

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62271-2

Première édition
First edition
2003-02

Appareillage à haute tension –

Partie 2:

**Qualification sismique pour tension assignée
égale ou supérieure à 72,5 kV**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 2:

**Seismic qualification for rated voltages
of 72,5 kV and above**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62271-2:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62271-2

Première édition
First edition
2003-02

Appareillage à haute tension –

Partie 2:

**Qualification sismique pour tension assignée
égale ou supérieure à 72,5 kV**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 2:

**Seismic qualification for rated voltages
of 72,5 kV and above**

© IEC 2003 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 Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Exigences pour la qualification sismique	12
4.1 Calcul préliminaire	12
5 Sévérités	14
6 Qualification par essais	14
6.1 Introduction	14
6.2 Montage	14
6.3 Contraintes externes	16
6.4 Mesurage	16
6.5 Gamme de fréquences	16
6.6 Sévérité de l'essai	16
6.7 Essais	16
7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs	18
7.1 Introduction	18
7.2 Données vibratoires et fonctionnelles	20
7.3 Calculs	20
8 Evaluation de la qualification sismique	22
8.1 Combinaison des contraintes	22
8.2 Critères d'acceptation de la simulation sismique	24
8.3 Evaluation fonctionnelle des résultats d'essai	24
8.4 Contraintes admissibles	24
9 Documentation	26
9.1 Renseignements pour la qualification sismique	26
9.2 Rapport d'essai	26
9.3 Rapport de calculs	26
Annexe A (normative) Caractérisation du spécimen	34
Annexe B (informative) Critères pour la tenue sismique des appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse	40
Bibliographie	44
Figure 1 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF5: accélération à période nulle = 5 m/s^2 (0,5 g)	28
Figure 2 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF3: accélération à période nulle = 3 m/s^2 (0,3 g)	30
Figure 3 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF2: accélération à période nulle = 2 m/s^2 (0,2 g)	32
Figure A.1 – Abaque pour déterminer un taux d'amortissement équivalent	38
Numérotation commune des publications CEI 62271 tombant sous la responsabilité du SC 17A et du SC 17C	8
Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique pour les appareillages et leurs assemblages – Degrés de sévérité horizontale	14

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Seismic qualification requirements	13
4.1 Preliminary analysis	13
5 Severities	15
6 Qualification by test	15
6.1 Introduction	15
6.2 Mounting	15
6.3 External load	17
6.4 Measurements	17
6.5 Frequency range	17
6.6 Test severity	17
6.7 Testing	17
7 Qualification by combined test and analysis	19
7.1 Introduction	19
7.2 Vibrational and functional data	21
7.3 Analysis	21
8 Evaluation of the seismic qualification	23
8.1 Combination of stresses	23
8.2 Acceptance criteria of the seismic test	25
8.3 Functional evaluation of the test results	25
8.4 Allowable stresses	25
9 Documentation	27
9.1 Information for seismic qualification	27
9.2 Test report	27
9.3 Analysis report	27
Annex A (normative) Characterization of the test-set	35
Annex B (informative) Criteria for seismic adequacy of gas-insulated metal-enclosed switchgear	41
Bibliography	45
Figure 1 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies – Qualification level: AF5: ZPA = 5 m/s ² (0,5 g)	29
Figure 2 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies – Qualification level: AF3: ZPA = 3 m/s ² (0,3 g)	31
Figure 3 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies – Qualification level: AF2: ZPA = 2 m/s ² (0,2 g)	33
Figure A.1 – Monogram for the determination of equivalent damping ratio	39
Common numbering of IEC 62271 publications falling under the responsibility of subcommittees SC 17A and SC 17C	9
Table 1 – Seismic qualification levels for switchgear and their assemblies – Horizontal severities	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 2: Qualification sismique pour tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-2 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles préfabriqués d'appareillages haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/291/FDIS	17C/296/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 2: Seismic qualification for rated voltages
of 72,5 kV and above**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62271-2 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage prefabricated switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

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

FDIS	Report on voting
17C/291/FDIS	17C/296/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

NUMÉROTATION COMMUNE DES PUBLICATIONS TOMBANT SOUS LA RESPONSABILITÉ DU SC 17A ET DU SC 17C

En accord avec la décision prise lors du meeting commun des SC 17A et SC 17C à Frankfurt (article 20.7 de 17A/535/RM), un système commun de numérotation sera établi pour les publications tombant sous la responsabilité du SC 17A et du SC 17C. La CEI 62271 avec le titre «*Appareillage à haute tension*» constitue la base de la publication commune.

La numérotation suivra le principe suivant:

- a) Les normes communes préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-1;
- b) Les normes du SC 17A commenceront avec la CEI 62271-100;
- c) Les normes du SC 17C commenceront avec la CEI 62271-200;
- d) Les publications préparés par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-300.

Le tableau ci-dessous met en évidence les nouveaux numéros par rapport aux anciens. Les parties numérotées (xxx) auront un numéro final selon la décision de les publier en tant que norme ou en tant que rapport technique.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-2:2003

Withd 2003

**COMMON NUMBERING OF IEC 62271 PUBLICATIONS FALLING UNDER
THE RESPONSIBILITY OF SUBCOMMITTEES SC 17A AND SC 17C**

In accordance with the decision taken at the joint SC 17A/SC 17C meeting in Frankfurt, June 1998 (item 20.7 of 17A/535/RM), a common numbering system has been established for the publications falling under the responsibility of SC 17A and SC 17C. IEC 62271 - *High-voltage switchgear and controlgear* is the publication number and main title element for the common publications.

Numbering of these publications will apply the following principle:

- a) Common standards prepared by SC 17A and SC 17C will start with IEC 62271-1;
- b) Standards of SC 17A will start with IEC 62271-100;
- c) Standards of SC 17C will start with number IEC 62271-200;
- d) Publications prepared by SC 17A and SC 17C will start with number IEC 62271-300.

The table below relates the new numbers to the old numbers. The parts numbered (xxx) will be given a final number pending the decision to publish the revised publication as standard or technical report.

**Numérotation commune des publications CEI 62271 tombant sous
la responsabilité du SC 17A et du SC 17C**

CEI 62271	APPAREILLAGE À HAUTE TENSION -	Ancien numéro CEI, le cas échéant
Partie	Titre	
1	Spécifications communes	IEC 60694
2	Qualification sismique pour tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	-
100	Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension	IEC 60056
101	Essais synthétiques	IEC 60427
102	Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif	IEC 60129
103	Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV	IEC 60265-1
104	Interrupteurs pour tensions assignées égales ou supérieures à 52 kV	IEC 60265-2
105	Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif	IEC 60420
106	Contacteurs et démarreurs de moteurs à courant alternatif	IEC 60470
107	Combinés appareillage-fusibles à courant alternatif	-
108	Appareillage à fonctions combinées	-
109	Interrupteur de shuntage pour condensateurs série	-
200	Appareillage sous enveloppe métallique de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV	IEC 60298
201	Appareillage sous enveloppe isolante de tensions assignées inférieures ou égales à 38 kV	IEC 60466
202	Postes préfabriqués haute tension/basse tension	IEC 61330
203	Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV	IEC 60517
204	Lignes de transport hautes tensions de tensions assignées supérieures ou égales à 72,5 kV	IEC 61640
(300)	Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à haute tension à courant alternatif	IEC 61166
(301)	Guide pour l'établissement et la coupure de charge inductive	IEC 61233
(302)	Guide pour la procédure d'essai d'établissement et de coupure de courants de court-circuit et de courants de charge pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre	IEC 61633
(303)	Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF ₆) dans l'appareillage à haute tension	IEC 61634
(304)	Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères	IEC 60932
(305)	Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 60859
(306)	Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 61639
(307)	Utilisation de l'électronique et des technologies associées dans les équipements auxiliaires de l'appareillage	IEC 62063
308	Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques	-
309	Paramètres des TTR pour l'appareillage à haute tension de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV	-
310	Essais d'endurance électrique pour les disjoncteurs de tension assignées égales ou supérieures à 72,5 kV	-

**Common numbering of IEC 62271 publications falling under
the responsibility of subcommittees SC 17A and SC 17C**

IEC 62271	HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR -	Old IEC number, if any
Part	Title	
1	Common specifications	IEC 60694
2	Seismic qualification for rated voltages of 72,5 kV and above	-
100	High-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 60056
101	Synthetic testing	IEC 60427
102	High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches	IEC 60129
103	Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV	IEC 60265-1
104	Switches for rated voltages of 52 kV and above	IEC 60265-2
105	Alternating current switch-fuse combinations	IEC 60420
106	Alternating current contactors and contactor based motor-starters	IEC 60470
107	Alternating current switchgear-fuse combinations	-
108	Switchgear having combined functions	-
109	Series capacitor by-pass switches	-
200	Metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60298
201	Insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60466
202	High-voltage/low voltage prefabricated substations	IEC 61330
203	Gas-insulated metal enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60517
204	High-voltage gas-insulated transmission lines for rated voltages of 72,5 kV and above	IEC 61640
(300)	Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 61166
(301)	Guide for inductive load switching	IEC 61233
(302)	Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	IEC 61633
(303)	Use and handling of sulphur hexafluoride (SF ₆) in high-voltage switchgear and controlgear	IEC 61634
(304)	Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions	IEC 60932
(305)	Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60859
(306)	Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 61639
(307)	The use of electronic and associated technologies in auxiliary equipment of switchgear and controlgear	IEC 62063
308	Guide for asymmetrical short-circuit breaking test duty T100a	-
309	TRV parameters for high-voltage switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and less than 100 kV	-
310	Electrical endurance testing for circuit-breakers rated 72,5 kV and above	-

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 2: Qualification sismique pour tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 62271 s'applique à tous les appareillages et à leurs assemblages, à courant alternatif de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV, installés à l'intérieur ou l'extérieur, en incluant leurs châssis supports montés rigidement au sol.

