconvénients sont de rendre inextricable la simulation de contraintes ayant des lois d'accélération différentes et difficile la combinaison des différents dispositifs d'essais nécessaires.

La méthode séquentielle fait subir au matériel une succession d'essais n'impliquant chacun qu'une seule cause de vieillissement. Ses avantages sont que chaque essai est plus facile à mettre au point et à interpréter et qu'un nombre réduit d'essais types couvre une large gamme de matériels de même usage. Ses inconvénients sont de n'induire que les vieillissements choisis, de donner une grande influence à l'ordre des essais et de compliquer la prise en compte des synergies (aggravation des sévérités, choix et ordre des essais).

Une variante de la méthode séquentielle consiste à introduire dans la succession d'essais individuels un essai combinant l'action d'au moins deux contraintes.

En pratique, les essais conçus pour l'étude du vieillissement des équipements sont presque toujours exécutés selon la méthode séquentielle ou sa variante ci-dessus.

Dans tous les cas, quelle que soit la méthode retenue (essais simultanés ou séquentiels), il convient de garder à l'esprit que le but ultime des essais d'environnement est de démontrer, avec un niveau de conservatisme acceptable, que l'équipement fonctionne de manière fiable dans certaines conditions d'exploitation.

5.3.3.4 Etapes de la définition d'un programme d'essais de vieillissement

5.3.3.4.1 Rassemblement des informations en amont

Les informations en amont relèvent des domaines suivants:

- équipement soumis à qualification: conception, matériaux, facteurs de conception;
- conditions d'exploitation: types de conditions de fonctionnement et d'environnement (normales et exceptionnelles en terme de fréquence et de durée);
- normes (nucléaires ou autres) relatives à l'équipement soumis à qualification;
- expérience d'exploitation et d'essais d'équipements similaires dans les secteurs nucléaire et non nucléaire.

5.3.3.4.2 Analyse des informations en amont

L'analyse doit chercher avant tout à faire apparaître:

- les facteurs de conception principaux de l'équipement et les contraintes les plus critiques;
- les différents types d'exploitation;

The situation for equipment is more complex since even simple equipment is always composed of several different materials for which laws and methods of ageing are not only different but sometimes conflicting. Moreover, these materials may give rise to mutual reactions (compatibility) which have their own laws of acceleration.

As a result, the accelerated ageing tests carried out on a set of equipment are often very different from those on the various materials of which it is composed.

5.3.3.3 Simultaneous and sequential tests

A simultaneous test combines the actions of the various stresses under consideration. Its advantages are shorter testing time and automatic inclusion of resulting synergies. The disadvantages are the impossibility of extricating the simulation of stresses subject to different acceleration laws, and the difficulty to combine the different test facilities to perform such tests.

The sequential method entails subjecting the equipment to a series of tests, each of which involves the application of only one cause of ageing. The advantages are that the specification and interpretation of each test are easier and that a reduced number of standard tests covers a large range of equipment put to identical use. The disadvantages are that only the selected types of ageing are induced, the order in which the tests are carried out becomes very important, and the inclusion of the synergies is complicated (increased severity, selection and order of tests).

A variant of the sequential method consists of including a test combining the action of at last two stresses in the series of individual tests.

In practice, the tests designed to study the ageing of equipment are almost always carried out according to the sequential method or the above variant.

Anyway, whatever the method retained (simultaneous or sequential tests), it should be recalled that the ultimate goal of environmental qualification testing is to demonstrate, with an acceptable level of conservatism, the reliable operation of equipment under specific operating conditions.

5.3.3.4 Definition stages of an ageing test programme

5.3.3.4.1 Gathering of upstream information

The upstream information relates to the following domains:

- equipment to be qualified: design, materials, design factors;
- operating conditions: types of operation and environmental conditions (normal and abnormal conditions in term of frequency and duration);
- standards (nuclear or other) relating to the equipment to be qualified;
- operational and testing experience of similar equipment in nuclear and non-nuclear fields.

