

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

TR 62271-300

Première édition
First edition
2006-11

Appareillage à haute tension –

Partie 300:

**Qualification sismique des disjoncteurs
à courant alternatif**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 300:

**Seismic qualification of alternating
current circuit-breakers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 62271-300:2006

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/searchpub) 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/online_news/justpub) 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/searchpub) 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/online_news/justpub) 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

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

TR 62271-300

Première édition
First edition
2006-11

Appareillage à haute tension –

Partie 300:

**Qualification sismique des disjoncteurs
à courant alternatif**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 300:

**Seismic qualification of alternating
current circuit-breakers**

© IEC 2006 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, 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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	6
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives.....	10
3 Termes et définitions.....	12
4 Exigences pour la qualification sismique.....	12
5 Analyse préliminaire.....	12
5.1 Choix du spécimen d'essai représentatif.....	12
5.2 Modèle mathématique du disjoncteur.....	12
5.3 Niveaux de sévérité.....	14
6 Qualification par essais.....	14
6.1 Introduction.....	14
6.2 Montage.....	16
6.3 Contraintes externes.....	16
6.4 Mesures.....	16
6.5 Gamme de fréquences.....	16
6.6 Sévérité de l'essai.....	16
6.7 Essais.....	18
7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs.....	18
7.1 Introduction.....	18
7.2 Données vibratoires et fonctionnelles.....	20
7.3 Calcul.....	20
8 Evaluation de la qualification sismique.....	24
8.1 Combinaison des contraintes.....	24
8.2 Critères d'acceptation de la simulation sismique.....	24
8.3 Evaluation fonctionnelle des résultats d'essai.....	24
8.4 Contraintes admissibles.....	26
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 (informative) Caractérisation du disjoncteur.....	36
Annexe B (informative) Rapport de qualification sismique.....	42
Bibliographie.....	48
Figure 1 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF5: ZPA = 5 m/s ² (0,5 g).....	28
Figure 2 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF3: ZPA = 3 m/s ² (0,3 g).....	30
Figure 3 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol – Niveau de qualification: AF2: ZPA = 2 m/s ² (0,2 g).....	32
Figure 4 – Exemple de combinaison des contraintes.....	34

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope and object.....	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Seismic qualification requirements	13
5 Preliminary analysis	13
5.1 Selection of the representative test specimen.....	13
5.2 Mathematical model of the circuit-breaker	13
5.3 Severity levels.....	15
6 Qualification by test.....	15
6.1 Introduction	15
6.2 Mounting	17
6.3 External load	17
6.4 Measurements.....	17
6.5 Frequency range.....	17
6.6 Test severity	17
6.7 Testing.....	19
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	25
8.1 Combination of stresses	25
8.2 Acceptance criteria of the seismic simulation.....	25
8.3 Functional evaluation of the test results	25
8.4 Allowable stresses	27
9 Documentation	27
9.1 Information for seismic qualification.....	27
9.2 Test report	27
9.3 Analysis report	27
Annex A (informative) Characterisation of the circuit-breaker	37
Annex B (informative) Seismic Qualification Report	43
Bibliography.....	49
Figure 1 – RRS for ground-mounted circuit-breaker and their assemblies – Qualification level: AF5: $ZPA = 5 \text{ m/s}^2$ (0,5 g)	29
Figure 2 – RRS for ground-mounted circuit-breaker and their assemblies – Qualification level: AF3: $ZPA = 3 \text{ m/s}^2$ (0,3 g)	31
Figure 3 – RRS for ground-mounted circuit-breaker and their assemblies – Qualification level: AF2: $ZPA = 2 \text{ m/s}^2$ (0,2 g)	33
Figure 4 – Example for combination of stresses	35

Figure A.1 – Abaque pour la détermination d'un facteur d'amortissement équivalent 40

Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique – Degrés de sévérité horizontale..... 14

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-300:2006

Figure A.1 – Monogram for the determination of equivalent damping ratio 41

Table 1 – Seismic qualification levels – Horizontal severities 15

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-300:2006

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 62271-300, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Ce rapport technique annule et remplace la première édition de la CEI 61166/TR et constitue une révision technique.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62271-300, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This technical report cancels and replaces the first edition of IEC/TR 61166 and constitutes a technical revision.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
17A/760/DTR	17A/763/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, présentées sous le titre général *Appareillage à haute tension* peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-300:2006

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
17A/760/DTR	17A/763/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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 3.

A list of all parts of IEC 62271 series, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear* can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-300:2006

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif

1 Domaine d'application et objet

Le présent rapport technique ne s'applique qu'aux disjoncteurs dont les châssis-supports sont fixés au sol de façon rigide, et ne couvre pas la qualification sismique des disjoncteurs inclus dans l'appareillage sous enveloppe métallique.