Dans le cas où les appareillages et leurs assemblages ne seraient pas montés au sol, par exemple dans un bâtiment, les conditions d'application font l'objet d'un accord entre les utilisateurs et les fabricants.

La qualification sismique des appareillages et de leurs assemblages prend en compte tout équipement auxiliaire et de commande monté directement ou sur un châssis séparé.

Cette norme donne des procédures pour la qualification sismique des appareillages et de leurs assemblages de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV montés au sol.

La qualification sismique d'un appareillage et de son assemblage n'est effectuée que sur demande.

Cette norme spécifie des niveaux de sévérité sismique et propose un choix de méthodes qui peuvent être utilisées pour démontrer la conformité des appareillages haute tension et leurs assemblages pour lesquels une qualification sismique est exigée.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60068-2-47, *Essais d'environnement – Partie 2-47: Méthodes d'essai – Fixation de composants, matériels et autres articles pour essais dynamiques de vibrations, d'impacts et autres essais similaires*

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

CEI 60068-3-3, *Essais d'environnement – Troisième partie: Guide. Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

CEI 60517, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 60694, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 62271-100, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 2: Seismic qualification for rated voltages of 72,5 kV and above

1 Scope and object

This part of IEC 62271 applies to all switchgear and their assemblies for alternating current of rated voltages of 72,5 kV and above for indoor and outdoor installation, including their supporting structure rigidly connected to the ground.

Where switchgear and their assemblies are not ground mounted, e.g. in a building, conditions for application are subject to agreement between users and manufacturers.

The seismic qualification of the switchgear and their assemblies take into account any auxiliary and control equipment either directly mounted or as a separate structure.

This standard provides procedures to seismically qualify ground mounted switchgear and their assemblies for rated voltages of 72,5 kV and above.

The seismic qualification of the switchgear and their assemblies is only performed upon request.

This standard specifies seismic severity levels and gives a choice of methods that may be applied to demonstrate the performance of high-voltage switchgear and their assemblies for which seismic qualification is required.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-47, *Environmental testing – Part 2-47: Test methods – Mounting of components, equipment and other articles for vibration, impact and similar dynamic tests*

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

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

IEC 60517, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 62271-100: *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale les termes et définitions de la CEI 60068-3-3, de la CEI 60517 et de la CEI 60694 s'appliquent.

4 Exigences pour la qualification sismique

La qualification sismique doit démontrer l'aptitude des appareillages et leurs assemblages à supporter des contraintes sismiques.

Aucune défaillance des circuits principaux, des circuits auxiliaires et de commande, y compris des châssis de montage pertinents ne doit se produire.

Les déformations permanentes sont acceptées à condition qu'elles n'aient pas d'incidence sur le fonctionnement de l'équipement. L'équipement doit fonctionner correctement après le séisme comme indiqué en 8.2 et 8.3.

Les méthodes par calculs, les méthodes expérimentales ou une combinaison des deux doivent être utilisées pour réaliser la qualification sismique.

En cas d'utilisation des méthodes par calculs, un nombre suffisant de données est nécessaire, sinon un spécimen représentant l'équipement en terme de structure et de fonction doit être soumis à un essai. Ces données expérimentales de base doivent être utilisées pour la calibration dans les méthodes par calculs.

Pour les ensembles complets d'appareillages (par exemple des sous-stations) la méthode par calculs doit être considérée comme suffisante pour démontrer la qualification sismique.

4.1 Calcul préliminaire

4.1.1 Choix du spécimen représentatif

Pour des raisons pratiques relatives à la disponibilité des moyens d'essais, la qualification sismique des appareillages et de leurs assemblages peuvent nécessiter la définition et le choix de différentes configurations représentatives de l'ensemble de l'équipement dans le but de vérifications structurales et fonctionnelles.

De tels spécimens doivent comporter les appareils de commutation équipés de leurs mécanismes de manœuvres et de l'équipement de commande, et les interfaces électriques et mécaniques.

Il est recommandé:

- de tester les composants génériques;
- d'identifier le comportement dynamique de l'usine (fréquences naturelles et taux d'amortissement) par les expérimentations décrites à l'Annexe A.

4.1.2 Modèle mathématique du spécimen

Sur la base d'informations techniques concernant les caractéristiques de conception des sous-stations, un modèle tridimensionnel du spécimen doit être réalisé. Un tel modèle doit prendre en compte la présence de compartiments réels et de leurs châssis supports, et doit avoir une précision suffisante pour décrire le comportement dynamique du spécimen dans la bande de fréquences étudiée.

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 62771, the terms and definitions in IEC 60068-3-3, IEC 60517 and IEC 60694 apply.

4 Seismic qualification requirements

The seismic qualification shall demonstrate the ability of the switchgear and their assemblies to withstand seismic stress.

No failure on the main circuits, the control and auxiliary circuit, including the relevant mounting structures, shall occur.

Permanent deformations are acceptable provided that they do not impair the functionality of the equipment. The equipment shall properly operate after the seismic event as defined in 8.2 and 8.3.

Analytical methods, experimental methods or a combination of both shall be used to perform the seismic qualification.

If analytical methods are used, sufficient data is required; if not, a sample test set-up representing the system for the purpose of structure and function shall be subjected to a test. This basic experimental data shall be used as input for calibration in analytical methods.

For complete switchgear assemblies (e.g. substations) the analytical method shall be considered as a sufficient demonstration for seismic qualification.

4.1 Preliminary analysis

4.1.1 Selection of the representative test-set

Due to practical reasons concerned with the available experimental facilities, the seismic qualification of switchgear and their assemblies can require the definition and the choice of different sub-sets which still meaningfully represent the whole system for the purpose of structural and functional checks.

Such test-sets shall include the switching devices with their relevant operating mechanism and control equipment, and their electrical and mechanical interfaces.

It is recommended:

- to test generic components;
- to identify the dynamic behaviour of the plant (natural frequencies and damping ratios) through the experimental activities of Annex A.

4.1.2 Mathematical model of the test-set

On the basis of technical information concerning the design characteristics of the substation, a three-dimensional model of the test-set shall be created. Such a model shall take into consideration the presence of actual compartments and of their supporting structures, and shall have sufficient sensitivity to describe the dynamic behaviour of the test-set in the frequency range being studied.

5 Sévérités

Les niveaux de sévérité doivent être choisis dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique pour les appareillages et leurs assemblages – Degrés de sévérité horizontale

Niveau de qualification	Spectre de réponse spécifié (SRS)	Accélération à période nulle (APN) m/s^2
AF5	Figure 1	5
AF3	Figure 2	3
AF2	Figure 3	2

Pour les degrés de sévérité verticale, le facteur de direction est 0,5 (voir CEI 60068-3-3).

NOTE 1 Le spectre de réponse spécifié pour le niveau de qualification AF5 couvre, pour la gamme de fréquences prépondérantes de 1 Hz à 35 Hz, les spectres de réponse suivants: Endesa, Edelca, USA/NRC RG 1.60, Newmark Design Response Spectra (à l'échelle 5 m/s^2), Nema (accélération maximale des fondations de 5 m/s^2), Dept. of Water & Power Los Angeles, San Diego SDG & E Imperial Substation.

NOTE 2 Des informations sur la corrélation entre niveaux de qualification sismique et différentes échelles sismiques sont données dans la CEI 60068-3-3.

Le niveau de qualification doit être choisi conformément aux mouvements du sol correspondant aux séismes maximaux prévisibles à l'emplacement de l'installation. Ce niveau correspond au séisme de niveau S2 (voir CEI 60068-3-3).

6 Qualification par essais

6.1 Introduction

Les procédures pour les essais de qualification d'un spécimen doivent être en accord avec la CEI 60068-3-3.

La qualification doit être effectuée sur des spécimens représentatifs, comme décrit en 4.1.1.

Si les équipements auxiliaires et de commande sont montés sur un châssis séparé, ils pourront être qualifiés indépendamment.

Si un spécimen ne peut être essayé avec son propre châssis support (par exemple à cause de sa taille), l'influence dynamique du châssis doit être déterminée par calcul.

Les appareils de commutation doivent être essayés en position «fermé» sauf lorsque la recherche et l'étude des fréquences critiques ont montré que la position «ouvert» est plus critique.

6.2 Montage

Le spécimen doit être monté comme en service avec ses amortisseurs (le cas échéant).

L'orientation horizontale du spécimen doit être telle que l'axe d'excitation agisse selon ses deux axes orthogonaux principaux.

Aucune fixation ou connexion nécessaire seulement pour l'essai ne doit affecter le comportement dynamique du spécimen.

La méthode de montage du spécimen doit être décrite en détail y compris les fixations et raccordements (voir CEI 60068-2-47).

5 Severities

The severity levels shall be chosen from Table 1.

Table 1 – Seismic qualification levels for switchgear and their assemblies – Horizontal severities

Qualification level	Required response spectrum (RRS)	Zero period acceleration (ZPA) m/s ²
AF5	Figure 1	5
AF3	Figure 2	3
AF2	Figure 3	2

For vertical severities, the direction factor is 0,5 (see IEC 60068-3-3).

NOTE 1 The required response spectrum of qualification level AF5 covers, in the range of predominant seismic frequency of 1 Hz to 35 Hz, the following response spectra: Endesa, Edelca, USA/NRC RG 1.60, Newmark Design Response Spectra (scaled to 5 m/s²), Nema (5 m/s² maximum foundation acceleration), Dept. of Water & Power Los Angeles, San Diego SDG & E Imperial Substation.

NOTE 2 Information on the correlation between seismic qualification levels and different seismic scales is given in IEC 60068-3-3.