5.3.3.4.2 Analysis of upstream information data

The principal elements which the analysis shall reveal are:

- the principal design factors of the equipment and most critical stresses;
- the different types of operation;

- le cas échéant, les lois régissant l'accélération du vieillissement, y compris les limites de leur validité et la valeur des paramètres utilisables dans ce cas (loi d'Arrhénius pour les contraintes thermiques ou loi de Weibull pour les contraintes diélectriques, par exemple);
- les synergies possibles en service;
- les causes principales des défaillances d'exploitation (retours d'expérience, etc.);
- les méthodes d'essais qui, directement ou indirectement, mettent en jeu les contraintes les plus critiques et reproduisent les modes de défaillance en fonctionnement normal.

5.3.3.4.3 Choix des essais et de leur séquence

Pour définir la nature des essais et leur séquence, il peut s'avérer utile de se référer à la CEI 60068-5-1.

Tout en gardant à l'esprit l'analyse évoquée ci-dessus, les essais de chaque type d'équipement doivent prendre en compte ce qui suit:

- les grandeurs d'influence entraînant un vieillissement important de l'équipement: ces grandeurs d'influences sont déduites des caractéristiques de conception les plus critiques et des modes d'exploitation;
- si l'un des composants de l'équipement ne présente pas un facteur de vieillissement important, les essais correspondants ne sont pas nécessaires;
- les modes probables de défaillance;
- l'expérience acquise grâce à des essais précédents sur un équipement similaire.

Il convient que la séquence d'essais soit justifiée et fasse apparaître les pires conséquences du vieillissement.

Le cas échéant, il est recommandé que les synergies soient examinées à l'aide de l'une des procédures suivantes:

- a) essais mettant en jeu simultanément les grandeurs d'influence entrant dans les synergies. Dans ce cas, des mesures doivent être prises pour vérifier que l'accélération des essais, comparée aux conditions réelles d'exploitation, ne modifie pas les effets imputables aux synergies. En pratique, on est limité à deux essais simultanés, compte tenu de la complexité de ce type d'opération;
- b) essais séquentiels, mettant chacun en jeu une seule des grandeurs d'influence entrant dans les synergies. Dans ce cas, la sévérité de chaque essai peut être modifiée pour compenser la non-simultanéité des effets imputables aux synergies dans les conditions réelles d'exploitation. Il convient que cette procédure soit justifiée.

5.3.3.4.4 Corrélation avec le vieillissement naturel

Le but du vieillissement accéléré est de reproduire dans les échantillons testés le vieillissement naturel qui se produirait sur la période de fonctionnement prévue avant de les soumettre à des simulations d'accident. On doit donc se conformer aux conditions suivantes:

- a) les contraintes appliquées au cours des essais accélérés peuvent être, et sont en général, plus sévères que celles que l'on observe en exploitation normale, mais elles ne doivent pas dépasser les limites propres à chaque matériau afin d'éviter d'altérer la nature du phénomène;
- b) pendant et après les essais de vieillissement, les conditions et la capacité de fonctionnement de l'équipement essayé doivent correspondre à celles de l'équipement de nature similaire dont le comportement en fonctionnement est connu; les modes de défaillance, en particulier, doivent être les mêmes.

- where applicable, the laws governing the acceleration of ageing, including the limits of their validity and the values of the parameters usable in this case; for example, Arrhenius's law for thermal stresses or Weibull's law for dielectric stresses;
- the possible synergies in service;
- the principal causes of failure in operation (experience feedback, etc.);
- the testing methods which, directly or indirectly, bring into force the most critical stresses and reproduce the failure modes in normal service.

5.3.3.4.3 Selection of tests and of their sequence

To define the nature of the tests and their sequence it may be useful to refer to IEC 60068-5-1.

Bearing in mind the preceding analysis, the tests for each type of equipment shall take into account the following:

- the influence quantities which cause significant ageing of the equipment: these influence quantities are deduced from the most critical design features and from the operating modes;
- if a constituent of equipment does not have a significant ageing factor the corresponding tests are not necessary;
- the probable failure modes;
- experience from previous tests on similar equipment.

The sequence of the tests shall be justified and should be that which reveals the worst-case consequence of ageing.

Wherever appropriate, the synergies should be considered according to one of the following procedures:

- a) tests bringing into effect simultaneously the influence quantities involved in the synergies. In this case, measures shall be taken to check that the acceleration of the tests, compared with actual operating conditions, does not alter the effects due to the synergies. In practice, the difficulties in running such tests simultaneously restrict the number of simultaneous tests to two;
- b) sequential tests, each of which brings into effect only one of the influence quantities involved in the synergies. In this case, the severity of each test could be changed to compensate for the non-simultaneity of the effects due to synergies in actual operating conditions. This procedure should be justified.

