

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 780

Première édition — First edition

1984

**Qualification des constituants électriques
du système de sûreté des centrales électronucléaires**

**Qualification of electrical items
of the safety system for nuclear power generating stations**



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

[IECNORM.COM](#): Click to view the full PDF of IEC 61780:1984

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 780
Première édition — First edition
1984

**Qualification des constituants électriques
du système de sûreté des centrales électronucléaires**

**Qualification of electrical items
of the safety system for nuclear power generating stations**



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	8
4. Principes de la qualification	12
5. Procédures et méthodes de qualification	18
6. Diagramme d'essai en conditions d'utilisation simulées	34
7. Documentation	34

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61780:1984

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	9
4. Principles of qualification	13
5. Qualification procedures and methods	19
6. Simulated operational condition test profile	35
7. Documentation	35

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61780:1984

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

QUALIFICATION DES CONSTITUANTS ÉLECTRIQUES
DU SYSTÈME DE SÛRETÉ
DES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1981. A la suite de cette réunion, ce projet fut diffusé selon la Procédure Accélérée en janvier 1982 et, en tant que document 45A(Bureau Central)81, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1982.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Egypte
Espagne
Etats-Unis d'Amérique

Finlande
France
Italie
Pays-Bas
Pologne
République Démocratique Allemande
Tchécoslovaquie

Autre publication de la C E I citée dans la présente norme:

Publication n° 557: Terminologie C E I sur les réacteurs nucléaires.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**QUALIFICATION OF ELECTRICAL ITEMS
OF THE SAFETY SYSTEM
FOR NUCLEAR POWER GENERATING STATIONS****FOREWORD**

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

A draft was discussed at the meeting held in Tokyo in 1981. As a result of this meeting, the draft was circulated under the Accelerated Procedure in January 1982 and, as Document 45A(Central Office)81, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1982.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Egypt
Finland
France

German Democratic Republic
Germany
Italy
Netherlands
Poland
Spain
United States of America

Other IEC publication quoted in this standard:

Publication No. 557: IEC Terminology in the Nuclear Reactor Field.

QUALIFICATION DES CONSTITUANTS ÉLECTRIQUES DU SYSTÈME DE SÛRETÉ DES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux constituants électriques du système de sûreté utilisés dans les centrales électronucléaires, y compris les composants ou l'équipement 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.

2. Objet

Cette norme décrit les conditions de base exigées pour la qualification des constituants mentionnés ci-dessus. Les conditions présentées comprennent les principes, les procédures et les méthodes de qualification. Ces conditions imposées à la qualification confirmeront, si elles sont satisfaites, la validité de la conception des appareillages du système de protection à remplir leur fonction. On doit considérer qu'il existe différentes catégories de qualification en fonction du rôle et de la localisation de l'équipement. Lorsqu'on exige une qualification obéissant à d'autres normes ou recommandations de la C E I relatives aux centrales électronucléaires, on peut, pour établir cette qualification, se servir des directives contenues dans la présente norme.

Les méthodes de qualification décrites ici doivent être utilisées pour la qualification initiale des équipements et la mise à jour de la qualification après modifications.

D'autres manuels de qualification se rapportant à des équipements électriques ou à des méthodes d'essai spécifiques peuvent couvrir des spécifications particulières; ils devront alors être utilisés en complément de la présente norme.

La présente norme ne concernant que la «vie qualifiée», les méthodes ou références visant à déterminer la durée de vie à la conception ne sont pas incluses ici.

Il est demandé aux fabricants et aux utilisateurs d'équipements du système de sûreté de fournir la garantie que de tels équipements satisferont aux prescriptions de fonctionnement qui leur sont imposées, ou les dépasseront, pendant toute leur durée de vie installée. On y parvient grâce à un programme méticuleux d'assurance de qualité englobant, sans s'y limiter, la conception, la qualification, le contrôle de qualité à la production, l'installation, l'entretien et les essais périodiques. Cette norme ne traite que de la partie du programme réservée à la qualification.

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. 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 essayés. Les tolérances appliquées pendant les essais de type fournissent l'assurance supplémentaire que l'équipement fonctionnera comme exigé.

QUALIFICATION OF ELECTRICAL ITEMS OF THE SAFETY SYSTEM FOR NUCLEAR POWER GENERATING STATIONS

1. Scope

This standard is applicable to electrical items of the safety system that are used in nuclear power generating stations 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.

2. Object

The standard describes the basic requirements for qualifying the above items. The requirements presented include the principles, procedures and methods of qualification. These qualification requirements, when met, will confirm the adequacy of the protection system equipment design 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 generating stations, this can be demonstrated by using the guidance provided in this standard.

The qualification methods described shall be used for the initial qualification of the equipment and for updating qualification following modifications.

Other qualification guides for specific electrical equipment or test methods will cover specific requirements and should be used to supplement this standard.

Since this standard is concerned with "qualified life", references and methods for determining design life are not directly covered.

The manufacturers and users of equipment of the safety system are required to provide assurance that such equipment will meet or exceed its performance requirements throughout its installed life. This is accomplished through a disciplined programme of quality assurance that includes, but is not limited to, design, qualification, production quality control, installation, maintenance and periodic testing. This standard covers only the qualification portion of the programme.

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. 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 is suitably applied, installed, maintained and periodically tested. Margins used during type testing provide additional assurance that the equipment will perform as required.

3. Définitions

Ces définitions établissent le sens des mots utilisés dans le contexte de la présente norme.