The selected qualification level shall be in accordance with expected earthquakes at maximum ground motions for the location of the installation. This level corresponds to S2-earthquake (see IEC 60068-3-3).

6 Qualification by test

6.1 Introduction

The test procedure for qualification of a test-set shall be in accordance with IEC 60068-3-3.

The qualification shall be carried out on representative test sets, as described in 4.1.1.

If the auxiliary and control equipment is mounted on a separate structure, it may be qualified independently.

If a test-set cannot be tested with its supporting structure (e.g., due to its size), the dynamic contribution of the structure shall be determined by analysis.

The switching devices shall be tested in their closed position except when the open position has been shown to be more critical during the vibration response investigation.

6.2 Mounting

The test-set shall be mounted as in service including dampers (if any).

The horizontal orientation of the test-set shall be in the direction of excitation acting along its two main orthogonal axes.

Any fixtures or connections required only for testing shall not affect the dynamic behaviour of the test-set.

The method of mounting of the test-set shall be documented and shall include a description of any interposing fixtures and connections (see IEC 60068-2-47).

6.3 Contraintes externes

De manière générale, les contraintes correspondant aux conditions électriques, climatiques et mécaniques de service ne peuvent pas être simulées pendant l'essai sismique. C'est également le cas de la pression interne du spécimen à cause des règles de sécurité pour les laboratoires d'essai.

Le spécimen ne doit pas être manœuvré pendant les essais sismiques. Les circuits auxiliaires et de commande doivent être mis sous tension dans le but de détecter tout battement de relais, mais il ne leur est pas demandé de pouvoir faire fonctionner les appareils de commutation.

6.4 Mesurage

Les mesurages seront effectués conformément à la CEI 60068-3-3, et comprendront:

- les mouvements de vibration des composants où des déflexions maximales et des déplacements relatifs significatifs sont attendus;
- les contraintes appliquées aux éléments critiques (par exemple traversées, brides, enveloppes et châssis supports).

6.5 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences doit être de 0,5 Hz à 35 Hz.

6.6 Sévérité de l'essai

La sévérité de l'essai doit être choisie conformément à l'Article 5.

Les spectres de réponse spécifiques recommandés sont donnés par les Figures 1 à 3 pour les différents niveaux de qualification sismique. Les courbes se rapportent à des taux d'amortissement des appareillages et de leurs assemblages de 2 %, 5 %, 10 % et 20 % ou plus.

Des valeurs différentes d'amortissement pourront être obtenues par interpolation linéaire.

La méthode par accélérogrammes convient mieux parce qu'elle simule de plus près les conditions réelles, en particulier si le comportement du spécimen en essai n'est pas linéaire. La méthode d'essai doit être conforme à la CEI 60068-2-57.

6.6.1 Paramètres pour l'excitation par sinusoïdes amorties

Les fréquences d'essai doivent couvrir la gamme de fréquences spécifiée en 6.5 et être espacées d'un demi-octave. Pour chaque fréquence d'essai, on applique un train de cinq sinusoïdes modulées de cinq cycles.

6.6.2 Paramètres pour l'excitation par accélérogramme

La durée totale de l'accélérogramme doit être de 30 s environ, et sa partie forte doit durer au moins 6 s.

6.7 Essais

6.7.1 Axes d'essais

Les axes d'essais doivent être choisis conformément à la CEI 60068-3-3.

Dans certains cas, l'accélération verticale n'engendre que des contraintes négligeables et l'excitation verticale peut être omise.

6.3 External load

Generally, electrical and environmental service loads cannot be simulated during the seismic test. This applies also to internal pressure of the test-set due to safety requirements of the test laboratory.

The test-set shall not be operated during the seismic tests; the control and auxiliary circuits shall be energized to monitor any chattering of relays, but they need not cause the switching devices to operate.

6.4 Measurements

Measurements shall be performed in accordance with IEC 60068-3-3 and shall include:

- vibration motion of components where maximum deflections and significant relative displacements are expected;
- strains on critical elements (e.g. bushings, flanges, enclosures and support structures).

6.5 Frequency range

The frequency range shall be 0,5 Hz to 35 Hz.

6.6 Test severity

The test severity shall be chosen in accordance with Clause 5.

The recommended required response spectra are given in Figures 1 to 3 for the different seismic qualification levels. The curves relate to 2 %, 5 %, 10 % and 20 % or more damping ratio of the switchgear and their assemblies.

Spectra for different damping values may be obtained by linear interpolation.

The time-history test method is to be preferred, since it more closely simulates actual conditions, particularly if the behaviour of the test-set is not linear. The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-57.

6.6.1 Parameters for sine-beat excitation

Test frequencies shall cover the frequency range stated in 6.5 with half-octave spacing. For each test frequency, five sine-beats of five cycles each are applied.

6.6.2 Parameters for time-history excitation

The total duration of the time-history shall be about 30 s, of which the strong part shall be not less than 6 s.

6.7 Testing

6.7.1 Test directions

The test directions shall be chosen according to IEC 60068-3-3.

In some cases, the effect of the vertical acceleration results in negligible stresses and the vertical excitation may be omitted.

6.7.2 Séquence d'essais

La séquence d'essais doit être la suivante:

- vérification fonctionnelle avant essais;
- recherche et étude des fréquences critiques (nécessaire à la détermination des fréquences critiques et des taux d'amortissement et/ou pour les calculs);
- essais de qualification sismique ;
- vérification fonctionnelle après essais.

6.7.2.1 Vérifications fonctionnelles

Les caractéristiques fonctionnelles et les réglages suivants doivent être relevés ou évalués (quand cela s'applique) avant et après les essais à la tension assignée d'alimentation et à la pression assignée de fonctionnement:

- a) durée de fermeture;
- b) durée d'ouverture;
- c) synchronisme entre chambres de coupures d'un pôle;
- d) synchronisme entre pôles (dans le cas d'essai multipolaire);
- e) étanchéité aux gaz et/ou aux liquides;
- f) autres caractéristiques ou réglages importants spécifiés par le constructeur.

6.7.2.2 Recherche et étude des fréquences critiques

La recherche et l'étude des fréquences critiques doivent être effectuées conformément à la CEI 60068-3-3 dans la gamme de fréquences spécifiée en 6.5.

6.7.2.3 Essais de qualification sismique

L'essai est effectué en appliquant une procédure choisie dans les diagrammes de l'Annexe A de la CEI 60068-3-3, selon les moyens d'essais.

L'essai est effectué une fois au niveau choisi dans l'Article 5.

Pendant l'essai sismique, les paramètres suivants sont enregistrés:

- contraintes des composants critiques (par exemple traversées, brides, enveloppes et les châssis supports);
- déflexion des composants où des déplacements significatifs sont attendus;
- continuité électrique du circuit principal (si cela s'applique);
- continuité électrique des circuits auxiliaires et de commande à la tension assignée.

7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs

7.1 Introduction

Cette méthode peut être utilisée:

- pour qualifier des appareillages et leurs assemblages qui ne peuvent l'être par de seuls essais (par exemple à cause de leur taille et/ou leur complexité);
- pour qualifier des appareillages et leurs assemblages déjà essayés dans des conditions sismiques différentes;

6.7.2 Test sequence

The test sequence shall be as follows:

- functional checks before testing;
- vibration response investigation (required to determine critical frequencies and damping ratios and/or for analysis);
- seismic qualification test;
- functional checks after testing.

6.7.2.1 Functional checks

Before and after the tests, the following operating characteristics or settings shall be recorded or evaluated (when applicable) at the rated supply voltage and operating pressure:

- a) closing time;
- b) opening time;
- c) time spread between units of one pole;
- d) time spread between poles (if multipole tested);
- e) gas and/or liquid tightness;
- f) other important characteristics or settings as specified by the manufacturer.

6.7.2.2 Vibration response investigation

The vibration response investigation shall be carried out according to IEC 60068-3-3 over the frequency range stated in 6.5.

6.7.2.3 Seismic qualification test

The test shall be performed by applying one of the procedures stated in flow charts of Appendix A of IEC 60068-3-3, depending on the test facilities.

The test shall be performed once at the level chosen in Clause 5.

During the seismic test the following parameters shall be recorded:

- strains on critical elements (e.g. bushings, flanges, enclosures and support structures);
- deflection of components where significant displacements are expected;
- electrical continuity of the main circuit (if applicable);
- electrical continuity of the auxiliary and control circuit at the rated voltage.

7 Qualification by combined test and analysis

7.1 Introduction

The method may be used:

- to qualify switchgear and their assemblies which cannot be qualified by testing alone (e.g. because of their size and/or complexity);
- to qualify switchgear and their assemblies already tested under different seismic conditions;

- pour qualifier des appareillages et leurs assemblages similaires à d'autres déjà essayés mais qui ont subi des modifications influençant leur comportement dynamique (par exemple changement de l'agencement des assemblages, ou de la masse des composants);
- pour qualifier des appareillages et leurs assemblages dont les données fonctionnelles et vibratoires sont connues.

7.2 Données vibratoires et fonctionnelles

Les données vibratoires pour le calcul (taux d'amortissement, fréquences critiques, contraintes des éléments critiques en fonction de l'accélération appliquée) doivent être fournies par l'une des méthodes suivantes:

- a) l'essai dynamique d'un spécimen semblable;
- b) un essai dynamique à des niveaux inférieurs;
- c) la détermination des fréquences critiques et des taux d'amortissement par d'autres essais tels que l'essai de lâcher statique ou l'excitation entretenue (voir l'Annexe A).

Les données fonctionnelles peuvent être fournies par un essai effectué précédemment sur un spécimen similaire.