5.3.3.4.4 Correlation with natural ageing

The purpose of accelerated ageing is to reproduce in the test specimens the natural ageing which would occur over the scheduled period of service before subjecting them to accident simulations. The following conditions shall therefore be complied with the following:

- a) the stresses applied during accelerated tests may be, and usually are, more severe than in normal service, but they shall not exceed the limits associated with each material in order to avoid changing the nature of the phenomena;
- b) during and after the ageing tests, the conditions and the operational ability of the equipment tested shall correspond to those of equipment of a similar nature whose operational behaviour is known; in particular, the failure modes shall be the same.

5.3.3.4.5 Utilisation des lois quantifiées de vieillissement

L'utilisation de lois quantifiées pour déterminer les conditions des essais de vieillissement accéléré doit donner lieu aux précautions suivantes:

- reconnaissance des limites de la validité de ces lois;
- justification de la validité de l'application de ces lois, compte tenu des matériaux constituant l'équipement;
- justification de la loi choisie pour les essais de l'équipement, en particulier afin d'expliquer l'application de lois de vieillissement différentes aux matériaux constituant l'équipement.

5.3.3.5 Contraintes préférables et essais normalisés à utiliser

Il convient que la spécification des conditions de chaque essai soit aussi détaillée que possible afin d'éviter toute ambiguïté des résultats, de garantir la validité de la qualification ou de soutenir l'interprétation des incidents qui pourraient survenir.

Dans ce but, on utilise le plus possible les spécifications d'essai normalisées. En particulier, il est conseillé de se conformer à la CEI 60068-1, aux séries CEI 60068-2 et CEI 60068-3 pour les essais climatiques et mécaniques et ceux concernant les divers matériels pour les essais spécifiques de chacun.

Les principaux essais susceptibles d'être intégrés à une séquence de vieillissement sont les suivants:

a) *essai thermique et/ou essais thermiques avec effets mécaniques*

Dans ce cas, le seul facteur déterminant est la température, qui peut demeurer constante, varier lentement ou présenter des gradients élevés (pouvant entraîner des dilatations différentielles).

Les deux principales méthodes de vieillissement thermique sont les suivantes:

- soit soumettre l'équipement, pendant une période prédéterminée, à des températures plus élevées que celles atteintes en fonctionnement normal mais suffisamment basses pour ne pas endommager l'échantillon, conformément à une loi du type Arrhenius.

Cela requiert une bonne connaissance de l'énergie d'activation des divers matériaux constituant l'équipement essayé;

- soit définir une méthode adaptée à l'équipement conforme aux exigences de 5.3.3.4, si une telle méthode a déjà été élaborée et approuvée. Cette méthode consiste en une séquence d'essais thermiques et/ou d'essais thermiques avec effets mécaniques couvrant une durée limitée - un essai de chaleur sèche de quatre jours, par exemple – suivie d'un essai de variation rapide de température.

Dans tous les cas, il est recommandé d'utiliser les procédures d'essais décrites dans les publications CEI en vigueur:

- chaleur sèche (CEI 60068-2-2);
- froid (CEI 60068-2-1);
- variations rapides de température ambiante (CEI 60068-2-14).

Il convient de noter que l'équipement peut être ou non sous tension pendant les essais thermiques, selon les besoins.

5.3.3.4.5 Use of quantified ageing laws

The use of quantified laws to establish the conditions for accelerated ageing tests shall be accompanied by the following precautions:

- recognition of the limits of the validity of these laws;
- substantiation of the validity of the application of these laws, bearing in mind the materials of which the equipment is composed;
- justification of the law chosen for the tests of the equipment, in particular to explain the application of the various ageing laws of the different materials composing the equipment.

5.3.3.5 Preferential stresses and standardized tests to be used

The specification of the conditions of each test should be as detailed as possible, to avoid all ambiguity in the results, to guarantee the validity of the qualification, or to support the interpretation of any incidents which may occur.