Lorsque les disjoncteurs ne sont pas montés au sol, par exemple dans un bâtiment, les conditions d'application font l'objet d'un accord entre les utilisateurs et les constructeurs.

Il convient que la qualification sismique des disjoncteurs prenne en compte tout équipement auxiliaire et de commande monté sur le châssis du disjoncteur. Si l'équipement auxiliaire et de commande est monté sur un châssis séparé, il peut être qualifié de manière indépendante.

Le présent rapport technique est un guide qui donne des procédures pour la qualification sismique des disjoncteurs montés au sol.

La qualification sismique d'un disjoncteur n'est effectuée que sur demande.

Le présent rapport technique spécifie des niveaux de sévérité sismique et donne un choix de méthodes qui peuvent être utilisées pour démontrer la conformité des disjoncteurs pour lesquels une qualification sismique est exigée.

NOTE Aux USA, la qualification sismique des disjoncteurs est conduite conformément à l'IEEE 693: IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations.

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 60068-2-6: *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales)*

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

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

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

CEI 60721-2-6: *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Vibrations et chocs sismiques*

CEI 62155: *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers

1 Scope and object

This technical report applies only to circuit-breakers with their supporting structures which are rigidly connected with the ground, and does not cover the seismic qualification of circuit-breakers in metal enclosed switchgear.

Where circuit-breakers are not ground mounted, for example in a building, conditions for application are subject to agreement between users and manufacturers.

The seismic qualification of the circuit-breakers should take into account any auxiliary and control equipment which is mounted on the circuit-breaker structure. If the auxiliary and control equipment is mounted on a separate structure, it may be qualified independently.

This technical report is a guide providing procedures to seismically qualify ground mounted circuit-breakers.

The seismic qualification of a circuit-breaker is only performed upon request.

This technical report specifies seismic severity levels and gives a choice of methods that can be applied to demonstrate the performance of circuit-breakers for which seismic qualification is required.

NOTE In the USA, the evaluation of the seismic qualifications for circuit breakers is conducted in accordance with IEEE 693: IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations.

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 60068-2-6: *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-47: *Environmental testing – Part 2-47: Tests – 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 60721-2-6: *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock*

IEC 62155: *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60068-3-3 et de la CEI 62271-100 s'appliquent.

4 Exigences pour la qualification sismique

Il convient que la qualification sismique démontre l'aptitude du disjoncteur à supporter les contraintes sismiques et à garder son fonctionnement spécifié, aussi bien pendant le séisme qu'après.

Il convient qu'aucune défaillance des circuits principaux, des circuits auxiliaires et de commande, y compris des châssis de montage pertinents, ne se produise.

Il convient que l'équipement fonctionne correctement après le séisme, tel que défini en 8.3 et 8.4.

Il convient d'utiliser des méthodes analytiques, des méthodes expérimentales ou une combinaison des deux pour réaliser la qualification sismique.

Si des méthodes analytiques sont utilisées, un nombre suffisant de données est nécessaire, tel que défini en 7.2; sinon, il convient qu'un spécimen représentant le système en termes de structure et de fonction soit soumis à un essai.

Il convient d'utiliser ces données expérimentales de base pour l'étalonnage dans les méthodes analytiques.

Pour les disjoncteurs complets, il convient de considérer la méthode analytique comme suffisante pour démontrer la qualification sismique.

5 Analyse préliminaire

5.1 Choix du spécimen d'essai représentatif

En raison de la limitation des moyens d'essais disponibles, la qualification sismique des disjoncteurs peut nécessiter la définition et le choix d'un spécimen d'essai différent. Il convient que le constructeur démontre que le spécimen d'essai représente l'ensemble du disjoncteur dans le but de vérifications structurelles et fonctionnelles.

Il est recommandé d'identifier le comportement dynamique du disjoncteur (fréquences propres et facteurs d'amortissement) par les expérimentations telles que décrites à l'Annexe A.

5.2 Modèle mathématique du disjoncteur

Sur la base d'informations techniques concernant les caractéristiques de conception, il convient de créer un modèle tridimensionnel du disjoncteur. Il convient qu'un modèle de ce type ait une précision suffisante pour décrire le comportement dynamique du disjoncteur dans la gamme de fréquences étudiée.

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60068-3-3 and IEC 62271-100 apply.

4 Seismic qualification requirements

The seismic qualification should demonstrate the circuit-breaker's ability to withstand seismic stress and to maintain its specified function, both during and after the seismic event.