3.1 *Vieillissement (naturel)*

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

3.2 *Vieillissement accéléré*

Processus accéléré destiné à simuler un fonctionnement de longue durée en une courte période de temps. Ce processus qui consiste à soumettre un module 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 *Analyse*

Processus utilisant un raisonnement mathématique ou un autre raisonnement logique qui, partant de prémisses établies, mène aux conclusions concernant les aptitudes spécifiques du matériel et la possibilité de l'employer pour une application particulière.

3.4 *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.

3.5 *Composants*

Éléments à partir desquels le système est assemblé (par exemple résistances, condensateurs, câbles, connecteurs, transistors, tubes, interrupteurs, ressorts, etc.).

3.6 *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 conditions d'accident, de quantités inacceptables de matière radioactive au-delà d'une zone contrôlée.

3.7 *Démonstration*

Raisonnement montrant qu'un certain résultat est une conséquence de prémisses prises comme hypothèses; explication ou illustration à l'aide d'exemples comme dans l'enseignement.

3.8 *Événements initiateurs hypothétiques*

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

3. Definitions

These definitions establish the meanings of words in the context of their use in this standard.

3.1 *Ageing (natural)*

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

3.2 *Accelerated ageing*

The acceleration process designed to simulate an advanced life condition in a short period of time. It is the process of subjecting a module or 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 *Analysis*

A process of mathematical or other logical reasoning that leads from stated premises to the conclusion concerning specific capabilities or equipment and its adequacy for a particular application.

3.4 *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.

3.5 *Components*

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

3.6 *Containment*

The 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.

3.7 *Demonstration*

A course of reasoning showing that a certain result is a consequence of assumed premises; an explanation or illustration as in teaching by use of examples.

3.8 *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.

3.9 *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.

3.10 *Qualification du matériel*

Réunion et mise à jour des données garantissant que le matériel fonctionnera sur demande de façon à satisfaire aux impératifs de fonctionnement du système.

3.11 *Marge de qualification*

Différence entre les conditions d'utilisation les plus sévères spécifiées de la centrale et les conditions mises en œuvre lors de l'essai de type pour tenir compte des dispersions normales de fabrication du matériel et des erreurs que l'on peut raisonnablement faire dans la définition d'un comportement satisfaisant.

3.12 *Durée de vie installée*

Intervalle de temps entre l'installation et le démontage durant lequel l'appareillage ou l'un de ses composants sont susceptibles d'être soumis à des conditions d'utilisation prévues au projet, ou à des sollicitations du système.

Note. — L'appareillage 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.

3.13 *Interface entre les systèmes de sûreté et d'autres systèmes*

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

3.14 *Centrale électronucléaire*

Installation dans laquelle l'énergie électrique est produite à partir de l'énergie nucléaire au moyen d'appareils appropriés. La centrale peut comprendre une ou plusieurs tranches nucléaires pouvant avoir en commun ou non différents auxiliaires.

3.15 *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.

3.16 *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.

3.17 *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 accidentielles (*cf.* Publication 557 de la C E I: Terminologie C E I sur les réacteurs nucléaires).

Note. — Le système de sûreté comprend le système de protection, les systèmes actionneurs de sûreté et les dispositifs auxiliaires du système de sûreté. Les composants 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.

3.9 *Design life*

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

3.10 *Equipment qualification*

The generation and maintenance of evidence to ensure that the equipment will operate on demand to meet the system performance requirements.

3.11 *Qualification margin*

The difference between the most severe specified operational conditions of the plant and the conditions used in type testing to account for normal variations in production of equipment and reasonable errors in defining satisfactory performance.

3.12 *Installed life*

The interval from installation to removal, during which the equipment or components thereof may be subjected to design operational conditions and system demands.

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.

3.13 *Interface between safety system and other systems*

A 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, etc.)

3.14 *Nuclear generating station*

A plant wherein electric energy is produced from nuclear energy by means of suitable apparatus. The station may consist of one or more units which may or may not share some common auxiliaries.

3.15 *Operating experience*

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

3.16 *Qualified life*

The 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.

3.17 *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 (*cf.* IEC Publication 557: IEC Terminology in the Nuclear Reactor Field).

Note. — The safety system consists of the protection system, the safety actuation system, and the safety system support features. Components 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.

3.18 *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 de l'A.I.E.A. sur les fonctions de sûreté et la classification des composants pour les réacteurs B.W.R., P.W.R et P.T.R. n° 50-SG-D1.

3.19 *Echantillon d'appareillage*

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

3.20 *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.

3.21 *Essais de type*

Essais conduits sur un ou plusieurs échantillons d'appareillage pour vérifier la validité de la conception et les procédés de fabrication proposés.

4. Principes de la 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. En premier lieu, on s'attend à ce que le matériel soit soumis aux environnements et aux conditions d'utilisation pour lesquels il a été conçu, et pour lesquels ses caractéristiques ont été mesurées. En pratique, dans un programme d'essais, on se borne généralement à simuler les environnements et les conditions d'utilisation. 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 dans cette norme.

L'expérience d'exploitation est une méthode d'emploi limité en tant que moyen de qualification isolé, mais elle est très utile comme méthode d'appoint dans les essais, 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 d'entretien. 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'appareillage 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 appareillage déjà essayé.

Toutes les méthodes de qualification doivent fournir un résultat final sous la forme d'une documentation destinée à prouver que l'équipement est apte à remplir la fonction demandée. La documentation doit être sous une forme permettant la vérification par les soins d'un personnel compétent autre que les personnes chargées de la qualification; elle devra indiquer les prescriptions de fonctionnement, la méthode de qualification, les résultats et les justifications.

3.18 Safety function

A 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 I.A.E.A. Safety Guide on Safety Functions and Component Classification for B.W.R., P.W.R. and P.T.R.-I.A.E.A. Safety Series No. 50-SG-D1.

