NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
980

Première édition
First edition
1989-06

Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires

Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 980: 1989

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

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.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
980

Première édition
First edition
1989-06

Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires

Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations

© IEC 1989 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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 W

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

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4

Articles

1 Domaine d'application et objet 6

2 Définitions 6

3 Environnement sismique et réponse du matériel 12

3.1 Environnement sismique 12
3.2 Matériel installé sur des fondations 12
3.3 Matériel installé dans des structures 12
3.4 Simulation d'un séisme 12
3.5 Accélérogramme 12
3.6 Amortissement 14

4 Exigences relatives à la qualification sismique 14

4.1 Introduction 14
4.2 Détermination de la qualification sismique 14

5 Analyse de qualification sismique (AQS) 18

5.1 Examen du matériel 20
5.2 Examen des sous-ensembles - Conditions limites et interactions 20
5.3 Opérations de qualification 24
5.4 Synthèse 30

6 Qualification sismique par essais 30

6.1 Introduction 30
6.2 Conditions d'essais 32
6.3 Essais monoaxial et multiaxial 44
6.4 Choix des ondes d'essai 48
6.5 Formes d'ondes d'essai 48

7 Documentation 54

7.1 Généralités 54
7.2 Qualification par l'analyse 54
7.3 Qualification par les essais 54
7.4 Continuité 54

FIGURES 56

ANNEXE A - Qualification par l'expérience 72

A.1 Introduction 72
A.2 Données d'expérience 72
A.3 Similitude 74

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

Clause

1 Scope and object 7

2 Definitions 7

3 Earthquake environment and equipment response 13

3.1 Earthquake environment 13
3.2 Equipment on foundations 13
3.3 Equipment in structures 13
3.4 Simulating the earthquake 13
3.5 Time history 13
3.6 Damping 15

4 Seismic qualification requirements 15

4.1 Introduction 15
4.2 The process of seismic qualification 15

5 Seismic qualification analysis (SQA) 19

5.1 Equipment review 21
5.2 Sub-assembly review - Boundary conditions and interactions 21
5.3 Qualification actions 25
5.4 Synthesis 31

6 Seismic test qualification. 31

6.1 Introduction 31
6.2 Test conditions 33
6.3 Single and multiaxis testing 45
6.4 Test wave selection 49
6.5 Testing waveforms 49

7 Documentation 55

7.1 General 55
7.2 Qualification by analysis 55
7.3 Qualification by test 55
7.4 Continuity 55

FIGURES 57

ANNEX A - Qualification by experience 73

A.1 Introduction 73
A.2 Experience data 73
A.3 Similarity 75

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRATIQUES RECOMMANDÉES POUR LA QUALIFICATION SISMIQUE DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DU SYSTÈME DE SÛRETÉ DANS LES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES

AVANT-PROPOS

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
45A(BC)103	45A(BC)111

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

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

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

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDED PRACTICES FOR SEISMIC QUALIFICATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE SAFETY SYSTEM FOR NUCLEAR 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.

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

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

Six Months' Rule	Report on the Voting
45A(CO)103	45A(CO)111

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

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 780 (1984): Qualification of electrical items of the safety system for nuclear power generating stations.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

PRATIQUES RECOMMANDÉES POUR LA QUALIFICATION SISMIQUE DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DU SYSTÈME DE SÛRETÉ DANS LES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES

1 Domaine d'application et objet

La présente norme s'applique au matériel électrique et au matériel d'instrumentation et de contrôle-commande du système de sûreté utilisés dans les centrales électronucléaires, y compris les composants ou les matériels faisant partie de toute interface dont la défaillance pourrait affecter défavorablement les performances du système de sûreté.

Cette norme présente les méthodes acceptables de qualification sismique et les exigences permettant de démontrer que le matériel électrique et de contrôle-commande peuvent remplir leur fonction de sûreté pendant et après un séisme. Puisque la qualification sismique n'est qu'une partie de la qualification du matériel, cette norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 780.

2 Définitions

En complément aux définitions contenues dans la CEI 780, les définitions suivantes établissent le sens de mots pris dans le contexte de cette norme.

En général, cette norme est basée sur la terminologie de l'AIEA.

2.1 *Elément*

Partie de l'équipement électrique utilisé, soit en liaison avec d'autres éléments, soit comme auxiliaire d'autres éléments.

2.2 *Assemblage*

Association de deux éléments ou davantage possédant une structure commune de fixation ou de support.

2.3 *Matériel actif*

Matériel dont la fonction de sûreté doit être remplie par un mouvement mécanique ou un changement d'état.

2.4 *Matériel passif*

Matériel pour lequel la fonction de sûreté se limite à l'intégrité de la structure et ne nécessite pas de changement d'état.

2.5 *Mauvais fonctionnement*

Perte de l'aptitude d'un matériel à accomplir ou à maintenir une fonction requise ou initiation d'une action parasite intempestive entraînant des conséquences néfastes. Les critères fonctionnels d'acceptation doivent être précisés dans des spécifications particulières.

2.6 *Fréquence naturelle*

La fréquence naturelle d'une structure ou d'un bâti est la fréquence de ses vibrations libres considérées uniquement en fonction de ses caractéristiques physiques propres (masse, forme, élasticité et distribution de l'amortissement) et de ses fixations et supports (voir figure 1).

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

RECOMMENDED PRACTICES FOR SEISMIC QUALIFICATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE SAFETY SYSTEM FOR NUCLEAR GENERATING STATIONS

1 Scope and object

This standard is applicable to electrical equipment and the instrumentation and control equipment (I & C) of the safety system that is used in nuclear power generating stations including components or equipment of any interface whose failure could adversely affect the performance of the safety system.