7.3 Calculs

La procédure générale est la suivante:

- a) Etablir, à l'aide des données expérimentales indiquées en 7.2, un modèle mathématique des appareillages et de leurs assemblages en vue de déterminer leurs caractéristiques dynamiques. Du fait de la modularité des appareillages et de leurs assemblages, le modèle mathématique réalisé et vérifié du spécimen pourra être étendu à la sous-station complète, si on précise que les bonnes adaptations, relatives aux différences structurelles existantes des différents modules, sont étudiées.
- b) Calibrer le modèle mathématique en prenant en compte les non-linéarités de la réponse dynamique du spécimen déterminée pendant l'expérimentation décrite à l'Annexe A.
- c) Déterminer leur réponse dans la gamme de fréquences donnée en 6.5 à l'aide de l'une des méthodes décrites aux paragraphes suivants, mais d'autres méthodes peuvent être utilisées si elles sont justifiées.

7.3.1 Méthode de calcul par accélérogramme

Lorsque la méthode de calcul par accélérogramme est employée pour l'analyse sismique, les accélérogrammes représentant le mouvement du sol doivent être conformes aux spectres de réponse spécifiés (voir Tableau 1). Deux types de calcul par superposition peuvent généralement être effectués selon la complexité du problème:

- a) Calcul séparé des réponses maximales à chacune des trois composantes du mouvement sismique (x et y dans le plan horizontal et z dans l'axe vertical). La réponse à chaque composante horizontale est combinée à la réponse dans l'axe vertical en prenant la racine carrée de la somme quadratique, c'est-à-dire $(x^2 + z^2)^{1/2}$ and $(y^2 + z^2)^{1/2}$. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour dimensionner les appareillages et leurs assemblages.
- b) Calcul simultané dans l'un des axes horizontaux et dans l'axe vertical (x avec z) puis dans l'autre axe horizontal et dans l'axe vertical (y avec z). A chaque étape de calcul, toutes les valeurs (forces, contraintes) sont combinées algébriquement. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour dimensionner les appareillages et leurs assemblages.

- to qualify switchgear and their assemblies similar to ones already tested but which include modifications influencing the dynamic behaviour (e.g. change in the arrangement of the assemblies, or in the mass of components);
- to qualify switchgear and their assemblies if their vibrational and functional data is known.

7.2 Vibrational and functional data

Vibrational data (damping ratios, critical frequencies, stresses of critical elements as a function of input acceleration) for analysis shall be obtained by one of the following:

- a) a dynamic test of a similar test-set;
- b) a dynamic test at reduced test levels;
- c) determination of critical frequencies and damping ratios by other tests such as free oscillation tests or low level excitation (see Annex A).

Functional data may be obtained from a previous test performed on a similar test-set.

7.3 Analysis

The general procedure is as follows:

- a) To establish, using experimental data stated in 7.2, a mathematical model of switchgear and their assemblies in order to assess their dynamic characteristics. Considering the modularity of switchgear and their assemblies, the mathematical model implemented and calibrated for the test-set may be extended to a complete substation, provided that the right adaptations, related to the structural differences existing for the different modules, are considered.
- b) To calibrate the mathematical model by taking into account the non-linearities of the dynamic response of the test-set assessed during the experimental activity described in Annex A.
- c) To determine the response, in the frequency range stated in 6.5, using either of the methods described in the following subclauses, but other methods may be used if they are justified.

7.3.1 Acceleration time-history method of calculation

When the time-history method is employed for seismic analysis, the ground motion acceleration time-histories shall comply with the RRS (see Table 1). Two types of superimposition may generally be applied depending on the complexity of the problem:

- a) Separate calculation of the maximum responses due to each of the three components (x and y in the horizontal, and z in the vertical direction) of the earthquake motion. The effects of each single horizontal direction and the vertical direction shall be combined by taking the square root of the sum of the squares, i.e. $(x^2 + z^2)^{1/2}$ and $(y^2 + z^2)^{1/2}$. The greater of these two values is used for dimensioning the switchgear and their assemblies.
- b) Simultaneous calculation of one of the horizontal directions and the vertical direction (x with z) and thereafter calculation of the other horizontal direction and the vertical direction (y with z). This means that after each time step of the calculation all values (forces, stresses) are superimposed algebraically. The greater of these two values is used for dimensioning the switchgear and their assemblies.

7.3.2 Analyse modale à l'aide de spectres de réponse spécifiés (SRS)

Lorsque la méthode des spectres de réponse est utilisée pour l'analyse sismique, la méthode de combinaison des contraintes décrite ci-après convient pour un système de coordonnées orthogonales dans les axes principaux des appareillages et de leurs assemblages et avec x et y dans le plan horizontal et z dans l'axe vertical. Les valeurs maximales de contraintes dans les appareillages et leurs assemblages pour chacune des trois directions x , y et z sont obtenues en faisant la somme quadratique des contraintes calculées pour les différentes fréquences modales dans chacune de ces directions. Les valeurs maximales dans le plan (x, z) et dans le plan (y, z) sont combinées par somme quadratique. La plus grande des deux valeurs, (x, z) ou (y, z) est utilisée pour dimensionner les appareillages et leurs assemblages.

7.3.3 Calcul au moyen du coefficient statique

Cette méthode est utilisée pour du matériel rigide (la plus basse fréquence de résonance est supérieure à 35 Hz). Elle peut aussi être utilisée pour du matériel flexible en variante de méthode de calcul. Elle permet une technique plus simple mais conduit à un surdimensionnement. Aucune recherche de fréquence de résonance n'est effectuée, mais on suppose que le spectre de réponse des appareillages et de leurs assemblages est la valeur maximale du spectre de réponse spécifié à une valeur sûre et vérifiable de l'amortissement. Cette valeur est ensuite multipliée par un coefficient statique de 1,5 établi par expérience pour tenir compte des effets de l'excitation à fréquences multiples et de la réponse multimodale. Un coefficient statique plus faible peut être utilisé si on peut montrer qu'il conduit à des résultats aussi sûrs.

Les efforts sismiques sur chaque partie des appareillages et de leurs assemblages sont obtenus en multipliant la valeur de la masse, concentrée à son centre de gravité, par l'accélération.

La force résultante doit être répartie proportionnellement à la répartition des masses.

Le calcul des contraintes peut alors être poursuivi comme indiqué en 8.1.

8 Evaluation de la qualification sismique

8.1 Combinaison des contraintes

Les contraintes sismiques déterminées par essai ou par calcul doivent être combinées analytiquement avec d'autres contraintes de service pour déterminer l'aptitude des appareillages et de leurs assemblages à tenir la contrainte totale.

La probabilité d'apparition pendant la vie des appareillages et de leurs assemblages, d'un séisme au niveau de qualification recommandé est faible, alors que la contrainte sismique maximale d'un séisme naturel ne s'appliquerait que si les appareillages et leurs assemblages étaient excités à leurs fréquences critiques avec une accélération maximale. Comme cela ne durerait que quelques secondes, la combinaison de ces contraintes avec les contraintes électriques, climatiques et mécaniques extrêmes de service conduirait à une accumulation irréaliste de sécurité.

Sauf spécification particulière contraire, on peut considérer que les contraintes supplémentaires suivantes sont susceptibles de s'appliquer:

- pression interne assignée;
- effort statique sur les bornes.

NOTE Pour les disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, voir les valeurs données dans la CEI 62271-100. Multiplier l'effort statique sur les bornes par 0,7 pour considérer un vent sur les conducteurs raccordés d'une vitesse 10 m/s seulement.

7.3.2 Modal analysis using the required response spectrum (RRS)

When the response spectra method is used for seismic analysis, the procedure of combining the stresses is hereinafter described for an orthogonal system of coordinates in the main axes of the switchgear and their assemblies and with x and y in the horizontal and z in the vertical direction. The maximum values of stresses in the switchgear and their assemblies for each of the three directions x , y and z are obtained by superimposing the stresses calculated for the various modal frequencies in each of these directions by taking the square root of the sum of the squares. The maximum values in the x and z direction, and in the y and z direction, are combined by taking the square root of the sum of the squares. The greater value of these two cases (x, z) or (y, z) is the dimensioning factor for the switchgear and their assemblies.

7.3.3 Static coefficient analysis

This method is adopted for rigid equipment (the lowest resonant frequency of equipment is greater than 35 Hz.) It may also be used for flexible equipment, as an alternative method of analysis; this allows a simpler technique in return for added conservatism. No determination of natural frequencies is made but, rather, the response spectrum of the switchgear and their assemblies is assumed to be the peak of the required response spectrum at a conservative and justifiable value of damping. This response is then multiplied by a static coefficient of 1,5 which has been established from experience to take into account the effects of both multifrequency excitation and multimode response. A lower static coefficient may be used if it can be shown to yield conservative results.

The seismic forces on each part of the switchgear and their assemblies are obtained by multiplying the values of the mass, concentrated at its centre of gravity, and the acceleration.

The resulting force shall be distributed proportionally to the mass distribution.

The stress analysis may then be completed as stated in 8.1.

8 Evaluation of the seismic qualification

8.1 Combination of stresses

The seismic stresses determined by test or analysis shall be combined analytically with other service loads to determine the total withstand capability of the switchgear and their assemblies.

The probability of an earthquake of the recommended seismic qualification level occurring during the life-time of the switchgear and their assemblies is low, whilst the maximum seismic load in a natural earthquake would only occur if the switchgear and their assemblies were excited at their critical frequencies with maximum acceleration. As this will last only a few seconds, a combination of the utmost electrical and environmental service loads leads to unrealistic conservatism.

The following additional loads may be considered to occur, if not otherwise specified:

- rated internal pressure;
- static load.

NOTE For high-voltage alternating-current circuit breakers, see the values given in IEC 62271-100. Multiply the static terminal load by 0,7, to take into account a wind velocity of only 10 m/s on connected conductors.

- échauffement;
- effort d'un vent de 10/ms sur les appareillages et leurs assemblages pour les applications extérieures.