3.19 Sample equipment

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

3.20 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.

3.21 Type tests

Test made on sample equipment to verify adequacy of design and the manufacturing processes.

4. Principles of qualification

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. In the first instance, it is expected that the equipment will be subjected to the environments and operating conditions for which it was designed and its performance measured. In a test programme, in practice, it is usual only to simulate environments and operational conditions. 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 in this standard.

Operating experience is a method of limited use as a single means of qualification but is of considerable use for the supplementation of 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 the documentation that is intended to demonstrate the adequacy of the equipment to perform its required function. The documentation shall be in a form that allows verification by competent personnel other than the qualifiers and should contain the performance requirements, the qualification method, results and the justifications.

On doit démontrer que tous les constituants du système de sûreté, y compris les interfaces, sont aptes à exécuter 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 du fait qu'elle tient compte des modes de défaillance potentiels connus et des mécanismes y conduisant;
- 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.

Plusieurs méthodes de démonstration sont acceptables. Événements initiateurs hypothétiques, conditions de fonctionnement, dimensions et vieillissement sont autant de facteurs qui dictent le choix de la méthode de démonstration 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 C E I 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, on peut compléter cette partie de la démonstration à l'aide des méthodes décrites aux paragraphes 4.2, 4.3 et 4.4.

4.2 *Expérience d'exploitation*

Il est possible de considérer qu'un constituant 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 exige l'élaboration d'un modèle mathématique valable du constituant qui doit être 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. La validité du modèle mathématique doit être

The capability of all items of the safety system, including interfaces, to perform their required function shall be demonstrated.

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

Several demonstration methods are acceptable. Postulated initiating events, operational conditions, size and ageing are factors which determine the demonstration 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 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 part of the demonstration may be completed by methods described in Sub-clauses 4.2, 4.3 and 4.4.

4.2 *Operating experience*

An item 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 construction of a valid mathematical model of the item to be qualified, in which the performance characteristics of the item are the dependent variables and the environmental influences are the independent variables. The validity of the mathematical model shall be justified by test data, operating experience, or physical laws.

justifiée par des résultats d'essais, par l'expérience d'exploitation, ou par les lois de la physique. La qualification consiste en une analyse quantitative à l'aide du modèle mathématique du constituant pour prouver, par la logique, que les caractéristiques de fonctionnement du constituant sont conformes ou supérieures aux spécifications du constituant à la conception quand on soumet ce constituant à l'environnement correspondant aux événements initiateurs hypothétiques.

On détermine la durée de vie qualifiée d'après les effets, variables en fonction du temps, de l'environnement, en démontrant quantitativement que les caractéristiques de fonctionnement du constituant sont conformes ou supérieures aux spécifications de l'équipement après un événement initiateur hypothétique, précédé d'une période de temps pendant laquelle le constituant est soumis à son environnement normal prévu à la conception. La durée maximale d'existence de l'environnement normal pour laquelle l'analyse quantitative est valable est la durée de vie maximale pour laquelle le constituant peut être qualifié par l'analyse.

On peut dire qu'en général les modèles mathématiques permettant d'exprimer quantitativement et simultanément toutes les caractéristiques de fonctionnement du constituant électrique en fonction du temps et de l'environnement n'existent pas.

Pour cette raison, l'analyse intervient généralement dans la qualification pour exprimer quantitativement le comportement du constituant en fonction de la valeur numérique d'un seul facteur de l'environnement, tel que l'excitation sismique, alors que le vieillissement et tous les autres facteurs de l'environnement sont maintenus constants. Cette analyse à une seule variable est alors employée pour justifier et pour amplifier les essais partiels de types, et pour fournir le lien logique nécessaire entre les divers facteurs d'un essai dans lequel on simule deux ou plusieurs paramètres de l'environnement.

Les données utilisées à l'appui de la qualification du constituant par l'analyse doivent être en rapport avec l'application envisagée et se présenter sous une forme vérifiable. Les données doivent être présentées sous forme de description point par point pour une série complète de calculs, afin que les personnes ayant une expérience raisonnable de ce type d'analyse puissent suivre aussi bien le raisonnement que les calculs.

4.4 Qualification mixte

La qualification du constituant peut se faire à partir des essais de type, de l'expérience préalable, de l'analyse, ou de toute combinaison de ces trois méthodes d'exploitation. Un essai de type partiel peut être complété par des essais de composants lorsqu'une des limitations dans les dimensions, les applications, le temps ou d'autres essais empêchent d'effectuer l'essai de type complet.

Des essais de type partiel 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 le constituant. Dans ce cas, on peut appliquer un programme de qualification progressive. Pour ce faire il y a trois méthodes :

Qualification shall consist of a quantitative analysis of the mathematical model of the item that shall logically prove that the performance characteristics of the item meet or exceed the equipment design specifications when the item is subjected to the environment of the postulated initiating events.

Qualified life shall be determined from the time-dependent effects of the environmental influences by quantitatively demonstrating that the performance characteristics of the item meet or exceed the design specifications of the equipment after a postulated initiating event, preceded by a time period during which the item is subjected to its normal design environment. The maximum period of normal environment for which the quantitative analysis is valid shall be the maximum life for which the item can be qualified by analysis.

In general, logical models which can simultaneously quantify all the performance characteristics of an item as functions of time and environment are unavailable.

Because of this, analysis is generally used in the qualification process to quantify item performance as a function of the magnitude of a single environmental factor, such as seismic excitation, with ageing and all other independent environmental factors held constant. This single variable analysis is then used for justification and amplification of partial type tests and for providing the necessary logical link between the various factors of a test in which two or more environmental parameters are simulated.