Standardized test specifications should therefore be used wherever possible. In particular, it is advisable to follow the IEC 60068-1, IEC 60068-2 and IEC 60068-3 series for the climatic and mechanical tests, and those concerning the various materials for the tests specific to each one.

The main tests likely to be incorporated into an ageing sequence are the following:

a) *thermal test and/or thermal tests with mechanical effects*

In this case, the only determining factor is temperature which may remain constant, vary slowly or show high temperature gradients (which may create differential expansions).

There are two main methods used for thermal ageing, which are:

- either to submit the equipment to temperatures higher than those for normal service and low enough not to damage the specimen for a predetermined period, according to Arrhenius's type law.

This requires a good knowledge of the activation energy of the different materials of the equipment being tested;

- or to define a method suited to the equipment in accordance with the requirements of 5.3.3.4 if such a method has already been established and approved. This method consists in a sequence of thermal tests and/or thermal tests with mechanical effect, and limited duration, for instance: a four-day dry heat test, followed by a rapid variation temperature test.

In any case, it is recommended to use the test procedures described in the current IEC publications:

- dry heat (IEC 60068-2-2);
- cold (IEC 60068-2-1);
- rapid changes in ambient temperature (IEC 60068-2-14).

It should be noted that equipment may be energized or not during the thermal tests depending on the needs.

b) *essais de corrosion*

Il est conseillé de mener ce type d'essais sur les équipements qui seront probablement installés dans une atmosphère humide ou corrosive. Il peut s'agir d'équipements de sûreté subissant des aspersions fortuites, immergés ou bien soumis à des jets de vapeur saturante contenant de l'acide borique, dans les situations accidentelles.

Bien que le seul essai en situation accidentelle simulée suffise dans la plupart des cas, il peut parfois s'avérer utile de mener un essai de corrosion préliminaire simple et rapide permettant d'évaluer l'étanchéité de l'équipement.

Les essais les plus courants et les plus faciles à mettre en œuvre sont les suivants:

- essais de chaleur humide (CEI 60068-2-30 ou CEI 60068-2-3);
- essai d'aspersion ou d'immersion (CEI 60529 ou CEI 60068-2-18);
- essais de brouillard salin (CEI 60068-2-11 ou 60068-2-52).

Si besoin est, il est possible de se référer à tout un jeu d'essais normalisés de corrosion adaptés à des applications spécifiques (voir CEI 60068-2-28).

Ces essais peuvent être menés de manière séquentielle et venir compléter les essais thermiques et/ou des essais thermiques à effet mécanique.

c) *essais mécaniques vibratoires*

Il est recommandé que tout équipement susceptible d'être soumis à des vibrations mécaniques au cours de son utilisation, soit de son propre fait (moteurs, par exemple), soit en raison d'une cause externe (mouvement du support de montage, coup de marteau dans la tuyauterie, etc.) soit soumis à des essais de vibration reproduisant les mêmes effets.

Il est recommandé que la plage de fréquences et la nature des vibrations à reproduire (sinusoïdales, aléatoires, etc.) ainsi que leur amplitude soient clairement définies.

La norme CEI 60068-2-6 décrit les procédures relatives aux vibrations sinusoïdales pouvant être menées sur la plupart des équipements électriques (pour les vibrations aléatoires voir la CEI 60068-2-34).

Cependant, il convient de déterminer si un essai d'endurance général suffit à établir l'aptitude de l'équipement à supporter les vibrations (cas le plus fréquent) ou s'il faut également mener un essai d'endurance sur les fréquences de résonance.

Les autres essais mécaniques les plus fréquemment utilisés sont les suivants:

- essai au choc (CEI 60068-2-27);
- impact, essai au marteau (CEI 60068-2-75);
- essais d'épreuves aux chutes et aux culbutes, y compris en chute libre (CEI 60068-2-31 et CEI 60068-2-32);
- secousses (CEI 60068-2-29).

En général, ces essais mécaniques sont menés après les essais thermiques et de corrosion. Ils peuvent également intervenir après l'essai de vieillissement en rayonnement (voir 5.3.3.5 e)).

d) *essai de fonctionnement prolongé*

Pour la plupart des équipements électromécaniques, en particulier ceux comprenant des pièces mobiles (moteurs, électrovannes, coupe-circuit, relais, etc.), il est indispensable de simuler l'usure mécanique (blocage, fuites des joints, etc.) ou les problèmes électriques (piqûres sur les contacts, oxydation, etc.) susceptibles de se manifester avec le temps, à l'aide d'essais spéciaux dénommés essais de fonctionnement prolongé.