This standard presents acceptable seismic qualification methods and requirements to demonstrate that electrical and I & C equipment can perform their safety-related functions during and after an earthquake. As seismic qualification is only a part of equipment qualification, this standard shall be used in conjunction with IEC 780.

2 Definitions

In addition to definitions contained in IEC 780, the following definitions establish the meanings of words in the context of their use in this standard.

In general, this standard is based on IAEA terminology.

2.1 *Device*

An item of electrical equipment that is used in connection with, or as an auxiliary to, other items of electrical equipment.

2.2 *Assembly*

Two or more devices including a common mounting or supporting structure.

2.3 *Active equipment*

Item for which the safety-related function is required to be performed by means of a mechanical motion or change of state.

2.4 *Passive equipment*

Item whose safety-related function is the maintenance of structural integrity and for which a change of state is not required.

2.5 *Malfunction*

The loss of capability of the equipment to initiate or sustain a required function, or the initiation of undesired spurious action which might result in adverse consequences. Functional acceptance criteria shall be specified by relevant specifications.

2.6 *Natural frequency*

A natural frequency of a structure or body is the frequency of its free vibrations depending only on its own physical characteristics (mass, shape, elasticity and damping distribution) and restraints and supports (see figure 1).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

2.7 *Sinusoïde modulée*

Onde sinusoïdale continue et monofréquentielle dont l'amplitude est modulée par une onde sinusoïdale de plus basse fréquence, comme le montre la figure 2.

2.8 *Sinusoïde à fréquence fixe (Stabilisation sinusoïdale)*

Onde sinusoïdale continue à fréquence unique.

2.9 *Fréquence d'essai*

Fréquence de la force d'excitation appliquée au spécimen pendant l'essai.

2.10 *Spectre de réponse*

Représentation en fonction de la fréquence de la réponse maximale d'une batterie d'oscillateurs à 1 degré de liberté calés à un même taux d'amortissement résultant de l'application d'une même excitation sismique (voir figure 4).

2.11 *Spectre de réponse à bande étroite*

Spectre de réponse relatif à un mouvement dont la réponse amplifiée se situe dans une gamme limitée (étroite) de fréquences.

2.12 *Spectre de réponse à bande large*

Spectre de réponse relatif à un mouvement dont la réponse amplifiée se situe dans une gamme étendue (large) de fréquences.

2.13 *Spectre de réponse spécifié (SRS)*

Spectre de réponse défini par l'utilisateur comme faisant partie de ses propres spécifications pour l'essai de conformité, ou créé artificiellement afin de couvrir de futures applications. Le SRS constitue une exigence qu'il faut satisfaire (voir figures 1 et 2).

2.14 *Spectre de réponse d'essai (SRE)*

Spectre de réponse obtenu à partir du mouvement réel de la table vibrante par des techniques analytiques ou au moyen de matériels d'analyses spectrales.

NOTE - Dans la qualification du matériel, le SRE doit être comparé au SRS (voir figure 1).

2.15 *Densité spectrale de puissance (DSP)*

Moyenne quadratique de l'amplitude par unité de fréquence d'une forme d'onde. Pour des formes d'onde d'accélération, le DSP est exprimé en fonction de la fréquence, en g^2/Hz.

2.16 *Axes préférentiels d'essai*

Trois axes orthogonaux correspondant aux axes les plus vulnérables du spécimen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

2.7 *Sine beat*

A continuous sinusoidal wave of one frequency whose amplitude is modulated by a sinusoidal wave of a lower frequency as shown in figure 2.

2.8 *Sine dwell*

A continuous sinusoidal wave at a single frequency.

2.9 *Test frequency*

The frequency of the applied force by which the specimen is excited during the test.

2.10 *Response spectrum*

Plot of the maximum response, as a function of oscillator frequency, of an array of single-degree-of-freedom damped oscillators subjected to the same base excitation (see figure 4).

2.11 *Narrow-band response spectrum*

A response spectrum that describes motion in which amplified response occurs over a limited (narrow) range of frequencies.

2.12 *Broad-band response spectrum*

Response spectrum that describes motion in which amplified response occurs over a wide (broad) range of frequencies

2.13 *Required response spectrum (RRS)*

Response spectrum issued by the user as part of the specifications for proof testing, or artificially created to cover future application. The RRS constitutes a requirement to be met (see figures 1 and 2).

2.14 *Test response spectrum (TRS)*

Response spectrum that is obtained from the actual motion of the shake table by analytical techniques or by spectrum analysis equipment.

NOTE - In equipment qualification, the TRS shall be compared to the RRS (see figure 1).

2.15 *Power spectral density (PSD)*

Mean squared amplitude per unit frequency of a waveform. PSD is expressed in g^2/Hz versus frequency for acceleration waveforms.

2.16 *Preferred testing axes*

Three orthogonal axes which correspond essentially to the most vulnerable axes of the specimen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

2.17 *Séisme de niveau S1**

Séisme susceptible de se produire sur le lieu de l'installation pendant la durée de vie du matériel à qualifier. Pour ce niveau de séisme, les composants doivent être conçus de manière à continuer de fonctionner sans modification.

2.18 *Séisme de niveau S2**

Pour ce niveau de séisme produisant un mouvement de terrain vibratoire maximal pour lequel certains systèmes, structures et composants sont conçus pour rester fonctionnels. Ils sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement, l'intégrité et la sûreté de tout le système à qualifier.