The data used to support the qualification of an item by analysis shall be pertinent to the application and in an auditable form. The data shall be presented as a step-by-step description for one complete set of computations, so that persons reasonably skilled in this type of analysis can follow both the reasoning and the computations.

4.4 Combined qualification

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

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 thus 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 may be implemented. Three methods for achieving this are:

- 1) Le vieillissement et l'essai d'un constituant ou de composants identiques peuvent se poursuivre pendant toute la durée de vie qualifiée du constituant installé.
- 2) On peut installer un constituant supplémentaire à côté du constituant nécessaire, l'enlever avant la fin de la durée de vie qualifiée, et le soumettre à l'essai de type, afin de déterminer sa durée de vie qualifiée supplémentaire.
- 3) Exécution d'essais représentatifs dans les centrales en exploitation.

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

La qualification des équipements du système de sûreté doit englober les paragraphes 5.1, 5.2, 5.7, 5.8, 5.9 et un des paragraphes suivants 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.

5.1 *Identification des constituants du système de sûreté devant subir la qualification*

5.2 *Spécifications de fonctionnement de l'équipement*

Les spécifications de fonctionnement des constituants du système de sûreté doivent inclure, s'il y a lieu, les dispositions suivantes ou d'autres.

- a) Les caractéristiques de fonctionnement dans des conditions définies normales, anormales, d'un essai dans l'enceinte de confinement, d'événement initiateur hypothétique, ou postérieur.
- b) Les domaines de variation de la tension, de la fréquence, de la charge, des perturbations électromagnétiques et des autres caractéristiques électriques.
- c) Les conditions d'installation, y compris la méthode de montage, la (les) disposition(s) géométrique(s) et la position géographique (par exemple à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte de confinement).
- d) Le programme d'entretien préventif valable pour la durée de vie installée de l'équipement (y compris les lubrifiants, les joints, etc.).
- e) 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.
- f) 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.
- g) Les domaines de variation, le type et la durée des conditions d'environnement dont la température, la pression, l'humidité, les rayonnements, les actions chimiques et les forces sismiques.
- h) La description complète des cycles d'exploitation et leur nombre, y compris les essais périodiques.
- i) 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.

- 1) Ageing and testing of identical items or components may continue during the qualified life period of the installed equipment.
- 2) Additional items can be installed beside the required item, be removed before the end of the qualified life period and be type tested to determine its additional qualified life.
- 3) Execution of valid testing in operating plants.

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 qualification of equipment of the safety system shall include the following Sub-clauses: 5.1, 5.2, 5.7, 5.8, 5.9 and one of the following Sub-clauses 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.

5.1 Identification of items of the safety system being qualified

5.2 Equipment performance specifications

Performance specifications of items of the safety system shall include as applicable the following characteristics or others.

- a) Performance characteristics under defined normal, abnormal, containment test, postulated initiating event, and post-postulated initiating event conditions.
- b) The range of voltage, frequency, load, electromagnetic interference and other electrical characteristics.
- c) The installation requirements including mounting method, configuration(s) and location for example (in or out of containment).
- d) Preventive maintenance schedule for the installed life of the equipment (including lubricants, seals, etc.).
- e) 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.
- f) Control, indicating and other auxiliary devices contained in the equipment or external to the equipment and required for proper operation.
- g) The range, type and duration of environmental conditions including temperature, pressure, humidity, radiation, chemicals and seismic forces.
- h) Complete operating cycle description and number of operating cycles including periodic testing.
- i) 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 Procédures des essais de type

5.3.1 Généralités

L'essai de type, comme variante, 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 et anormale.

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 devra apporter la preuve que la méthode d'essai utilisée était adéquate, ce qui n'est pas toujours évident d'après les résultats de l'essai.

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

- a) la description de l'équipement;
- b) le nombre (quantité) d'unités à essayer. Il est souhaitable de conserver une unité essayée, non démontée, à l'issue des essais de type;
- c) les conditions de montage et de raccordement;
- d) la procédure de vieillissement accéléré;
- e) les conditions d'utilisation à simuler;
- f) les caractéristiques ainsi que les variables d'environnement à mesurer;
- g) les conditions exigées de l'équipement sous essai, y compris les précisions;
- h) la séquence, détaillée point par point, pour obtenir les conditions d'environnement et de fonctionnement et pour effectuer les mesures;
- i) les caractéristiques limites ou la définition de la défaillance;
- j) la documentation sur les données des essais de type (voir paragraphe 7.3);
- 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.

5.3.1.2 Montage

L'équipement est 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 Type test procedures

5.3.1 General

The type test alternative as a qualification procedure 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 both normal and abnormal 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, as this is not always discernible from the test results.

The test plan should contain the following information:

- a) equipment description;
- b) number (quantity) of units to be tested. Consideration should be given to retaining one tested unit without dismantling at the completion of the type test;
- c) mounting and connection requirements;
- d) procedure for accelerated ageing;
- e) the operational conditions to be simulated;
- f) performance and environmental variables to be measured;
- g) test equipment requirements including accuracies;
- h) environmental, operating and measurement sequence in step-by-step detail;
- i) performance limits or failure definition;
- j) documentation of type-test data (see Sub-clause 7.3);
- 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.

5.3.1.2 Mounting

Equipment 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 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 filerie, connecteurs, câbles, conduite électrique, boîtes de raccordement, boucles de service, tuyauteries, tubulures, soudures, etc.

5.3.1.4 Surveillance

L'essai doit être surveillé en employant une instrumentation ayant la résolution voulue pour détecter des modifications significatives des variables. L'équipement d'essai doit être étalonné par rapport à des étalons identifiés, et doit être accompagné 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. Dans la description des séquences d'essai, on peut classer les grandeurs d'influence concernées dans les catégories générales suivantes:

Catégorie I — Environnement

Température, pression, degré hygrométrique, composition des gaz, vibrations et temps.