La combinaison des contraintes doit être effectuée par le calcul statique, en appliquant les forces dans la direction où elles s'exercent.

8.2 Critères d'acceptation de la simulation sismique

Les formes d'onde de simulation sismique doivent produire un spectre de réponse d'essai enveloppant le spectre de réponse spécifié (calculé avec le même taux d'amortissement) et avoir une accélération dont la valeur de crête est égale ou supérieure à l'accélération de période nulle. Des détails sur les critères d'acceptation pour les essais sismiques sont donnés dans la CEI 60068-2-57.

8.3 Evaluation fonctionnelle des résultats d'essai

Les résultats fonctionnels ne sont normalement acquis que par des essais dynamiques. Ces résultats peuvent être extrapolés pour obtenir une qualification par combinaison d'essais et de calcul. En particulier:

- a) les contacts principaux doivent rester en position ouverte ou fermée pendant l'essai sismique;
 - b) le battement des relais ne doit pas provoquer le fonctionnement des dispositifs de coupure;
 - c) le battement des relais ne doit pas donner une fausse indication de l'état des appareillages et de leurs assemblages (position, signaux d'alarme).
- NOTE Normalement, le battement des relais pendant moins de 5 ms est considéré comme acceptable.
- d) la reprise du réglage des appareils de surveillance est considérée comme acceptable si le fonctionnement global des appareillages et de leurs assemblages n'en est pas affecté;
 - e) en principe, aucune différence significative ne doit apparaître entre les vérifications fonctionnelles effectuées au début et à la fin de la séquence d'essais (voir 6.7.2.1).

8.4 Contraintes admissibles

La vérification sismique des équipements mécaniques et électriques, ainsi que la conception de leurs structures support, doit être effectuée sur la base des contraintes admissibles.

La contrainte totale des composants fabriqués avec des matériaux ayant un point de limite élastique vérifiable, résultant de la combinaison des contraintes comme décrit en 8.1, ne doit pas excéder 90 % de la limite élastique du matériau.

Pour les traversées, la contrainte totale ne doit pas excéder 50 % de la limite à la rupture du matériau.

Pour les connexions soudées dans les équipements ou supports, la contrainte totale ne doit pas excéder 100 % de la limite élastique du matériau.

Aucune fissure ou déformation ne doit être trouvée sur les équipements ou leurs supports.

L'analyse sismique finale doit être réalisée en admettant que les appareillages sont installés sur un sol rigide.

NOTE Si les valeurs résultant de l'analyse montrent une marge de sécurité trop faible comparée aux limites extrêmes permises, une analyse complémentaire prenant en compte les effets du sol sur le comportement dynamique de la sous-station peut être réalisée.

- thermal effects;
- wind force of 10 m/s on the switchgear and their assemblies for outdoor installations.

The combination of loads shall be effected by static analysis, applying the forces in the direction they occur.

8.2 Acceptance criteria of the seismic test

The seismic simulation waveform shall produce a test response spectrum which envelopes the required response spectrum (calculated at the same damping ratio) and have a peak acceleration equal to or greater than the zero period acceleration. Details on the acceptance criteria for the seismic tests are given in IEC 60068-2-57.

8.3 Functional evaluation of the test results

Functional results are normally obtained only by dynamic tests. These results may be extrapolated to obtain qualification by combination of tests and analysis. In particular:

- a) the main contacts shall remain in open or closed position during the seismic test;
- b) chatter of relays shall not cause the switching devices to operate;
- c) chatter of relays shall not provide wrong information of the status of the switchgear and their assemblies (position, alarm signals).

NOTE Normally, chatter of relays lasting less than 5 ms is considered to be acceptable.

- d) resetting of monitoring equipment is considered to be acceptable if the overall performance of the switchgear and their assemblies is not affected;
- e) no significant change shall occur in functional check recordings at the end of the test sequence compared with the initial ones (see 6.7.2.1).

8.4 Allowable stresses

Seismic verification of mechanical and electrical equipment, as well as the design of their supporting structures, shall be done on the basis of allowable stresses.

The total stresses of components made of materials with verifiable yield point, due to the combination of loads as described in 8.1, shall not exceed 90 % of the yield strength of the material.

For bushings, the total stresses shall not exceed 50 % of the ultimate strength of the material.

For welded structural connections in equipment or supports, the total stresses shall not exceed 100 % of the yield strength.

No cracking or buckling shall be found on the equipment and equipment supports.

The final seismic analysis shall be performed by assuming that the switchgear is installed on firm ground.

NOTE If the values resulting from the analysis show safety margins too narrow with reference to the allowed extreme limits, an additional analysis performed by considering the effects of the ground on the dynamic behaviour of the substation may be carried out.

9 Documentation

9.1 Renseignements pour la qualification sismique

Les renseignements suivants sont nécessaires aussi bien pour le calcul que pour l'essai des appareillages et de leurs assemblages:

- a) niveau de sévérité (voir l'Article 5);
- b) détails de structure et de montage (voir 6.1 et 6.2);
- c) nombre et positions relatives des axes d'essai (voir 6.2).

9.2 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre:

- a) le dossier d'identification des appareillages et de leurs assemblages, y compris les détails de structure et de montage;
- b) les renseignements pour la qualification sismique;
- c) les moyens d'essais:
 - 1) lieu,
 - 2) description de l'équipement d'essai et de son étalonnage;
- d) la méthode et les procédures d'essai;
- e) les données d'essai comprenant les données fonctionnelles (voir 6.7.2.1 et 7.2);
- f) les résultats et les conclusions;
- g) la signature agréée et la date.

9.3 Rapport de calculs

Une démonstration de tenue comprenant des calculs doit être présentée étape par étape.

9 Documentation

9.1 Information for seismic qualification

The following information is required for either analysis or testing of the switchgear and their assemblies:

- a) severity (see Clause 5);
- b) details of structure and mounting (see 6.1 and 6.2);
- c) number and relative position of testing axes (see 6.2).

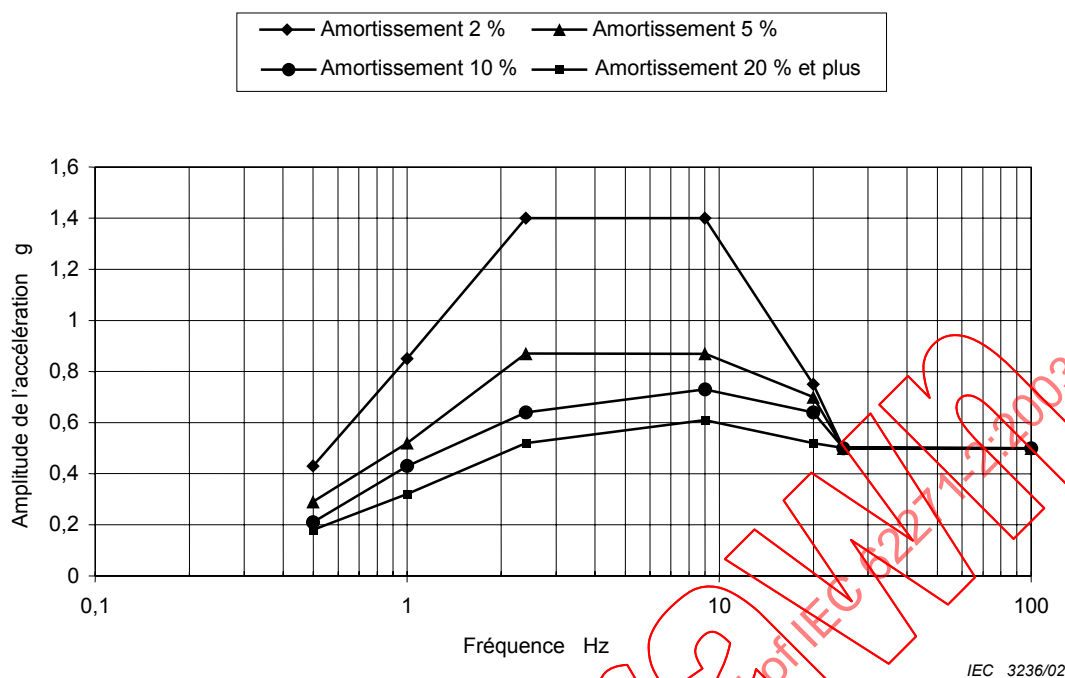
9.2 Test report

The test report shall contain:

- a) switchgear and their assemblies identification file, including structure and mounting details;
- b) information for seismic qualification;
- c) test facility –
 - 1) location,
 - 2) test equipment description and calibration;
- d) test method and procedures;
- e) test data including functional data (see 6.7.2.1, and 7.2);
- f) results and conclusions;
- g) approved signature and date.

9.3 Analysis report

Analysis, which is included as a proof of performance, shall have a step-by-step presentation.



Fréquence Hz	Amplitude de l'accélération m/s ²			
	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,5	4,3	2,9	2,1	1,8
1,0	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9,0	14,0	8,7	7,3	6,1
20,0	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0

NOTE 1 Selon la CEI 60068-3-3, la valeur de g est arrondie à la valeur entière la plus proche soit 10 m/s^2 .

NOTE 2 Selon la CEI 60068-2-57, les SRS sont représentés suivant un tracé recommandé d'usage généralisé.