Pour ce faire, on a en général recours à des essais fonctionnels cycliques (alimentation mise hors tension) prenant en compte le nombre de cycles escompté pendant la durée de vie et les limites spécifiées de la plage normale d'utilisation.

b) corrosion tests

It is recommended carrying out this type of test on equipment likely to be located in a damp or corrosive ambient atmosphere. This may occur for some safety equipment liable to be subjected to spurious spraying, immersed or also subjected to saturated steam jets containing boric acid, in accident conditions.

Although the simulated accident conditions test alone may be deemed sufficient in most cases, it may sometimes be advisable to conduct a prior simple and rapid corrosion test which enables the watertightness of the equipment to be assessed.

The most common and easily implemented tests are:

- damp heat tests (IEC 60068-2-30 or IEC 60068-2-3);
- spraying or immersion test (IEC 600529 or IEC 60068-2-18);
- salt mist tests (IEC 60068-2-11 or 60068-2-52).

There exists a whole package of standardized corrosion tests to be referred to, if needed, for specific applications (see IEC 60068-2-28).

These tests may be carried out in sequence and in supplement to thermal tests and/or thermal tests with mechanical effect.

c) mechanical vibration tests

It is recommended that equipment likely to be subjected to mechanical vibration during its utilization, whether self-induced (motors for instance) or due to any external reason (movement of mounting support, hammer blow in pipes, etc.) should be subjected to vibration tests reproducing the same effects.

The frequency range and the nature of vibrations to be reproduced (sinusoidal, random; etc.) as well as their magnitude should be clearly defined.

IEC 60068-2-6 describes the test procedures for a sinusoidal vibration which may be carried out on most electrical equipment (IEC 60068-2-34 for random vibration).

It should, however, be determined if a sweeping endurance test is sufficient to check whether the equipment is able to withstand the vibration environment (the most frequent case) or if an endurance test on resonance frequencies should also be performed.

There are also other mechanical tests, amongst which the most commonly used are the following:

- shock test (IEC 60068-2-27);
- hammer test (IEC 60068-2-75);
- drop and topple and free fall tests (IEC 60068-2-31 and IEC 60068-2-32);
- bump test (IEC 60068-2-29).

These mechanical tests are generally carried out after the thermal and corrosion tests. They may also take place after the irradiation ageing test (see 5.3.3.5 e)).

d) prolonged operating test

For main electromechanical equipment, in particular those including moving parts (motors, solenoid valves, circuit-breakers, relays, etc.), it is essential to simulate mechanical wear (lock-up, joint leaks, etc.) or electrical problems (contact pits, oxidation, etc.) which are likely to appear with time, via specific tests called prolonged operation tests.

Therefore, cyclic functional tests are generally performed (supply de-energization) consistent with the number of cycles during lifetime and at the specified limits of the normal range of use.

Il convient cependant de retenir les conditions d'essais susceptibles de générer des modes de défaillances similaires à ceux susceptibles de survenir en fonctionnement normal.

Les procédures détaillées de ce type d'essai doivent être définies, dans la mesure du possible, en s'appuyant sur les spécifications CEI appropriées.

Cet essai entre dans la séquence d'essais logique présentée en a), b) et c) puisqu'il contribue dans une large mesure au vieillissement de l'équipement.

e) *essai d'irradiation de vieillissement*

L'équipement nécessaire pour réaliser des fonctions importantes vis-à-vis de la sûreté du réacteur en présence de contraintes radioactives doit être soumis à un essai d'irradiation destiné à vérifier son bon comportement.

Un débit de dose d'irradiation élevé approprié doit être plus particulièrement retenu pour les équipements situés dans le bâtiment réacteur, mais également pour d'autres équipements se trouvant dans d'autres zones particulières.

La dose cumulée de rayonnements à retenir pour cet essai doit être aussi proche que possible des valeurs attendues pour toute la durée de vie de l'équipement en fonctionnement normal du réacteur.