Catégorie II — Caractéristiques électriques d'entrée

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

Catégorie III — Caractéristiques des fluides

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

Catégorie IV — Caractéristiques des rayonnements

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

Catégorie V — Caractéristiques électriques

Résistance d'isolation des composants électriques; tension, courant et puissance de sortie; temps de réponse; caractéristiques de fréquence et charge simulée.

Catégorie VI — Caractéristiques mécaniques

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

5.3.1.5 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. Si la conception de l'équipement comporte la marge imposée, alors il n'est pas nécessaire de prévoir pour les essais de type une marge supplémentaire. 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 précises, 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.

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, connectors, cables, conduit, 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 equipment 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. In describing test sequences, the influence quantity may be classified into general categories as follows:

Category I — Environment

Temperature, pressure, moisture content, gas composition, vibration and time.

Category II — Input electrical characteristics

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

Category III — Fluid characteristics

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

Category IV — Radiation characteristics

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

Category V — Electrical characteristics

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

Category VI — Mechanical characteristics

Thrust, torque, time and load profile.

5.3.1.5 *Qualification margin*

Qualification type testing shall include provisions to verify that an adequate qualification margin exists. If the equipment design includes the required margin then additional margin provisions are not necessary. 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 firm specifications, some suggested margins to be applied to operational conditions for type testing in keeping with the function of equipment are as follows.

- a) Température: -8°C . Quand on conduit les essais de qualification sous vapeur saturante, la marge de température doit être choisie de façon que la pression pendant l'essai ne dépasse pas de plus de 7.10^4 Pa la pression de vapeur saturante qui correspond à la température d'utilisation maximale.
- b) Pression: $+10\%$ de la pression de jauge, mais au maximum 7.10^4 Pa .
- c) Dose de rayonnement accidentelle: $+10\%$.
- d) Tension: $\pm 10\%$ de la valeur nominale, sauf spécification contraire.
- e) Fréquence: $\pm 5\%$ de la valeur nominale, sauf spécification contraire.
- f) 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.
- g) Transitoires de l'environnement: l'équipement doit être soumis au moins deux fois au transitoire initial qui inclut la température, la pression, etc., et à la température maximale qui apparaît au cours du transitoire.
- h) Vibrations: $+10\%$ ajoutés à l'accélération du spectre de réponse au point de montage de l'équipement.

5.3.2 Séquence d'essais

Les essais de type doivent être effectués sur l'équipement dans un ordre donné. Pour la plupart des équipements et des applications, ce qui suit peut être la séquence la plus sévère; cependant, il faut justifier que la séquence utilisée est représentative de la plus sévère pour l'équipement en essai:

- a) Il convient de procéder à une inspection pour s'assurer qu'un appareil essayé n'a pas été endommagé par suite des manipulations subies depuis sa fabrication, et pour déterminer ses dimensions de base. Cette inspection ne doit pas être destinée à sélectionner un appareil spécifique pour des essais de type.
- b) Faire fonctionner l'équipement en conditions normales pour fournir les données qui serviront de base à la comparaison en fonctionnement sous des contraintes plus sévères. Certains mesurages tels que les mesures de la dérive (ou vitesse du changement en fonction du temps) d'un paramètre peuvent avoir lieu à ce moment-là.
- c) Faire fonctionner l'équipement jusqu'aux limites extrêmes de toutes les caractéristiques électriques et de fonctionnement indiquées dans les spécifications de l'équipement, en excluant les événements initiateurs et postérieurs hypothétiques à moins que ces données ne soient disponibles grâce à d'autres essais conduits sur un équipement identique ou pratiquement semblable.
- d) Faire vieillir l'équipement, lorsque cela est possible, conformément aux indications du paragraphe 5.3.3, afin de le mettre dans un état qui simule les conditions attendues à la fin de sa vie qualifiée, y compris l'effet des rayonnements (on peut y inclure l'effet des rayonnements accompagnant les événements initiateurs hypothétiques). Si on peut montrer que le niveau de rayonnement exigé produit moins d'effet que le niveau qui provoquerait la perte de la fonction de sûreté de l'équipement, on peut ne pas inclure les rayonnements dans les facteurs de vieillissement. Avant de passer aux essais suivants, il convient de procéder à certains mesurages clés après l'essai de vieillissement.
- e) L'équipement vieilli doit être soumis aux mêmes vibrations mécaniques que celles qu'on constaterait pendant son utilisation. Celles-ci devront englober des vibrations sismiques simulées, ou des vibrations provenant d'autres causes (comme celles qu'on observe avec des équipements raccordés à des tuyauteries, voir paragraphe 5.3.5).

- a) Temperature: -8°C . When qualification testing is conducted under saturated steam conditions, the temperature margin shall be such that test pressure will not exceed saturated steam pressure corresponding to peak service temperature by more than 7.10^4 Pa .
- b) Pressure: $+10\%$ of gauge, but not more than 7.10^4 Pa .
- c) Accident radiation dose: $+10\%$.
- d) Voltage: $\pm 10\%$ of rated value, unless otherwise specified.
- e) Frequency: $\pm 5\%$ of rated value, unless otherwise specified.
- f) Time: $+10\%$ of the period of time the equipment is required to be operational following the design basis event.
- g) Environmental transients: the initial transient, including pressure, temperature, etc., and the dwell at peak temperature shall be applied at least twice.
- h) Vibration: $+10\%$ added to the acceleration of the response spectrum at the mounting point of the equipment.