2.19 *Accélération au plancher*

Accélération relative à un plancher ou à un niveau particulier de bâtiment résultant d'un séisme donné.

2.20 *Accélération à période nulle (APN)*

Niveau de l'accélération de la partie du spectre de réponse à haute fréquence non amplifiée. Ce niveau correspond au pic maximal d'accélération de l'accélérogramme qui est à l'origine du spectre de réponse d'oscillateur.

2.21 *Cycle d'amplitude significative*

Cycle dont l'amplitude se situe entre 50 % et 100 % de l'amplitude maximale du mouvement.

2.22 *Qualification par essai*

La qualification séismique par essai consiste à soumettre le matériel à une excitation vibratoire appropriée, de façon à s'assurer qu'il est capable de résister aux sollicitations vibratoires égales ou supérieures à celles produites dans des événements sismiques. Un événement sismique est normalement représenté par le spectre de réponse exigé.

2.23 *Aptitude limite*

Eventualité de mauvais fonctionnement d'un matériel résultant de limitations d'ordre structurel ou opérationnel, ou des deux à la fois.

2.24 *Niveau de fragilité limite*

Valeur maximale d'excitation d'entrée exprimée en fonction de la fréquence d'entrée qu'un matériel peut supporter en gardant son aptitude à remplir sa fonction de sûreté. Le niveau de fragilité limite peut s'exprimer en termes de spectre de réponse d'oscillateurs (spectre de réponse d'essai d'aptitude limite: SRAL) qui est le SRE obtenu au cours des essais pour la détermination du niveau de fragilité limite.

---

* Les définitions de séismes de niveaux S1 et S2, données dans le Guide de Sûreté AIEA 50-SG-S1 sont les suivantes:

- Mouvement de terrain de niveau 1 (S1):
Mouvement de terrain maximal dont la probabilité d'apparition dans la zone de site peut être raisonnablement envisagée au moins une fois dans la zone du site pendant la durée de vie de la centrale nucléaire.

- Mouvement de terrain de niveau 2 (S2):
Mouvement de terrain considéré comme le séisme potentiel maximal dans la zone du site.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

2.17 *S1 earthquake**

Earthquake which could affect the location during the operating life of the equipment to be qualified. For this type of earthquake, components shall be designed to continue to operate without modification.

2.18 *S2 earthquake**

Earthquake which produces the maximum vibratory ground motion for which certain structures, systems and components are designed to remain functional. Those are essential to assure proper function, integrity and safety of the total system which is to be qualified.

2.19 *Floor acceleration*

Acceleration of a particular building floor or level resulting from a specific earthquake's motion.

2.20 *Zero period acceleration (ZPA)*

Acceleration level of the high frequency, non-amplified portion of the response spectrum. This acceleration corresponds to the maximum peak acceleration of the time history from which the spectrum is derived.

2.21 *Significant cycle*

Cycle for which the amplitude range is between 50 % to 100 % of the maximum amplitude of the motion.

2.22 *Qualification testing*

Seismic qualification testing means subjecting the equipment to a suitable vibratory input motion so as to ensure that the equipment is capable of withstanding vibratory loads equal to or greater than those produced by seismic event(s). The seismic events are normally represented by the required response spectrum.

2.23 *Fragility*

Susceptibility of equipment to malfunction as a result of structural or operational limitation, or both.

2.24 *Fragility level*

Highest level of input excitation, expressed as a function of input frequency, that equipment can withstand and still perform the required safety related function. The fragility level can be expressed in terms of response spectrum (fragility response spectrum FRS) that is a TRS obtained from tests to determine the fragility level.

---

* The definitions of S1 and S2 earthquakes given by IAEA Safety Guide 50-SG-S1 are:

- Ground motion level 1 (S1):
Maximum ground motion which reasonably can be expected to be experienced at the site area once during the operating life of the nuclear power plant.

- Ground motion level 2 (S2):
Ground motion which is considered to be the maximum earthquake potential at the site area.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

3 Environnement sismique et réponse du matériel

Cet article est destiné à fournir des indications sur le comportement sismique et les performances dynamiques du matériel au cours des séismes et des événements sismiques simulés. Les valeurs numériques caractéristiques sont données à titre d'exemple, mais il convient de ne pas les considérer comme des valeurs normalisées.

3.1 *Environnement sismique*

Les séismes provoquent des mouvements aléatoires du sol, caractérisés par des composantes simultanées mais statistiquement indépendantes, l'une horizontale, l'autre verticale. Un séisme d'intensité 6 ou plus sur l'échelle de Richter peut durer de 15 s à 30 s et provoquer une accélération maximale horizontale du sol, de 0,1 g à 0,6 g ou plus, avec un déploiement d'énergie maximale intervenant dans les premières 5 ou 10 s. Le mouvement aléatoire type à large bande se produit dans la gamme de fréquences de 1 Hz à 35 Hz.

3.2 *Matériel installé sur des fondations*

L'amplitude du mouvement vibratoire du sol, horizontale et verticale, peut être amplifiée sur le matériel installé sur des fondations. Pour un mouvement du sol donné, l'amplification dépend des fréquences naturelles de vibrations du système (sol, fondation et matériel) et des mécanismes d'amortissement (voir 3.6). Les spectres de réponse type à bande large qui décrivent le mouvement du sol indiquent la prédominance d'une excitation multifréquentielle.