Cette dose est fonction de la conception de l'enceinte et de la localisation de l'équipement.

Lors de la détermination de la dose de rayonnements totale et du débit de dose équivalents à ceux obtenus pendant la vie utile de l'équipement, il convient de prendre en compte les effets de l'oxydation et de la diffusion gazeuse. Il vaut toujours mieux appliquer une dose totale plus élevée que celle correspondant à la vie utile, afin d'obtenir une marge prenant en compte tous ces éléments.

Sauf indication contraire explicite, cet essai doit être réalisé à la température ambiante.

Les procédures d'irradiation de vieillissement doivent être conformes à celles de la CEI 60544-2.

A noter qu'en fonction des besoins, l'équipement peut demeurer ou non sous tension pendant cet essai d'irradiation de vieillissement.

5.3.4 Essais de situations accidentelles

Cette étape constitue en général la phase b) du Groupe 3 d'essais (voir 5.3.2).

L'équipement «vieilli» conformément aux recommandations de 5.3.3 doit ensuite être soumis à des contraintes représentatives de situations accidentelles et post-accidentelles.

Les principales situations accidentelles à prendre en considération sont les suivantes:

- un séisme pour l'équipement électrique de sûreté approprié, qu'il se produise à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment du réacteur (on peut également avoir recours à une qualification par analyse pour vérifier le comportement aux séismes, voir 5.5) ou tout autre phénomène vibratoire d'origine humaine (par exemple: chute d'avion);
- un événement initiateur hypothétique (accident à l'intérieur du bâtiment du réacteur) ne concernant que l'équipement qui s'y trouve et conduisant à des contraintes d'environnement très sévères (irradiation, température, pression, vapeur, aspersion chimique, etc.).

Il est très difficile de mener un essai totalement simultané (comprenant irradiation, température, vapeur) pour simuler l'événement initiateur hypothétique en raison des dispositifs d'essais et de la taille des équipements concernés.

Testing conditions, which would be likely to create failure modes similar to those likely to occur in normal operation, should, however, be retained.

The detailed procedures of this specific test shall be defined using IEC relevant specifications, when applicable.

This test enters into the logical sequence of tests presented in a), b), and c), since it contributes largely to equipment ageing.

e) *irradiation ageing test*

Equipment necessary to achieve important functions to ensure reactor safety in the presence of radioactive stresses shall be subjected to an irradiation test intended to check its correct behaviour.

A correspondingly high irradiation dose rate shall be particularly given for equipment located in the reactor containment, but can be found also for other equipment installed in other specific locations, too.

The cumulative radiation dose to be retained for this test shall be as near as possible to the expected values over the whole lifetime of the equipment for a normal reactor operation.

This dose depends on the containment design and on the location of the equipment.

When determining the whole radiation dose and dose rate, equivalent to those of the useful life, oxidation and gaseous diffusion effects should be taken into account. It is always better to apply a total dose higher than the dose corresponding to the useful life, so as to obtain a margin taking all these elements into account.

Unless otherwise duly stated, this test shall be performed at ambient temperature.

The irradiation ageing procedures shall comply with those of IEC 60544-2.

It should be noted that depending on the needs, the equipment may be energized or not during this irradiation ageing test.

5.3.4 Accident condition tests

This step generally constitutes phase b) of type test Group 3 (see 5.3.2).

"Aged" equipment, in accordance with the previous subclause recommendations, shall then be subjected to stresses representative of accident and post-accident conditions.

The main accident conditions to be considered are the following:

- an earthquake for the appropriate safety electrical equipment, whether inside or outside the reactor building (an analysis qualification may also be used for checking the seismic behaviour; see 5.5) or any phenomena induced by man-made events (i.e.: aircraft crash);
- a postulated initiating event (accident inside the reactor building) which therefore only concerns the equipment there and which leads to very constraining environment stresses (irradiation, temperature, pressure, steam, chemical spraying, etc.).

The execution of totally simultaneous test (including irradiation, temperature, steam) to simulate the postulated initiating event encounters important difficulties due, in particular, to the test devices and to the size of the equipment to be tested.