5.3.2 Test sequence

The type tests shall be run on the equipment in a specified order. For most equipment and applications, the following may be the most severe sequence; however, the sequence used shall be justified as representative of the most severe for the equipment being tested:

- a) Inspection should be carried out to assure that a test unit has not been damaged due to handling since manufacture and to determine basic dimensions. The inspection shall not be directed towards selection of a specific unit for type testing.
- b) The equipment shall be operated under normal conditions to provide a data base for comparison with performance under more highly stressed conditions. Certain measurements such as drift (rate of change with time) of a parameter may be made at this time.
- c) The equipment shall be operated to the extremes of all performance and electrical characteristics given in the equipment specifications excluding postulated initiating event and post-postulated initiating event conditions unless these data are available from other tests on identical or essentially similar equipment.
- d) Equipment shall be aged, where feasible, in accordance with Sub-clause 5.3.3 to put it in a condition which simulates its expected installed life condition including the effect of radiation (radiation of the postulated initiating events may be included). If the required radiation level can be shown to produce less effect than that which would cause loss of the equipment's safety function, radiation need not be included as part of ageing. Certain key measurements should be made following ageing to determine whether the equipment is performing satisfactorily prior to subsequent testing.
- e) The aged equipment shall be subjected to such mechanical vibration as will be seen in operation. This should include simulated seismic vibration, or vibration from other causes (such as might be seen with pipe-mounted equipment, see Sub-clause 5.3.5).

- f) Si la fonction de sûreté l'exige, faire ensuite fonctionner l'équipement vieilli tout en l'exposant à un événement initiateur hypothétique simulé (article 6). (L'irradiation peut être exclue si elle a été incluse au point d) ci-dessus.) Les fonctions qui doivent être assurées au cours de l'événement initiateur hypothétique simulé doivent être surveillées.
- g) Si la fonction de sûreté l'exige, faire ensuite fonctionner l'équipement vieilli tout en l'exposant aux conditions simulées postérieures à un accident (ou aux conditions succédant à l'exposition aux conditions d'accident). Les fonctions qui doivent être assurées après l'événement initiateur hypothétique simulé doivent être surveillées pendant cette simulation.
- h) Démonter le constituant dans la mesure nécessaire à l'inspection de l'état de l'équipement, et noter ce qu'on constate.

5.3.3 Procédure de vieillissement accéléré

Il n'est pas prévu de faire subir obligatoirement le vieillissement accéléré à tous les équipements du système de sûreté, mais il semble plutôt que le vieillissement doive être considéré de la même manière que les paramètres de l'environnement. 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 particulières 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 appareils, 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, la qualification de vieillissement devra être réalisée si cela est possible.

Une brève période de vieillissement thermique accéléré suffit pour simuler la vie utile. L'effet des rayonnements doit être ajouté aux autres effets connus de dégradation, si nécessaire. Faire fonctionner l'équipement électromécanique (moteurs, relais, etc.) pour simuler l'usure mécanique et la dégradation escomptées aux contacts électriques (par exemple piqûres des contacts) de l'appareil devant subir les essais de type.

On peut accélérer la fréquence des cycles par rapport à la fréquence exigée pendant la durée de vie prévue à la conception, à condition que cette fréquence ne soit pas augmentée jusqu'à une valeur qui se traduirait par des effets qui ne seraient pas présents aux fréquences normales.

5.3.4 Rayonnements

Tous les matériaux ou composants susceptibles de se dégrader à un degré tel que l'accomplissement des fonctions importantes du système de sûreté serait diminué par suite de l'irradiation escomptée en fonctionnement normal et durant les événements initiateurs hypothétiques, sont irradiés pour simuler cette exposition. La dose de rayonnement et le débit de dose sont appliqués comme faisant partie de la séquence d'environnement représentative des conditions d'utilisation. L'équipement est soumis à un type de rayonnement significatif semblable à celui qui est attendu en fonctionnement. Si, toutefois, il y a plus d'un type de rayonnement significatif, chaque type peut être appliqué séparément. Lorsqu'on détermine la dose totale de rayonnement et le débit de dose exigés, équivalents à ceux de la vie utile, il faut tenir compte des effets d'oxydation et de diffusion gazeuse. Pour exécuter l'essai en un temps raisonnable, un débit de dose élevé peut s'avérer nécessaire. Ainsi, pour ménager une marge tenant compte de ces effets, il faudrait appliquer une dose totale supérieure à la dose correspondant à la durée de vie utile.

- f) If required for the safety function, the aged equipment shall next be operated while exposed to the simulated postulated initiating event (Clause 6). (Radiation may be excluded if incorporated in item d) above.) Those functions which shall be performed during the simulated-postulated initiating event shall be monitored.
- g) If required for the safety function, the aged equipment shall then be operated while exposed to the simulated-post accident conditions (following exposure to accident conditions). Those functions which shall be performed following the simulated-postulated initiating event shall be monitored during this simulation.
- h) The item shall be disassembled to the extent necessary for the inspection of the status and condition of the equipment and the findings recorded.

5.3.3 Procedure for accelerated ageing

It is not intended that accelerated ageing shall be applied to all equipment of the safety system, but rather that ageing shall be considered in the same manner as environmental parameters. The need for accelerated ageing of particular equipment should be determined based on 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, as for example in devices of non-homogeneous material, then the ageing qualification should be applied as feasible.

A short period of accelerated thermal ageing may suffice to simulate operational life. Radiation shall be added to other known degrading influences, where appropriate. Electromechanical equipment (motors, relays, etc.) shall be operated to simulate the expected mechanical wear and electrical contact degradation (for example contact pitting) of the device to be type tested.