Figure 1 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF5: accélération à période nulle = 5 m/s^2 ($0,5 \text{ g}$)

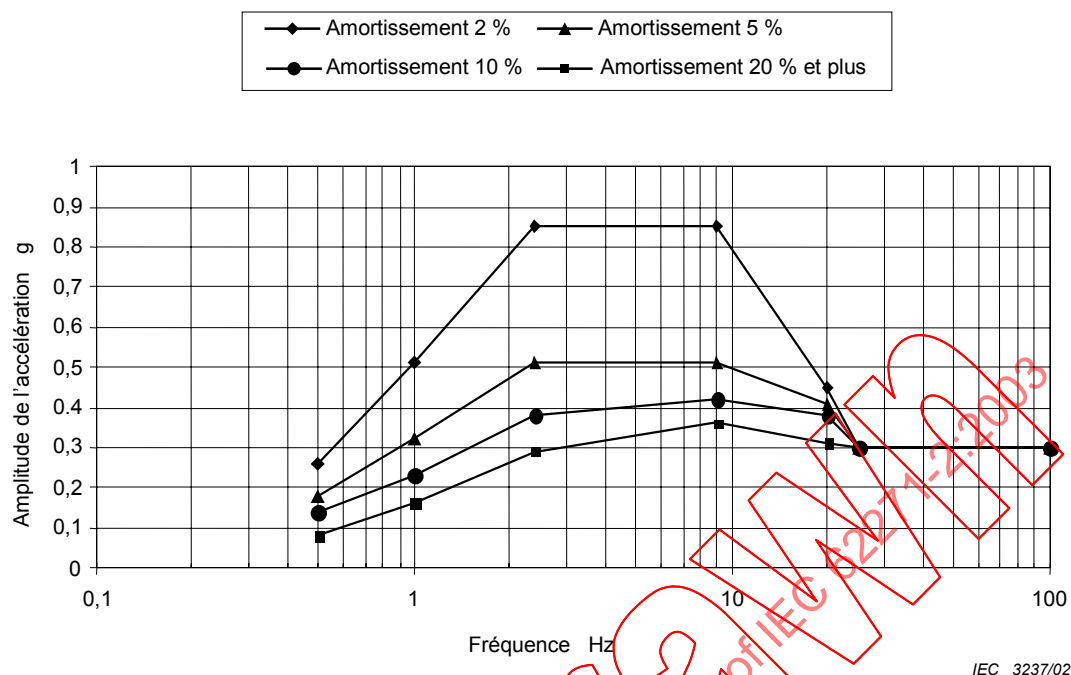


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	4,3	2,9	2,1	1,8
1,0	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9,0	14,0	8,7	7,3	6,1
20,0	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0

NOTE 1 According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

NOTE 2 According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 1 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies –
Qualification level: AF5: ZPA = 5 m/s² (0,5 g)**

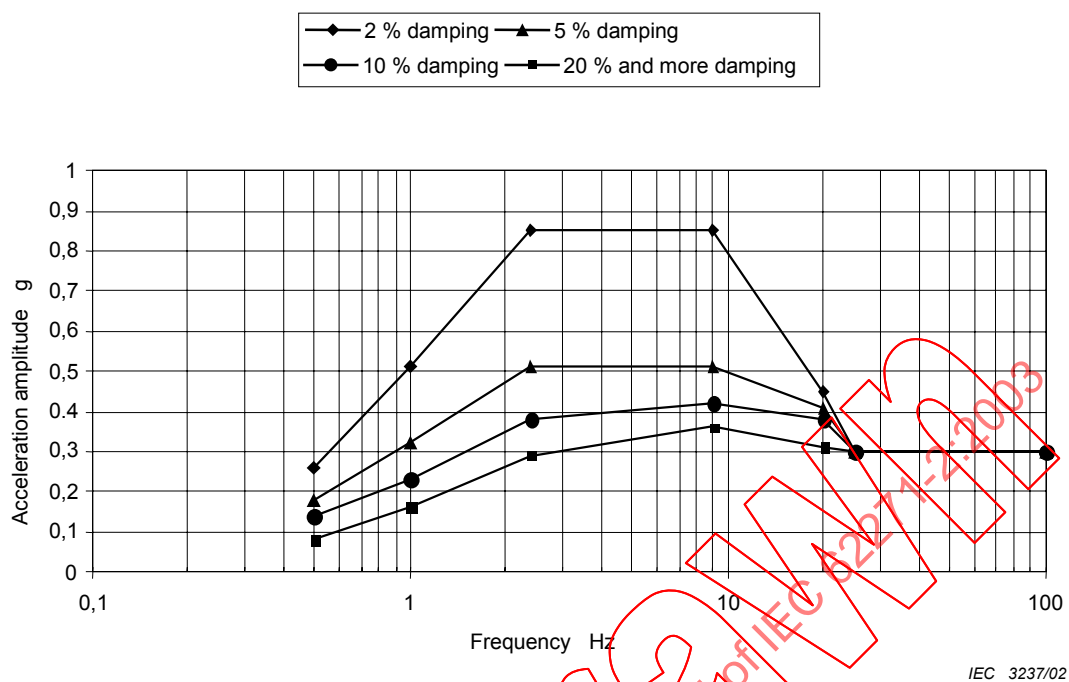


Fréquence Hz	Amplitude de accélération m/s ²			
	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,5	2,6	1,8	1,4	0,8
1,0	5,1	3,2	2,3	1,6
2,4	8,5	5,1	3,8	2,9
9,0	8,5	5,1	4,2	3,6
20,0	4,5	4,1	3,8	3,1
25,0	3,0	3,0	3,0	3,0

NOTE 1 Selon la CEI 60068-3-3, la valeur de g est arrondie à la valeur entière la plus proche soit 10 m/s²

NOTE 2 Selon la CEI 60068-2-57, les SRS sont représentés suivant un tracé recommandé d'usage généralisé.

**Figure 2 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol –
Niveau de qualification: AF3: accélération à période nulle = 3 m/ s² (0,3 g)**

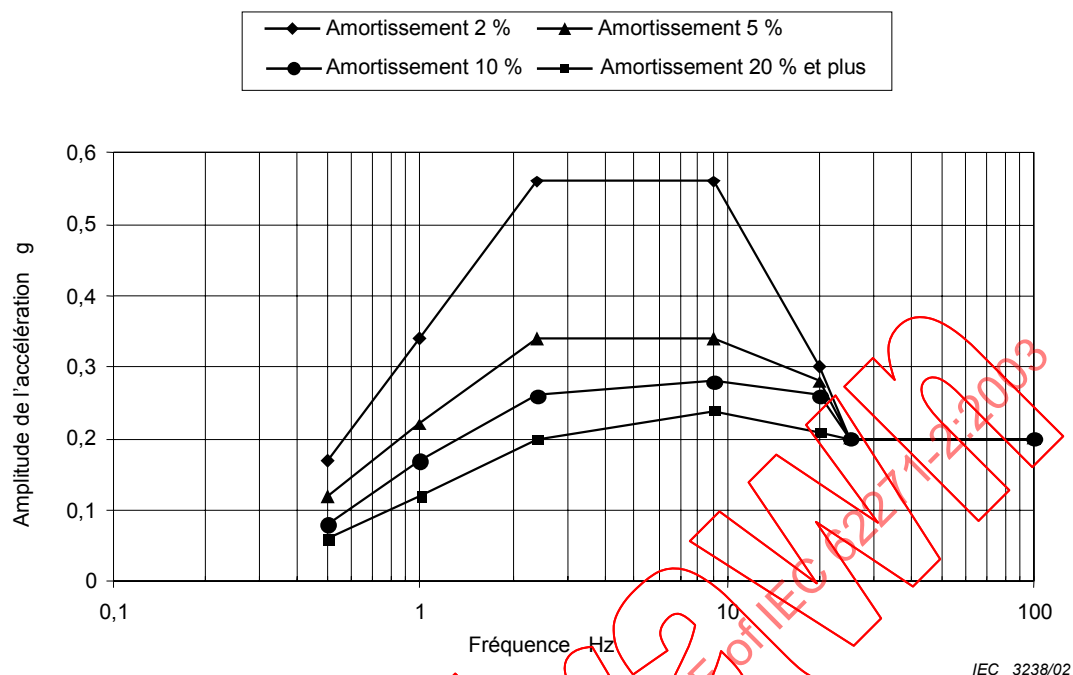


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	2,6	1,8	1,4	0,8
1,0	5,1	3,2	2,3	1,6
2,4	8,5	5,1	3,8	2,9
9,0	8,5	5,1	4,2	3,6
20,0	4,5	4,1	3,8	3,1
25,0	3,0	3,0	3,0	3,0

NOTE 1 According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

NOTE 2 According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 2 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies –
Qualification level: AF3: ZPA = 3 m/s² (0,3 g)**

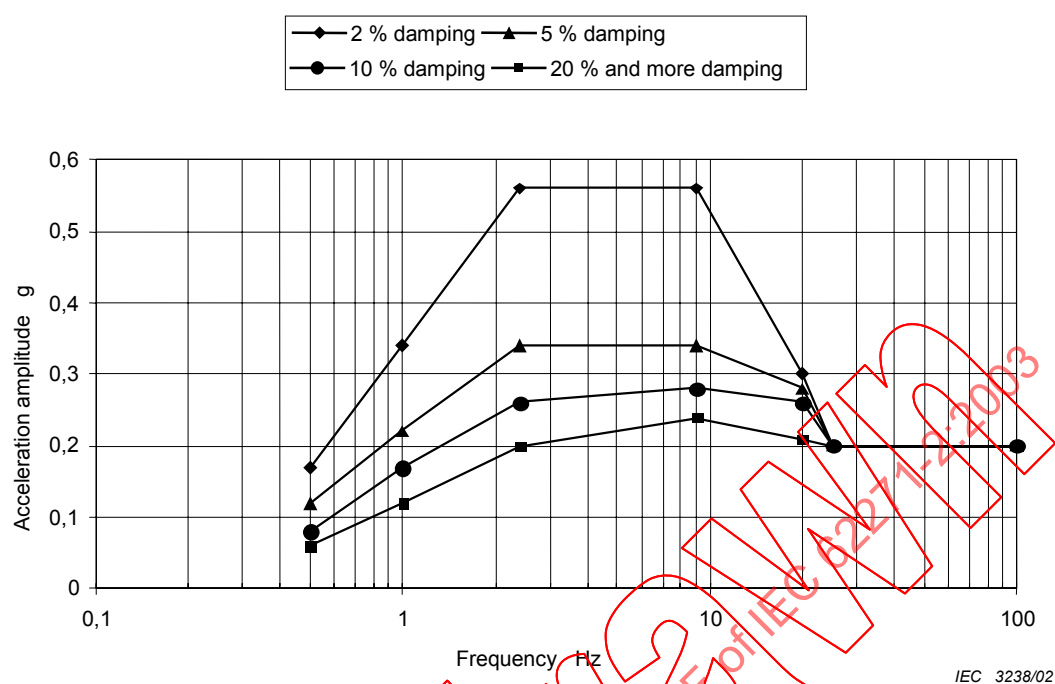


Fréquence Hz	Amplitude de accélération m/s ²			
	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,5	1,7	1,2	0,8	0,6
1,0	3,4	2,2	1,7	1,2
2,4	5,6	3,4	2,6	2,0
9,0	5,6	3,4	2,8	2,4
20,0	3,0	2,8	2,6	2,1
25,0	2,0	2,0	2,0	2,0

NOTE 1 Selon la CEI 60068-3-3, la valeur de g est arrondie à la valeur entière la plus proche soit 10 m/s^2 .