C'est pourquoi on admet, en général, de simuler ce type d'accident en menant successivement trois essais distincts et séquentiels qui, à moins d'indications contraires explicites (réglementations du pays, par exemple), sont réalisés dans l'ordre suivant:

- irradiation accidentelle;
- simulation thermodynamique par injection de vapeur saturante sous pression (ou surchauffée pendant quelques minutes);
- phase post-accidentelle prenant place juste après le retour à une température et des conditions de pression presque normales dans l'enceinte de confinement. L'objectif est de simuler les contraintes subies par l'équipement pendant toute la période suivant l'accident jusqu'à l'intervention humaine dans le réacteur.

5.3.4.1 Essais sismiques

Les équipements de sûreté identifiés comme étant nécessaires en cas de séisme doivent être soumis à des contraintes représentatives des charges sismiques susceptibles de se produire au niveau des planchers auxquels ces équipements sont fixés.

Pour des raisons de simplification et d'homogénéité, il est conseillé chaque fois que cela est possible d'appliquer un «spectre d'essais enveloppe» correspondant aux conditions d'installation les plus sévères.

Les procédures d'essais à utiliser de préférence à toutes autres sont celles des CEI 60980 et CEI 60068-2-57 ainsi que, le cas échéant, celles du guide des essais sismiques (CEI 60068-3-3).

Sauf spécification contraire, le comportement de l'équipement, et en particulier son aptitude à remplir la fonction qui lui est attribuée, doit être contrôlé pendant toute la durée de l'essai sismique.

5.3.4.2 Irradiation d'accident

Cet essai doit s'appliquer à tous les équipements susceptibles d'être soumis à un événement initiateur hypothétique.

Les procédures d'essais doivent être conformes à celles de la CEI 60544-2.

Pour des raisons pratiques, cet essai peut être mené tout de suite après l'essai d'irradiation de vieillissement.

Sauf spécification contraire, l'essai sera réalisé à la température ambiante.

La surveillance éventuelle de l'équipement pendant les essais dépend du type d'équipement et des objectifs poursuivis.

5.3.4.3 Situations thermodynamiques accidentelles

Pour commencer, les valeurs des paramètres importants à prendre en compte pendant un événement initiateur hypothétique (température, pression, durée) doivent être déterminées.

Ces données, fournies le plus souvent par les analyses de sûreté, permettent de définir des courbes d'essais de température et de pression en fonction de la durée en utilisant certaines marges pour le profil théorique.

For these reasons, it is generally admitted to simulate such an accident by successively performing three separate and sequential tests which, unless otherwise duly stated (e.g. in national regulations); will be run in the following order:

- accident irradiation;
- thermodynamic simulation by injection of saturated pressurized steam (or superheated for a few minutes);
- a post-accident phase which takes place just after the recovery of almost normal temperature and pressure conditions in the containment. The objective is to simulate the stresses undergone by the equipment during the whole period following the accident until human intervention in the reactor.

5.3.4.1 Seismic tests

Safety equipment which is identified as being necessary under a seismic event shall be subjected to stresses representative of seismic loads likely to appear at the level of the floors on which the equipment is fixed.

For reasons of simplification and homogeneity, it is recommended, wherever possible, to apply an "enclosure test spectrum" corresponding to the maximum environmental conditions.

The test procedures which are to take precedence are those of IEC 60980 and IEC 60068-2-57 as well as, if needed, the seismic test guide (IEC 60068-3-3).

Unless otherwise specified, the behaviour of the equipment shall be checked for the whole duration of the seismic test and, in particular, its ability to carry out its specified function.

5.3.4.2 Accident radiation

This test shall be applied to all equipment likely to be subjected to a postulated initiating event.

The test procedures shall comply with those of IEC 60544-2.

For practical reasons, this test could be realized directly after the ageing irradiation test.

Unless otherwise duly stated, such tests shall be performed at ambient temperature.

The equipment can be monitored during the test depending on the type of equipment and the test objectives.

5.3.4.3 Accident thermodynamic conditions

Initially, the important parameter values to be taken into account during a postulated initiating event (temperature, pressure, time) shall be determined.

From these data, which are most often obtained by using safety analyses, temperature and pressure test curves are defined, as a function of time, applying certain margins with regard to the theoretical profile.

En l'absence de spécifications précises, on peut avoir recours aux marges mentionnées en 5.3.1.6.