An accelerated rate for the number of cycles equal to the required number during the design life may be utilized, provided the rate shall not be accelerated to any value which results in effects that would not be present at normal rates.

5.3.4 Radiation

All materials or components which may be degraded to a degree which would adversely affect performance of functions of the safety system by the radiation exposure expected to occur during normal operation and postulated initiating events shall be irradiated to simulate this exposure. Radiation dose and dose rate shall be applied as a part of the sequence of environments representative of operational conditions. The equipment shall be subjected to the significant type of radiation equivalent to that expected in operation. However, if more than one type of radiation is significant, each type may be applied separately. In determining the total required test dose and dose rate equivalent to that of operational life, consideration shall be given to oxidation and gas-diffusion effects. To facilitate the use of a reasonable test time, an accelerated exposure rate may be necessary. Thus, to allow margin for these effects, a greater total dose than the service life-time dose should be applied.

5.3.5 *Vibrations mécaniques et sismiques*

L'équipement vieilli conformément aux conditions du paragraphe 5.3.3 doit être qualifié en vue d'événements sismiques définis.

En outre, tout équipement sujet à des vibrations mécaniques au cours de son utilisation normale ou anormale doit être soumis à des vibrations du même type après les étapes de vieillissement et de tenue aux séismes. Les vibrations à simuler comprennent les vibrations auto-induites et les vibrations dues au support de montage.

5.3.6 *Fonctionnement en conditions normales et en conditions d'accident*

Prévoir une alimentation électrique de l'équipement pendant l'essai de type, en lui appliquant des charges simulées et des impulsions d'entrée, et en l'exposant à des conditions d'environnement simulées (par exemple température, pression, humidité, vibrations, rayonnements nucléaires, solutions chimiques, force d'impact d'un jet et composition chimique de l'environnement ambiant).

5.3.7 *Inspection*

Quand les essais de type sont terminés, un échantillon au moins de l'équipement doit être démonté dans la mesure nécessaire à l'examen convenable des composants et leur inspection visuelle. L'état de l'isolant électrique, des composants mécaniques, des roulements, des lubrifiants, des contacts électriques, de la filerie, des commandes d'engrenages ou embrayage, de la tringlerie et d'autres composants doit être noté.

5.4 *Qualification par l'expérience d'exploitation*

5.4.1 *Généralités*

La qualification de l'équipement électrique et ses interfaces, fondée sur l'expérience d'exploitation, doit consister à déterminer l'historique des caractéristiques de fonctionnement et des conditions d'utilisation du type d'équipement devant être qualifié, en mettant en corrélation les conditions d'utilisation en fonctionnement et les conditions d'utilisation prévues à la conception, et en prouvant que les caractéristiques de sûreté de l'équipement sont égales ou supérieures aux spécifications correspondant aux conditions d'utilisation prévues à la conception. Comme il est indiqué au paragraphe 4.4, une qualification mixte d'expérience d'exploitation et d'analyse (voir paragraphe 5.5) peut être aussi utilisée.

5.4.2 *Historique d'exploitation*

5.4.2.1 Fournir une documentation concernant l'environnement régnant pendant le fonctionnement de l'équipement électrique et de ses interfaces devant subir la qualification. Cette documentation doit comporter les emplacements et les dispositifs de montage de l'équipement dans les installations en fonctionnement. Si le programme de qualification comprend des essais discontinus, la justification de chaque effet doit être faite par l'analyse.

5.4.2.2 Le fonctionnement du type d'équipement électrique et de ses interfaces devant subir la qualification doit être déterminé d'après les données mesurées, ou par l'analyse des défaillances éventuelles, ou par les deux méthodes à la fois. La documentation relative à toute caractéristique importante pour la sûreté doit comprendre la mesure ou la détermination de toutes les caractéristiques de fonctionnement mentionnées dans les spécifications de l'équipement, le relevé et l'analyse de toutes les défaillances et évolutions se manifestant pendant la période de fonctionnement et la tenue d'un journal de toute la maintenance périodique (y compris les réglages et les étalonnages) et de toutes les inspections.

5.3.5 Mechanical and seismic vibration

The aged equipment as applicable under Sub-clause 5.3.3 shall be qualified for defined seismic events.

In addition, equipment subject to mechanical vibration during normal and abnormal use shall be subjected to such typical vibration following the ageing and seismic procedures. Vibration to be simulated shall include self-induced vibration and vibration produced by the mounting support.

5.3.6 Operation under normal and accident conditions

Means shall be provided during the type test for electrically energizing the equipment, applying simulated loads, applying input signals and exposing it to simulated environmental conditions (for example temperature, pressure, moisture, vibration, nuclear radiations, chemical solutions, jet forces and chemical composition of the ambient environment).

5.3.7 Inspection

Upon completion of type testing, at least one sample of equipment shall be dismantled as far as necessary for the inspection to permit all parts to be appropriately tested and visually inspected. The condition of electrical insulation, mechanical parts, bearings, lubricants, electrical contacts, wiring, gear drive trains, linkages and other related components shall be recorded.

5.4 Qualification by operating experience

5.4.1 General

Qualification of electrical equipment and its interfaces based on operating experience shall consist of determining the history of performance and service conditions of the equipment type to be qualified, correlating operating operational conditions with design operational conditions and proving that the safety performance characteristics of the equipment will meet or exceed the equipment specification under design operational conditions. As indicated in Sub-clause 4.4, combined qualification of operating experience and analysis (see Sub-clause 5.5) may also be utilized.