3.3 *Matériel installé dans des structures*

Le mouvement vibratoire du sol, horizontal et vertical, peut être filtré et amplifié par les structures soumises au séisme et produire des mouvements différents. La réponse dynamique du matériel installé sur le plancher peut atteindre une accélération égale à plusieurs fois l'accélération maximale du sol en fonction de l'amortissement du système et des fréquences naturelles de vibration. L'amplification et la largeur de bande de fréquence dépendent des caractéristiques dynamiques de réponse de chaque bâtiment et structure du matériel.

3.4 *Simulation d'un séisme*

Le but de la simulation est de reproduire au mieux les effets des conditions sismiques possibles.

La forme du mouvement sismique simulée pour la qualification du matériel par analyse ou essais peut être décrite au moyen de l'une des données suivantes: représentation temporelle, spectre de réponse ou fonction de densité spectrale de puissance (DSP). Ces données peuvent être établies pour les structures sur lesquelles le matériel doit être installé. Elles doivent être fournies par l'utilisateur ou son représentant auprès du constructeur, comme faisant partie des spécifications de ce matériel (voir article 5), ou bien établies par le constructeur afin de couvrir les utilisations futures.

En raison aussi bien de la nature directionnelle du mouvement sismique que du déplacement résultant et filtré des structures, il y a lieu de spécifier la direction des composantes du mouvement et leur application au matériel.

3.5 *Accélérogramme*

La forme prévisible du mouvement est obtenue à partir de relevés sismiques réels ou générés artificiellement. Pour permettre une utilisation sur tout type de planchers, la représentation temporelle générée comprend les effets du filtrage dynamique et de l'amplification apportée par le bâtiment et les autres structures intervenant dans le support (voir figure 5).

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

3 Earthquake environment and equipment response

This clause is intended to provide information on earthquake behavior and on the dynamic performance of equipment during earthquakes and simulated seismic events. Numerical values are typical and illustrative but should not be considered as standards.

3.1 *Earthquake environment*

Earthquakes produce random ground motions which are characterized by simultaneous but statistically independent horizontal and vertical components. An earthquake of magnitude 6 or higher on the Richter scale may persist for 15 s to 30 s and produce a maximum horizontal ground acceleration from 0,1 g to 0,6 g or higher with the major energy content usually occurring in the first 5 or 10 s. The typical broad-band random motion occurs over a frequency range from 1 Hz to 35 Hz.

3.2 *Equipment on foundations*

Amplitude of the ground motion (both horizontal and vertical) can be magnified in foundation-mounted equipment. For any given ground motion, the magnification depends on the system's natural frequencies of vibration (soil, foundation and equipment) and the mechanisms of damping (see 3.6). The typical broad-band response spectra that describes the ground motion indicates that multiple frequency excitation predominates.

3.3 *Equipment in structures*

The ground motion (horizontal and vertical) may be filtered and amplified by intervening structures to produce different motions. The dynamic response of floor-mounted equipment may reach an acceleration many times that of the maximum ground acceleration, depending upon the system damping and natural frequencies of vibration. The magnification and bandwidth depend upon the dynamic response characteristics of each building and equipment structure.

3.4 *Simulating the earthquake*

The goal of simulation is to reproduce the effects of the postulated earthquake motion as closely as possible.

The form of the simulated seismic motion used for the qualification of equipment, by analysis or testing, can be described by one of the following: time history, response spectrum, or the power spectral density (PSD) function. These data may be generated for the structures upon which the equipment is to be mounted. They are supplied by the user or his agent to the manufacturer as a part of the specifications for that equipment (see clause 5) or provided by the manufacturer to cover future applications.

Because of the directional nature of seismic motion as well as the filtered output motion of structures, the directional components of the motion and their application to the equipment should be specified.

3.5 *Time history*

The expected form of the motion is obtained from existing earthquake records or may be artificially generated. For application at any floor, the time history record generated includes the dynamic filtering and amplification effects of the building and other intervening support structures (see figure 5).

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

3.6 *Amortissement*

Le terme générique amortissement est attribué à de nombreux mécanismes complexes de dissipation de l'énergie dans un système. En pratique, l'amortissement dépend de nombreux paramètres comme le système de liaison, le mode de vibration, les contraintes, la force normalement appliquée, la vitesse d'application de cette force, les matériaux, le glissement des jonctions, etc.

Dans la théorie des vibrations linéaires, on admet pour simplifier, que l'amortissement est purement visqueux ou qu'il dépend de la vitesse relative des parties en mouvement. De ce fait, lorsqu'une valeur d'amortissement est associée à un système réel, on admet généralement qu'il y a un amortissement visqueux ou linéaire équivalent. C'est une façon pratique et simple de relier le comportement réel du matériel, qui peut être non linéaire jusqu'à un certain point, aux concepts théoriques qui utilisent normalement des méthodes linéaires d'analyse.

4 Exigences relatives à la qualification sismique

4.1 *Introduction*

La qualification sismique doit démontrer l'aptitude du matériel du système de sûreté à assurer sa fonction spécifiée pendant et/ou après le moment où il est soumis aux forces résultant d'un séisme de niveau S2. De plus, il convient que le matériel résiste aux effets d'un certain nombre de séismes de niveau S1 avant l'application d'un séisme de niveau S2 (voir article 6).

La qualification des matériels électriques du système de sûreté des centrales électronucléaires est largement décrite dans la CEI 780 et en particulier dans l'article 4 qui en donne les principes. Les essais de séisme doivent être exécutés suivant la séquence appropriée avec, le cas échéant, les essais de tenue aux conditions d'environnement (voir annexe A). Cette norme peut être utilisée soit par les constructeurs de matériels pour établir des procédures qui produiront des données justifiant les performances avancées, soit par les utilisateurs des matériels pour évaluer et vérifier les performances des dispositifs et assemblages représentatifs dans le cadre d'un effort global de qualification.