NOTE 2 Selon la CEI 60068-2-57, les SRS sont représentés suivant un tracé recommandé d'usage généralisé.

Figure 3 – SRS pour appareillages et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF2: accélération à période nulle = 2 m/s^2 ($0,2 \text{ g}$)



Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	1,7	1,2	0,8	0,6
1,0	3,4	2,2	1,7	1,2
2,4	5,6	3,4	2,6	2,0
9,0	5,6	3,4	2,8	2,4
20,0	3,0	2,8	2,6	2,1
25,0	2,0	2,0	2,0	2,0

NOTE According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s^2 .

NOTE According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 3 – RRS for ground-mounted switchgear and their assemblies –
Qualification level: AF2: ZPA = 2 m/s^2 (0,2 g)**

Annexe A (normative)

Caractérisation du spécimen

A.1 Caractérisation par excitation entretenue

La méthode utilise l'application d'une excitation entretenue de bas niveau du spécimen pour déterminer ses réponses propres.

A.1.1 Méthode d'essai

Le spécimen étant monté de façon à simuler son montage en service, plusieurs excitateurs sont fixés aux points du spécimen où ils provoquent au mieux ses divers modes de vibration.

Les renseignements acquis par les capteurs placés sur le spécimen peuvent être utilisés pour analyser ses caractéristiques dynamiques.

A.1.2 Calcul

Les fonctions de réponse en fréquence obtenues sont utilisées pour déterminer les fréquences de résonance et les taux d'amortissement utilisés dans le calcul du comportement dynamique du spécimen exposé dans l'Article 7. Cette méthode fournit un plus grand degré de certitude dans le calcul puisque le modèle analytique peut être affiné pour reproduire les fréquences naturelles mesurées et des taux d'amortissement expérimentaux.

A.2 Essai de lâcher statique

L'essai de lâcher statique peut être utilisé pour l'identification du comportement dynamique d'un spécimen qui peut être modélisé par un système à un seul degré de liberté (par exemple les traversées).

A.2.1 Détermination de la fréquence de résonance

Pour déterminer sa fréquence de résonance (premier mode de vibration), le spécimen complètement monté comme en service est fixé à des fondations rigides par les moyens prévus à sa conception. Un effort de traction d'une valeur au moins égale au tiers du poids de la partie vibrante est appliqué au voisinage de son centre de gravité dans l'axe où la plus grande amplitude de vibration est probable. Les oscillations du spécimen apparaissant après l'annulation brusque de la force de traction doivent être soigneusement enregistrées.

A.2.2 Détermination du taux d'amortissement

Le même essai peut être employé pour déterminer le taux d'amortissement du spécimen, mais dans ce cas l'enregistrement des oscillations doit être fait avec une sensibilité et une précision permettant de déterminer le décrément logarithmique des oscillations en fonction du temps. Le taux d'amortissement équivalent est déterminé à l'aide du monogramme de la Figure A.1 à partir de crêtes successives de l'onde enregistrée dans sa partie où le décrément logarithmique apparaît le plus clairement.

Annex A **(normative)**

Characterization of the test-set

A.1 Low-level excitation

The method exploits the application of a low-level excitation of the test-set for the determination of its natural response.

A.1.1 Test method

With the test-set mounted to simulate the recommended service mounting conditions, a number of portable exciters are attached at the points on the test-set which will best excite its various modes of vibration.

The data obtained from the monitoring instruments placed on the test-set may be used to analyse its dynamic performance.

A.1.2 Analysis

The frequency responses obtained from the test are used to determine the modal frequencies and damping ratios which shall be used in the dynamic analysis of the test-set stated in Clause 7. This method provides a greater degree of certainty in analysis since the analytical model is refined to reflect the measured natural frequencies and experimental damping ratios.

A.2 Free oscillation test

Free oscillation tests may be used for the identification of the dynamic behaviour of a test-set that can be modelled as a single degree of freedom system (e.g. the bushings).

A.2.1 Natural frequency determination

To determine the natural frequency (first vibration mode) the test-set, fully arranged for service, shall be fixed to a rigid foundation by the recommended means. A tensile force, of value not less than one-third of the weight of the equipment, shall be applied along the direction of maximum probable amplitude, in the vicinity of the centre of gravity of the test-set. The oscillations of the test-set shall be recorded when this force is suddenly released.

A.2.2 Damping ratio determination

To determine the damping ratio of the test-set, the same test may be used but, in this case, the recording of the oscillations shall be made with suitable sensitivity and accuracy to determine the logarithmic decrement of the oscillations as a function of time. The equivalent damping ratio is determined using the monogram of Figure A.1, taken from the sequence of peaks in the recorded wave in that range of the record in which the logarithmic decrement appears most clear.

A.2.3 Cas particulier de détermination de fréquence de résonance et de taux d'amortissement

Lorsque le spécimen comprend différents éléments susceptibles de vibrer, les essais de A.2.1 et A.2.2 doivent être effectués en appliquant des efforts de traction au voisinage des centres de gravité de chacune des masses soumises aux vibrations. On enregistre simultanément les oscillations des points correspondant aux amplitudes maximales en essayant de détecter tous les modes d'oscillation de l'ensemble. Dans de tels cas, il est possible que les oscillations d'un élément soient perturbées par celles d'un autre élément de fréquence proche. Dans ce cas, le taux d'amortissement est déterminé au moyen du croquis du haut de la Figure A.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-2:2003

Withdrawn

A.2.3 Special cases in the natural frequency and damping ratio determination

As the test-set consists of different elements, each one susceptible to vibration, the tests in A.2.1 and A.2.2 shall be made by applying tensile force around the centre of gravity of each of the several masses subject to vibration and simultaneously recording the oscillation of those points corresponding to the greatest amplitude, while attempting to detect all the modes of oscillation in the arrangement. In such cases, it is possible that the record of oscillations in one element is influenced by the oscillations of some other element with a similar frequency, in which case the determination shall be made as described in the sketch shown at the top of Figure A.1.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-2:2003