Les conditions des essais chimiques doivent également être définies. Les produits chimiques peuvent provenir, entre autres, du liquide de refroidissement du réacteur et des produits servant à l'aspersion de l'enceinte de confinement.

Deux manières de mener cet essai dans des situations accidentelles sont envisageables:

- soit n'appliquer qu'un seul choc thermodynamique, avec des marges;
- soit appliquer deux chocs successifs sans marges par comparaison avec le profil théorique calculé.

Pendant tout l'essai, l'équipement doit demeurer sous tension comme dans ses conditions normales de fonctionnement et doit faire l'objet d'une surveillance périodique (voir 5.3.5) en fonction d'une séquence prédéterminée dépendant de la nature de l'équipement et de sa fonction de sûreté.

5.3.4.4 Situations post-accidentelles

En général, ces situations post-accidentelles sont simulées par un essai de température élevée et d'humidité de vieillissement d'une durée de quelques jours.

Au cours de l'essai, l'équipement est mis sous tension et surveillé comme indiqué en 5.3.4.3.

Sauf spécification contraire, cet essai doit être mené tout de suite après l'essai d'accident aux conditions thermodynamiques accidentelles.

5.3.5 Mesures et vérifications pendant les essais de vieillissement et d'accident

La qualification est obtenue lorsque le matériel a subi avec succès l'ensemble des essais prévus. Ce résultat final repose sur l'exploitation des mesures et vérifications effectuées à la fin des essais.

En complément aux mesures demandées par le processus de qualification, il convient de faire d'autres mesures et vérifications pendant les essais de vieillissement afin

- de s'assurer que le matériel est en état de poursuivre les essais;
- d'obtenir, en marge de la qualification proprement dite, des informations sur le comportement de l'équipement soumis à des contraintes représentatives du service normal;
- de suivre, au fur et à mesure des essais, d'éventuelles dérives des caractéristiques ou des dégradations du matériel pour mieux interpréter
 - a) les résultats, si l'équipement est en fonctionnement en dehors du domaine approuvé;
 - b) les défauts de fonctionnement qui en résulteraient lors des essais ultérieurs.

Cela peut conduire à effectuer des mesures supplémentaires pendant ou après chaque essai. Il convient de limiter ces mesures au strict nécessaire pour ne pas alourdir inutilement des procédures déjà longues et onéreuses. En particulier, il est recommandé de s'assurer que les mesures choisies n'imposent pas des contraintes excessives et inutiles à l'équipement.

In the absence of precise specifications, the margins defined in 5.3.1.6 may be applied.

Chemical test conditions shall also be determined. Possible sources of chemicals include reactor coolant and containment sprays.

Two ways of carrying out this test under accident conditions may be envisaged:

- either by applying only one thermodynamic shock, with margins;
- or by applying two successive shocks without margin as compared with the calculated theoretical profile.

During the whole test, the equipment shall be energized as in normal conditions of operation and periodically checked (see 5.3.5) according to a predetermined sequence, depending on the nature of the equipment and its safety function.

5.3.4.4 Post-accident conditions

These post-accident conditions are generally simulated by a high temperature and humidity ageing test over a few days.

During the test, the equipment shall be energized and checked as in 5.3.4.3.

Unless otherwise stated, this test shall be run immediately after the accident thermodynamic resistance test.

5.3.5 Measurements and checks during ageing and accident tests

Qualification is obtained when equipment has been submitted with success to the whole test sequence. This result is based on the measurements and verifications made at the end of the tests.

In addition to measurements required for the qualification process, other measurements and checks should be carried out during the ageing tests with the purpose of

- ensuring that the equipment is in proper condition for testing;
- obtaining information (in addition to that required for the qualification item) on the behaviour of the equipment when submitted to stresses representative of those encountered in normal service;
- tracking relevant changes in the characteristics and degradation of the equipment occurring during the series of tests and thus contributing to a better interpretation of
 - a) the results, if the equipment is operated outside the approved range;
 - b) any operational faults which might result from them in subsequent tests.

This may lead to additional measurements during and after each test. They should be limited to what is strictly necessary in order to avoid needless additions to procedures which are already long and onerous. Special attention should be taken to ensure that only measurements which do not impose excessive and needless constraints on the equipment are selected.