En résumé, la qualification est un processus formel par lequel on obtient la démonstration requise d'une manière documentée et vérifiable sans ambiguïté afin que son applicabilité et sa validité puissent être facilement établies.

4.2 *Détermination de la qualification sismique*

A cause de sa nature formelle, la qualification sismique comprendra un certain nombre d'étapes distinctes (voir article 5). Ce sont:

4.2.1 *Spécification du matériel objet de la qualification*

L'équipement doit être spécifié sans ambiguïté.

La spécification doit comprendre:

- une description du matériel, son numéro de type, plan et numéro de série, spécification, etc.;

- les limites du matériel objet de la qualification, par exemple: les liaisons d'entrée et de sortie à considérer, les accessoires à inclure ou à exclure, etc.;

- les conditions de fonctionnement (sollicitations) nécessaires;

- les conditions de vieillissement, conformément à 5.3.3 et 5.3.5 de la CEI 780, se référer également à 5.3.3 de la présente norme.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

3.6 *Damping*

Damping is the generic name ascribed to the numerous complex energy dissipation mechanisms in a system. In practice, damping depends on many parameters, such as the structural system, mode of vibration, strain, force in normal situations, speed of application of this force, materials, joint slippage, etc.

In linear vibration theory, the simplifying assumption is made that damping is purely viscous, or dependent on the relative velocity of moving parts. Therefore, when a value of damping is associated with a practical system, it is usually assumed to be equivalent viscous or linear damping which is a convenient simplified way of relating real-world hardware behavior, which may be non-linear to some degree, with theoretical concepts which normally utilize linear methods of analysis.

4 **Seismic qualification requirements**

4.1 *Introduction*

The seismic qualification shall demonstrate the safety system equipment's ability to perform its required function during and/or after the time it is subjected to the forces resulting from one S2 earthquake. In addition, the equipment should withstand the effects of a number of S1 earthquakes prior to the application of an S2 earthquake (see clause 6).

Qualification of electrical items of the safety system for nuclear power generating stations is fully described in IEC 780 and, in particular, clause 4 of that standard describes the principles of qualification. Seismic testing shall be performed in the proper test sequence with the environmental testing where required (see annex A). This standard may be used by equipment manufacturers to establish procedures that will yield data to substantiate performance claims or by equipment users to evaluate and verify performance of representative devices and assemblies as part of an overall qualification effort.

In summary, qualification is a formal process by which the required demonstration is achieved in an unambiguous recorded and traceable manner so that its applicability and validity can readily be confirmed.

4.2 *The process of seismic qualification*

Due to its formal nature, seismic qualification will include a number of recognizable steps (see clause 5). These are :

4.2.1 *Specification of the equipment to be qualified*

The equipment shall be clearly specified.

The specification shall include:

- a description of the equipment, its type number, drawing and issue number, specification, etc.;

- the boundaries of the equipment to be qualified, for example: which input/output connections are involved, which mountings are to be included or excluded, etc.;

- the operating conditions (loadings) which are necessary;

- ageing conditions according to 5.3.3 and 5.3.5 of IEC 780, see also 5.3.3 of this standard.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

4.2.2 *Spécification des exigences sismiques*

Ces exigences doivent être spécifiées sans ambiguïté. Elles doivent comprendre au minimum:

- la durée;
- la gamme de fréquences;
- les valeurs d'accélération.

Les informations relatives à ces exigences peuvent être:

- le mouvement vibratoire en terme de densité spectrale de puissance en fonction de la fréquence;

- la durée de la partie forte des séismes;

- le spectre de réponse spécifié (SRS) pour les points de fixation du montage du matériel. Le SRS doit comporter des données pour l'axe horizontal principal et l'axe vertical, et doit en principe être spécifié pour des coefficients d'amortissement de 2 %, 5 % et 7 %;

- les accélérations maximales en fonction des fréquences significatives ou l'accélérogramme des points de fixation du montage (planche ou structure) de l'équipement;

- les détails concernant les exigences des séismes de niveau S2 (voir 6.2.9.2).

Dans l'évaluation du risque sismique d'un site particulier, il peut être nécessaire de prévoir une marge dans l'estimation du nombre de séismes de niveau S1 et S2 auquel le matériel pourrait être soumis pendant la durée de vie de l'installation. Cinq séismes de niveau S1 et un séisme de niveau S2 sont généralement retenus, à moins qu'un nombre différent puisse être justifié. Cependant, au lieu de cinq séismes de niveau S1, un spécimen peut être soumis à deux essais correspondant au niveau S2.

Les essais de séismes de niveau S1 doivent être suivis au moins d'un essai de séisme de niveau S2, et la durée de chaque onde d'essai doit être au moins égale à la durée de la partie forte de l'accélérogramme utilisé pour définir le SRS. Si l'accélérogramme n'est pas donné, les essais de séisme doivent, sauf indication contraire, comporter 10 cycles d'amplitude significative.

Les ondes d'essai simulant les séismes de niveaux S1 ou S2 peuvent être appliquées sous forme de "trains d'ondes". Dans ce cas, les ondes doivent être suffisamment espacées, d'au moins 2 s, afin d'éviter la superposition de leurs effets sur le matériel.

4.2.3 *Spécification des critères d'acceptation*

Ce sont les facteurs qui permettent de juger du succès ou de l'échec de la qualification.