Withdrawn

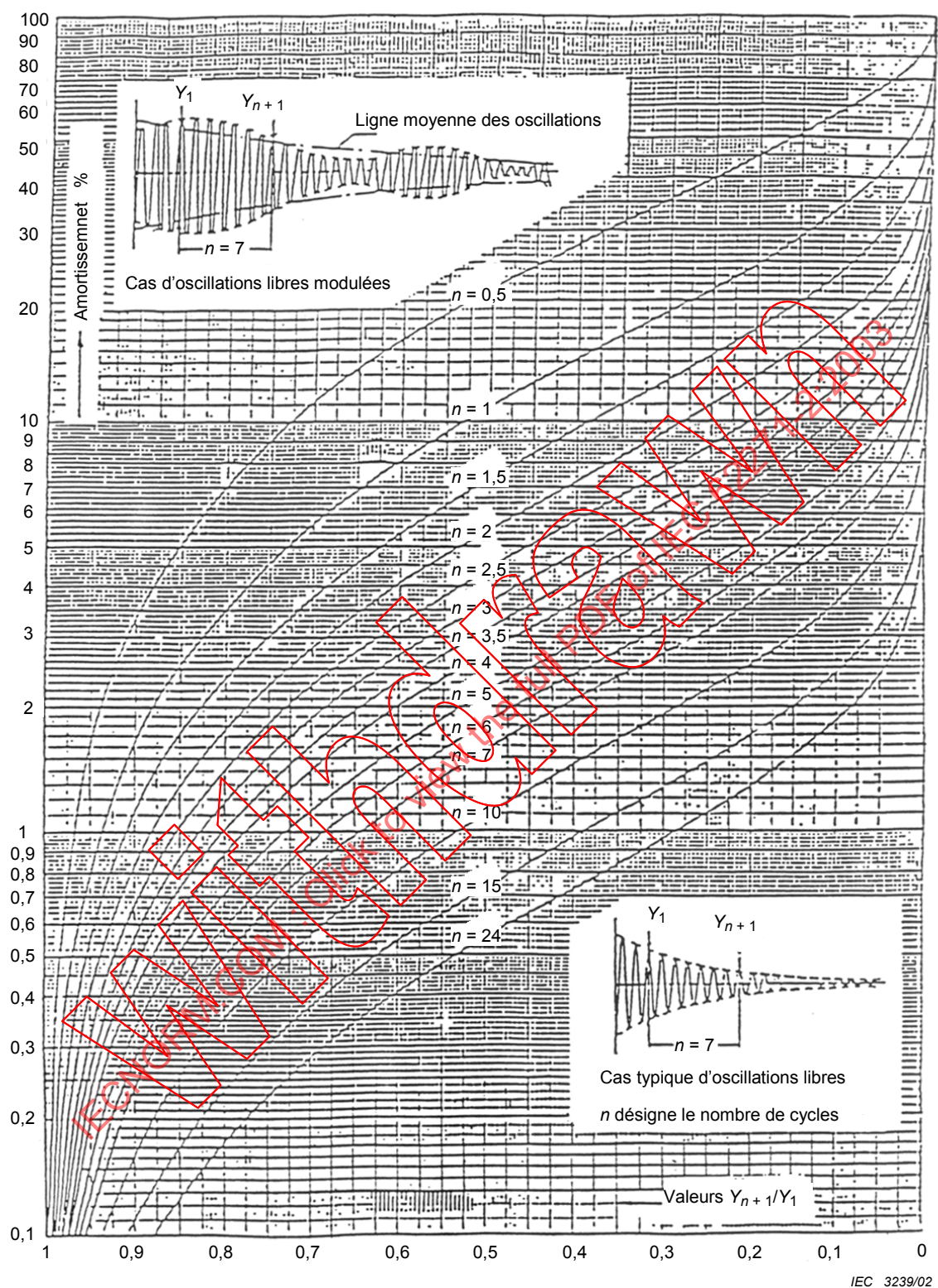


Figure A.1 – Abaque pour déterminer un taux d'amortissement équivalent

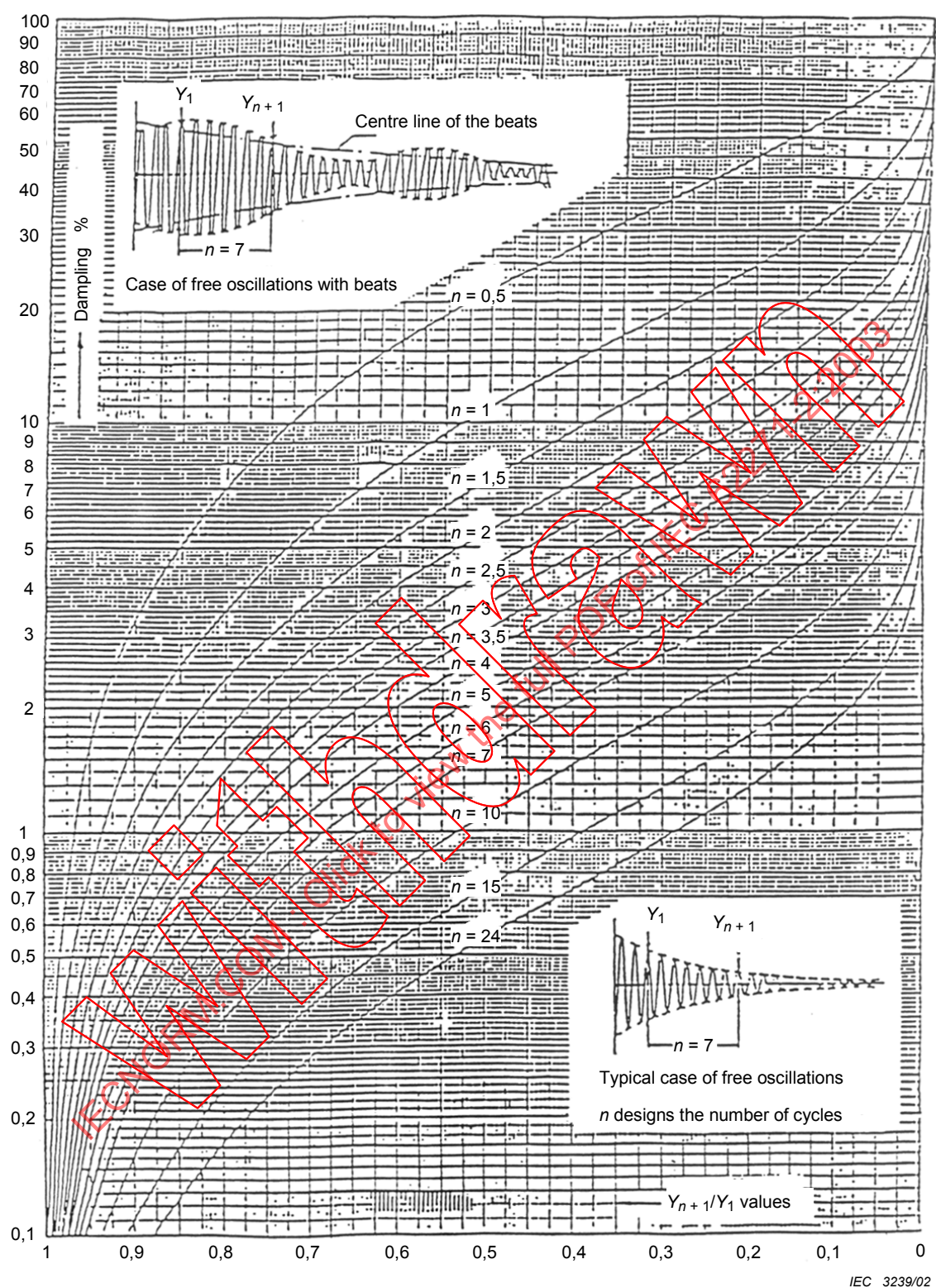


Figure A.1 – Monogram for the determination of equivalent damping ratio

Annexe B (informative)

Critères pour la tenue sismique des appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse

B.1 Généralités

B.1.1 Interaction entre le sol et le bâtiment

Les interactions entre le sol et les structures des bâtiments peuvent être décrites s'il est souhaitable de calculer l'effet de leur présence. Les moyens permettant de diminuer les interactions entre le sol et le bâtiment sont les suivants:

- a) centre de gravité des équipements bas;
- b) équipements légers;
- c) utilisation des fondations monolithiques ou des bâtiments parasismiques.

B.1.2 Limitation des déplacements

Des critères de limitation des déplacements de l'équipement peuvent être décrits comme suit:

- a) alignement des parties mobiles;
- b) fuite du gaz d'isolation;
- c) impact sur les équipements adjacents;
- d) réduction des distances diélectriques et endommagement de l'isolation;
- e) interconnexions de l'équipement sur les fondations avoisinantes.

B.2 Dispositions et pratiques d'installation recommandées

B.2.1 Fondations

Il est recommandé, dans la mesure du possible, que tous les équipements interconnectés soient placés sur une fondation monolithique afin de réduire les mouvements différentiels dus au séisme. Quand les équipements interconnectés ne sont pas sur la même fondation, alors les mouvements différentiels supposés entre les équipements interconnectés dus au mouvement des fondations doivent être fournis.

Des critères peuvent être donnés sur l'interaction du sol sur des conduites souterraines entrant ou sortant à travers les fondations. Si l'équipement est rigidement fixé sur des éléments de structure comme des murs ou des sols adjacents, la réponse et les déplacements relatifs de ces éléments peuvent être pris en compte..

B.2.2 Méthodes de fixation des équipements sur les fondations

Il est fortement recommandé que les grands équipements et les équipements avec des distances importantes entre la position des fixations soient ancrés sur des éléments en acier noyés et fermement attachés aux éléments structurels dans le béton. La position et le type de fixations doivent être indiqués sur les dessins du constructeur. Toutes les fixations doivent résister aux efforts générés par le séisme. Les fixations exposées peuvent avoir une protection de surface.

Si des boulons sont utilisés pour la fixation des équipements, ils doivent être noyés dans le béton frais ou fixés au moyen de chevilles chimiques prévues pour trous percés dans le béton sec. L'utilisation de boulons ou d'ancrages qui sont placés dans des trous percés dans le béton sec n'est pas recommandée. Les boulons en acier moyen ductile sont préférés.

Annex B (informative)

Criteria for seismic adequacy of gas-insulated metal-enclosed switchgear

B.1 General

B.1.1 Soil and building structure interaction

Soil and building structure interaction may be described if it is desirable to calculate the effect of their presence. Measures that may be taken to minimize soil and building structure interaction are as follows:

- a) lower centre of gravity of equipment;
- b) lightweight equipment;
- c) use of monolithic foundations or buildings meeting seismic requirements

B.1.2 Displacement limitations

Considerations that impose displacement limitations on equipment may be described as follows:

- a) alignment of moving parts;
- b) leakage of insulating gas;
- c) impact with adjacent equipment;
- d) reduction of dielectric spacing and damage to insulation;
- e) interconnection to equipment on adjoining foundations.

B.2 Recommended installation provisions and practices

B.2.1 Foundations

It is recommended that, as far as possible, all interconnected equipment be placed on a monolithic foundation to reduce differential movements due to the design earthquake. When interconnected equipment is not located on the same foundation, then the expected differential motions between equipment due to foundation motion shall be provided.

Consideration may be given to soil interaction on underground conduits entering and leaving through the foundations. If equipment is rigidly coupled to structural elements, such as walls or adjacent floors, the element response and relative motion may be taken into account.

B.2.2 Methods for anchoring equipment to foundations

It is strongly recommended that large equipment and equipment with large dimensions between anchor locations be anchored to steel members imbedded in and firmly attached to structural elements in the concrete. Location and type of fixings may be shown on the manufacturer's drawing. All fixings shall be adequate for forces coming from a design earthquake. Exposed fixings may have a protective coating.

If bolts are used to anchor equipment, they shall be either cast in fresh concrete or fixed by means of well-tested chemical anchors for drilled holes in hardened concrete. The use of bolts or anchors that are placed in holes drilled in hardened concrete is not recommended. Bolts of mild, ductile steel are preferred.