5.4.2 Operating history

5.4.2.1 Documentation shall be provided for the operating environment of the electrical item and its interfaces which are to be qualified. This documentation shall include physical locations and mounting arrangements of the equipment in the operating installations. If the qualification programme includes non-continuous testing, then any effects shall be justified by analysis.

5.4.2.2 The performance of the type of electrical equipment and its interfaces to be qualified shall be determined from measured data or analysis of eventual failures that may have occurred or both. Documentation of all performance of the safety system shall include measurement or determination of the performance characteristics in the equipment specifications, recording and analysis of all failures and trends that occurred during the operating period and a log of all periodic maintenance (including adjustments and calibrations) and inspections.

5.4.3 *Détermination de la qualification*

Il faut montrer, documents à l'appui, que l'équipement dont l'historique du fonctionnement sert de base de qualification est typique pour les équipements de même appellation.

On considère que le type de l'équipement électrique est qualifié si on a démontré que l'environnement enregistré pendant le fonctionnement est de sévérité égale ou supérieure à l'environnement prévu à la conception, et que le fonctionnement de l'équipement en service est égal ou supérieur aux exigences spécifiées par l'utilisateur. La période de temps pendant laquelle on peut montrer que les conditions ci-dessus sont remplies avec une marge raisonnable est la vie qualifiée.

A noter que, dans le cas où les conditions d'environnement prévues à la conception englobent les accélérations sismiques suivies d'un événement initiateur hypothétique qui entraîne un environnement plus sévère que celui qui est enregistré en fonctionnement, il faut en général retirer du service l'équipement installé et le soumettre à un essai de type partiel. Cet essai doit inclure les effets des événements sismiques et initiateurs hypothétiques, avant qu'on ne puisse considérer que l'équipement est pleinement qualifié.

5.5 *Qualification par l'analyse*

5.5.1 *Généralités*

La qualification par l'analyse doit prouver que la fonction de sûreté de l'équipement devant subir la qualification correspond au critère spécifié ou le dépasse, lorsqu'on le soumet à ses environnements spécifiés normaux ou accompagnant un événement initiateur hypothétique.

En général, cette preuve doit être fondée sur des principes établis, sur les données de l'expérience d'exploitation, sur les données des essais de type partiels ou sur leurs combinaisons. Toutes les hypothèses, y compris les extrapolations faites en vue de cette démonstration, doivent être justifiées en indiquant des principes ou des données d'essai vérifiables; l'analyse doit se présenter sous une forme facile à comprendre et pouvoir être vérifiée par des personnes qualifiées dans les disciplines techniques ou scientifiques concernées.

5.5.2 *Elaboration d'un modèle mathématique*

La première étape de la qualification par l'analyse consiste généralement à construire un modèle mathématique représentatif de l'équipement électrique devant subir la qualification. Le modèle mathématique doit être fondé sur des principes établis, sur des données d'essais vérifiables ou sur des données de l'expérience de fonctionnement. Le modèle mathématique doit être tel que le fonctionnement de l'équipement électrique soit fonction du temps et des paramètres d'environnement concernés. Tous les paramètres d'environnement énumérés dans les spécifications de l'équipement doivent être pris en considération dans la construction du modèle mathématique, à moins qu'on ne puisse montrer que les effets du paramètre considéré dépendent des effets des autres paramètres d'environnement.

5.5.3 *Extrapolation*

L'extrapolation est une méthode analytique qui peut être employée afin de compléter l'essai. Des justifications de l'utilisation doivent être fournies cas par cas. Cependant, pour que l'extrapolation constitue une méthode valable de qualification d'un équipement du système de sûreté, les modes de défaillance résultant d'effets d'environnement intensifiés ou accélérés ou d'autres influences doivent être les mêmes que ceux qui sont prédis pour les conditions d'utilisation requises.

5.4.3 Qualification process

It shall be shown with supporting documentation, that the equipment whose operational history serves as a basis for qualification is typical of equipment bearing the same designation.

The electrical equipment type shall be considered to be qualified by demonstrating that the recorded operating environment equals or exceeds the design environment in severity, and that the performance of the equipment in service equals or exceeds the specified user requirements. The period for which the above requirements can be shown to be met with reasonable margin shall be the qualified life.

It should be noted that if the design environment includes seismic accelerations followed by a postulated initiating event that is more severe than the recorded operational environment, then the installed equipment shall, in general, be withdrawn from operation. The equipment shall then be subjected to a partial type test to include the seismic and postulated initiating-event effects before the equipment can be considered fully qualified.

5.5 Qualification by analysis

5.5.1 General

Qualification by analysis shall prove that the safety performance of the equipment to be qualified meets or exceeds its specified performance when subjected to its specified normal and postulated initiating event environments.

In general, this proof shall be based on established principles, operating experience data, partial type test data, or combinations of these. All assumptions, including extrapolations, shall be justified by stating principles and verifiable test data; and the analysis shall be of a form that can be readily understood and verified by persons qualified in the relevant discipline of engineering or science.

5.5.2 Mathematical modeling

The first step in the qualification by analysis is generally the construction of a valid mathematical model of the item to be qualified. The mathematical model shall be based upon established principles, verifiable test data, or operating data. The mathematical model shall be such that the performance of the electrical equipment is a function of time and the pertinent environmental parameters. All environmental parameters listed in the equipment specification shall be accounted for in the construction of the mathematical model, unless it can be shown that the effects of the parameter of interest are dependent on the effects of the remaining environmental parameters.

5.5.3 Extrapolation

Extrapolation is an analytical technique which may be used to supplement testing. Justification for using this technique shall be made on an individual case basis. However, in order to be considered valid for qualifying equipment of the safety system, the modes of failure produced under intensified or accelerated environmental, or other influences should be the same as those predicted under the required operational conditions.