Ils doivent être clairement spécifiés et peuvent indiquer si l'équipement doit être capable de fonctionner durant l'essai ou simplement survivre et fonctionner à nouveau ensuite, et comprendre:

- la liste ou la description des exigences fonctionnelles de sûreté;

- la liste des critères d'acceptation pour le maintien du fonctionnement;

- l'identification des marges;

- toutes exigences particulières pour les essais ou l'analyse.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

4.2.2 *Specification of the seismic requirements*

These requirements shall be clearly specified. They shall include at least:

- time duration;
- frequency range;
- acceleration values.

Information which provides these data may be:

- vibratory motion in terms of power spectral density as a function of frequency;

- the strong motion time duration of the earthquake;

- the required response spectrum (RRS) for the fixing points on which the equipment will be mounted. The RRS shall include data for the principal horizontal axis and the vertical axis, and should be specified for 2 %, 5 % and 7% damping ratio;

- maximum accelerations versus significant frequencies, or time history of the fixing point on which (floor or structure) the equipment will be mounted;

- details of the multiple S2 requirements (see 6.2.9.2).

In evaluating the seismic risk of a particular site, it may be necessary to make an allowance for the estimated number of S1 and S2 earthquakes to which the specimen might be subjected during the installation's lifetime. Five S1 and one S2 earthquakes are generally assumed unless a different number can be justified. However instead of five S1 a specimen may be subjected to two tests corresponding to level S2.

S1 seismic tests shall be followed by at least one S2 seismic test and the duration of each test wave shall be at least equal to the strong part of the time history used to define the RRS. If no time history is given, 10 significant cycles for the seismic tests should be used unless otherwise specified.

The test waves simulating S1 or S2 earthquakes may be applied as "wave train". In this case, the waves shall be sufficiently spaced by at least 2 s to avoid superimposing their effect on the equipment.

4.2.3 *Specification of acceptance criteria*

These are the factors on which the success or failure of qualification will be judged.

They shall be clearly specified and may indicate whether the equipment is to operate during the test or merely to survive and operate afterwards, and include:

- a listing or description of the safety functional requirements;

- a list of acceptance criteria in order to remain functional;

- identification of margins;

- any particular requirements for tests or analysis.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

4.2.4 *Essais de qualification ou analyse*

Le matériel défini en 4.2.1 doit être qualifié pour répondre aux exigences définies en 4.2.2. Les critères spécifiés en 4.2.3 doivent permettre de juger du succès ou de l'échec.

La CEI 780 décrit quelques méthodes générales permettant d'obtenir cette qualification:

- La qualification par analyse ou une combinaison d'analyse et d'essais dans laquelle les performances du matériel sont déduites sans essais physiques ou sur la base de données existantes (voir 5.3.2).

- La qualification par essais dans laquelle un spécimen du matériel est essayé (voir article 6).

- La qualification par l'expérience. Bien que ce ne soit pas encore une technique bien établie, des données récentes indiquent que la qualification par l'expérience peut être une méthode valable de qualification sismique. Cette méthode est décrite dans l'annexe A pour information.

Chacune des méthodes précédentes, ou d'autres méthodes valables, peuvent être utilisées de façon adéquate pour vérifier l'aptitude du matériel à satisfaire aux exigences de qualification sismique. L'analyse de qualification sismique (AQS) (essais, analyse ou une combinaison des deux) établit les procédures particulières dont il convient de baser le choix sur la faisabilité de la méthode quant au type, aux dimensions, à la forme et à la complexité du matériel.

4.2.5 *Documentation*

Une documentation claire et complète doit être fournie (voir article 7). C'est une partie essentielle de la qualification. Son but est de démontrer que le matériel remplit ses exigences de performances quand il est soumis à des accélérations sismiques pour lesquelles il doit être qualifié.

5 Analyse de qualification sismique (AQS)

L'analyse de qualification sismique couvre les méthodes pour rationaliser les opérations (essais, analyse ou une combinaison des deux) et assure qu'une marge suffisante tient compte des incertitudes.

L'AQS prend comme hypothèse que le matériel remplira sa fonction spécifiée si les sous-ensembles et leurs interfaces remplissent leur fonction respective dans les conditions résultant:

- du couplage mutuel des sous-ensembles;

- de la sollicitation sismique induite par l'excitation sismique requise pour le matériel;

- de la sollicitation liée aux exigences fonctionnelles du matériel.

Les effets des conditions ci-dessus sur les sous-ensembles doivent être considérés comme agissant simultanément. Chaque sous-ensemble peut être considéré séparément.

L' AQS comprend quatre étapes successives détaillées ci-après:

- examen du matériel, choix des sous-ensembles;

- examen des sous-ensembles, conditions limites et interactions;

- opérations de qualification, essais ou calculs ou une combinaison des deux;

- synthèses, résultats et évaluation des marges.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

4.2.4 *The qualification tests or analysis*

The equipment defined in 4.2.1 shall be qualified to meet the requirements defined in 4.2.2. Success or failure shall be judged by means of the criteria specified in 4.2.3.

Some general methods to achieve this qualification are described in IEC 780:

- Qualification by analysis or combination of test and analysis in which the performance of the equipment is predicted without physical test or on the basis of existing data (see 5.3.2).

- Qualification by testing in which a typical example of the equipment is tested (see clause 6).

- Qualification by experience. Although not yet an established technique, recent data indicate that qualification by experience may be a valuable method of seismic qualification. This method is described in the annex A for guidance.

Each of the preceding methods, or other effective methods, may be adequate to verify the ability of the equipment to meet the seismic qualification requirements. Seismic qualification analysis (SQA) (tests, analysis or combination of both) establishes the particular procedures whose choice should be based on the practicality of the method for the type, size, shape and complexity of the equipment.

4.2.5 *Provision of documentation*

Clear and complete documentation shall be provided (see clause 7). This is an essential part of qualification. Its purpose is to demonstrate that the equipment meets performance requirements when subjected to the seismic accelerations for which it is to be qualified.

5 Seismic qualification analysis (SQA)

The seismic qualification analysis covers the methods to rationalize the operations (tests, analysis or combination of both) and ensures that sufficient margin accounts for the uncertainties.

The SQA assumes that the equipment will perform its intended functions if the sub-assembly and the correlative interfaces accomplish their respective functions under the conditions resulting from:

- the mutual coupling of the sub-assembly;

- the seismic loading induced by the seismic excitation required for the equipment;

- the loading related to the functional requirements of the equipment.

The effects of the above conditions on the sub-assembly shall be considered as acting simultaneously. Each sub-assembly may be considered separately.

SQA includes four successive steps, which are detailed hereafter:

- equipment review, sub-assembly selection;

- sub-assembly review, boundary conditions and interactions;

- qualification operation, tests or computations or a combination of both;

- synthesis, results and margin evaluation.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

5.1 *Examen du matériel*

L'objet de cette étape est de:

- décomposer le matériel réel en plusieurs sous-ensembles significatifs (un ou plusieurs, modélisés ou physiquement indépendants) (voir figure 6);

- déterminer l'ensemble des sous-ensembles qui est représentatif du matériel réel;

- identifier les sous-ensembles qui peuvent être affectés par des modifications ou des variantes.

Le but est de concilier:

- la disponibilité des moyens d'essais et de calcul;
- la fiabilité des résultats obtenus dans la procédure de qualification;
- l'utilisation optimale des données disponibles.

Le raisonnement et l'appréciation de l'ingénieur sont nécessaires; cependant, d'éventuelles erreurs de choix seraient révélées par les étapes ultérieures, de telle sorte que la conclusion finale ne puisse en être affectée.

5.2 *Examen des sous-ensembles - Conditions limites et interactions*

Le but de cet examen est le suivant:

- identifier la fonction de chaque sous-ensemble nécessaire au fonctionnement du matériel; il faut prendre en compte tous les modes de fonctionnement et les événements hypothétiques;

- établir les sollicitations aux interfaces de chaque sous-ensemble et déterminer leur importance.

5.2.1 *Couplage*

Le comportement des sous-ensembles peut être différent selon qu'ils sont normalement liés au matériel ou séparés physiquement. Les effets du couplage, induits par les événements sismiques, doivent être examinés.

5.2.2 *Sollicitation sismique des sous-ensembles*

Quand les sous-ensembles choisis ne sont pas directement montés sur le support du matériel, ils sont soumis à une sollicitation sismique qui doit être établie sur la base des éléments suivants:

- les propriétés de transfert dynamique de la structure de support du sous-ensemble;

- les sollicitations sismiques spécifiées du matériel (généralement définis par les SRS);

- une méthode justifiable utilisant des essais, des calculs ou une combinaison des deux.

Certaines de ces méthodes sont décrites en détail ci-après et indiquées sur la figure 7.

5.2.2.1 *Méthode expérimentale*

Le mouvement sismique spécifié du support du matériel est simulé et la réponse aux points d'intérêt du spécimen est relevée (réponse locale).

NOTE - Une analyse complémentaire peut être nécessaire pour déterminer la représentativité du spécimen et des conditions d'essais ou pour évaluer les données expérimentales afin de prendre en compte les essais de couplage ou les autres configurations du matériel.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

5.1 *Equipment review*

The purpose of this step is:

- to divide the actual equipment into several significant sub-assemblies (one or more, idealized or physically independent) (see figure 6);

- to determine the set of sub-assemblies which is representative of the actual equipment;

- to identify the sub-assembly which may be affected by modifications or alternate configurations.

The aim is to reconcile:

- the availability of test and computation facilities;
- the reliability of the results obtained in the qualification process;
- the optimal use of available data.

Sound engineering judgement is necessary; however, any erroneous choice would be revealed by the subsequent steps, so that the final conclusion cannot be affected.

5.2 *Sub-assembly review - Boundary conditions and interactions*

The purpose of this step is:

- to identify the function of each sub-assembly required for the adequate performance of the equipment; all the operating modes and postulated events shall be considered;

- to establish the loadings at interfaces for each sub-assembly and determine their significance.

5.2.1 *Coupling*

The behavior of sub-assemblies may be different, according to whether they are normally linked to the equipment or physically separated. Coupling effects induced by seismic events shall be examined.

5.2.2 *Seismic loading of sub-assemblies*

When the selected sub-assemblies are not directly mounted on the equipment support, they are subject to a seismic loading which shall be established on the basis of the following elements:

- the dynamic transfer properties of the sub-assembly supporting structure;

- the specified seismic loading of the equipment (usually defined by the RRS);

- a justifiable method of test, calculation or a combination of both.

Some of these methods are detailed in the following and shown in figure 7.

5.2.2.1 *Experimental method*

The specified seismic motion of the equipment support is simulated and the response in points of interest of the specimen is monitored (local response).

NOTE - Complementary analysis may be necessary to assess the representativeness of the specimen and test conditions or to amend the experimental data to account for coupling effects or alternative configurations of the equipment.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

5.2.2.2 *Méthode de calcul*

Dans une première étape les paramètres modaux sont identifiés par une analyse, une détermination expérimentale ou un calcul.

La réponse locale du matériel aux points d'intérêt peut ensuite être déterminée, par exemple par:

- transfert direct des spectres de réponse;

- réponse des modes individuels et combinaisons des effets.

NOTE - Des essais peuvent être nécessaires pour vérifier les résultats de modèles mathématiques complexes ou pour déterminer les paramètres modaux pour une meilleure approximation de la réalité.

Les sollicitations sismiques des sous-ensembles peuvent être exprimées en termes de SRS.

Pour tenir compte des incertitudes d'analyses et d'erreurs dans les essais, il convient que les pics des spectres de réponse soient majorés et élargis d'un facteur justifié.

5.2.3 *Sollicitation*

Les sollicitations sont exprimées par les conditions physiques appliquées aux sous-ensembles. En outre, il faut prendre en compte l'influence de l'emplacement et de l'orientation de chaque sous-ensemble.

5.2.4 *Propriétés des sous-ensembles*

- Linéarité

Les caractéristiques physiques ou la réponse des sous-ensembles peuvent être non linéaires (exemple de la rigidité et, par conséquent, des fréquences modales qui peuvent changer avec le niveau de contrainte). Dans ce cas, les considérations appropriées limiteront la validité ou atténueront les effets des erreurs dans les données expérimentales ou dans les hypothèses linéaires des modèles.

- Amortissement

Différentes valeurs d'amortissement peuvent être associées au même sous-ensemble, suivant:

- les niveaux de contraintes (effets de non-linéarité);
- les modes de vibration.

Sauf justification documentée, on peut considérer les coefficients d'amortissement suivants:

- Armoires et tableaux de contrôle-commande:	7 % d'amortissement critique (4 % si la structure est soudée)
- Moteurs:	2 % d'amortissement critique (4 % si la structure est soudée)
- Chemins de câbles:	10 % d'amortissement critique (4 % si la structure est soudée)

Si un matériel ne peut pas être caractérisé, une valeur d'amortissement de 5 % est proposée.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan

5.2.2.2 *Calculation method*

In a first stage, the modal parameters are identified by analyses depending on experiments or calculation.

Then, the local response of the equipment at points of interest may be determined, for example by:

- direct response spectra transfer;

- response of individual modes and superimposed effects.

NOTE - Tests may be necessary to verify the results of the complex mathematical models or to determine modal parameters for a better approximation to reality.

The seismic loading of the sub-assembly can be expressed in terms of RRS.

To account for analysis uncertainties and experimental errors, the peaks of the response spectra should be enlarged and broadened by a justified factor.

5.2.3 *Loading*

The loading is expressed by the physical conditions applied to the sub-assembly. In addition, the influence of the location and orientation of each sub-assembly shall be taken into account.

5.2.4 *Properties of the sub-assemblies*

- Linearity

The physical properties or the response of the sub-assemblies may be non-linear for example stiffness and therefore modal frequencies may change with stress level. In this case, the appropriate considerations will restrict the validity or mitigate the errors in experimental data or linear assumptions of models.

- Damping

Different damping values may be associated with the same constituent according to:

- stress levels (non-linearity effect);
- modes of vibration.

Unless other documented evidence is available, the following damping factor may be assumed:

- Control panel, cabinets:	7 % of critical damping (when welded 4 %)
- Motors:	2 % of critical damping (when welded 4 %)
- Cable trays:	10 % of critical damping (when welded 4 %)

If a device cannot be identified, a damping value of 5 % is suggested.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: IEC 60980-1989 scan

5.3 *Opérations de qualification*

Le but de cette étape est de fournir des informations et des preuves suffisantes concernant le comportement des sous-ensembles, avec l'objectif de démontrer dans l'étape suivante (synthèse) que le matériel peut remplir sa ou ses fonctions de sûreté dans des conditions sismiques hypothétiques.

Les opérations sur les sous-ensembles doivent être prévues de façon à rechercher tous les modes de défaillance et les mauvais fonctionnements éventuels, qui peuvent être classés ainsi:

- rigidité: la défaillance est liée à l'intensité de l'excitation de nature sismique (par exemple intégrité de structure);

- résonance: la défaillance est liée à l'intensité et au contenu fréquentiel de l'excitation de nature sismique (par exemple battement des contacts électriques);

- effets cumulatifs: la défaillance est liée à l'intensité, au contenu fréquentiel et au nombre de cycles de sollicitation induits par l'excitation sismique.

On peut utiliser des essais ou des calculs pour rechercher le comportement des sous-ensembles.

Les essais peuvent convenir pour des sous-ensembles ou des simulations particulières et les calculs pour d'autres. Le tableau suivant illustre les facteurs déterminant ce choix. Une marge suffisante doit être prise chaque fois que la méthode de recherche conduit à des résultats approchés.

Méthode	Domaine de recherche approprié	Principaux facteurs de précision	Marges habituelles
Essais	Relations fonctionnelles complexes d'entrée-sortie Modes de défaillance indéterminés Performances dynamiques	Conditions d'essais (type, mouvement, simulation de l'environnement) Représentativité des spécimens Dimensions, effets de couplage, simulation fonctionnelle	Sévérité de la sollicitation d'essai
Calculs	Modes de défaillances possibles (intégrité de la structure) Extrapolation et interpolation des performances dynamiques	Précision du modèle mathématique Méthode d'analyse (statique équivalente, analyse modale, analyse modale spectrale, etc.)	Coefficients de sûreté

5.3.1 *Essais*

Les procédures d'exécution des essais sont détaillées dans l'article 6.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: IEC 60980-1989 scan