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

The equipment should properly operate after the seismic event as defined in 8.3 and 8.4.

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

If analytical methods are used, sufficient data is required as defined in 7.2; if not, a sample specimen representing the system for the purpose of structure and function should be subjected to a test.

This basic experimental data should be used as input for calibration in analytical methods.

For complete circuit-breakers the analytical method should be considered as a sufficient demonstration for seismic qualification.

5 Preliminary analysis

5.1 Selection of the representative test specimen

Due to limitation of the available experimental facilities, the seismic qualification of circuit-breakers may require the definition and the choice of a different test specimen. The manufacturer should demonstrate that the test specimen represents the whole circuit-breaker for the purpose of structural and functional checks.

It is recommended to identify the dynamic behaviour of the circuit-breaker (natural frequencies and damping ratios) through the experimental activities of Annex A.

5.2 Mathematical model of the circuit-breaker

On the basis of technical information concerning the design characteristics, a three-dimensional model of the circuit-breaker should be created. Such a model should have sufficient sensitivity to describe the dynamic behaviour of the circuit-breaker in the frequency range being studied.

5.3 Niveaux de sévérité

Il convient de choisir de préférence les niveaux de sévérité dans le Tableau 1. Il est possible d'utiliser des spectres spécifiques au site ou un spectre résultant d'études sismologiques spécifiques (exemple de carte nationale d'activité sismique).

Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique – Degrés de sévérité horizontale

Niveau de qualification		Spectre de réponse spécifié (RRS; en anglais <i>required response spectrum</i>)	Accélération à période nulle (ZPA; en anglais <i>zero period acceleration</i>) m/s ²
AF5	Elevé	Figure 1	5
AF3	Modéré	Figure 2	3
AF2	Faible	Figure 3	2

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

NOTE 1 Les données présentées au Tableau 1 proviennent de la CEI 60721-2-6.

NOTE 2 Parmi les autres spectres de réponse, on peut citer par exemple: Endesa, Edelca, IEEE 693 et Eurocode 8.

NOTE 3 Des informations sur la corrélation entre niveaux de qualification sismique et différentes échelles sismiques sont données dans la CEI 60721-2-6.

NOTE 4 Dans certaines zones, les niveaux de qualification sismique excèdent ceux de ce rapport technique, par exemple au Japon, aux USA, en Indonésie. Il convient que des précautions soient prises pour l'application de la qualification des équipements conformément à ce rapport technique dans ces zones.

Il convient que le niveau de qualification soit 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

Il convient que les procédures pour les essais de qualification des disjoncteurs soient conformes à la méthode par accélérogrammes indiquée dans la CEI 60068-2-57.

Il convient que la qualification soit effectuée sur un spécimen d'essai représentatif, tel que décrit en 5.2.

Il convient que l'influence dynamique du châssis soit déterminée par le calcul si le disjoncteur ne peut pas être essayé avec son propre châssis-support (par exemple à cause de sa taille).

Il convient de soumettre le disjoncteur aux essais en position fermée.

Il convient d'effectuer la qualification:

- sur le disjoncteur complet lorsque tous les pôles sont montés sur le même châssis-support;
- sur un seul pôle dans le cas de disjoncteurs à trois pôles séparés;
- sur un seul module avec son ou ses éléments de coupure dans le cas de pôles à plusieurs organes de coupure sur des châssis-supports individuels.

5.3 Severity levels

The severity levels should preferably be chosen from Table 1. It is possible to use site specific spectra or one resulting from seismological specific studies (example national map of earthquake activity).

Table 1 – Seismic qualification levels – Horizontal severities

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

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

NOTE 1 The data given in Table 1 have been taken from IEC 60721-2-6.

NOTE 2 Examples of other response spectra are: Endesa, Edelca, IEEE 693 and Eurocode 8

NOTE 3 Information on the correlation between seismic qualification levels and different seismic scales is given IEC 60721-2-6.

NOTE 4 In some areas the seismic qualification level exceeds that of this technical report, for example Japan, USA, Indonesia. Care should be taken when applying equipment qualified in accordance with this technical report to such areas.

The selected qualification level should be in accordance with expected earthquakes at maximum ground motions for the location of 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 circuit-breaker by test should be in accordance with the time history test method stated in IEC 60068-2-57.

The qualification should be carried out on a representative test specimen, as described in 5.2.

If a circuit-breaker cannot be tested with its supporting structure (for example, due to its size), the dynamic contribution of the structure should be determined by analysis.

The circuit-breaker should be tested in the closed position.

The qualification should be carried out:

- on a complete circuit-breaker when all poles are mounted on the same supporting structure;
- on one pole in the case of a circuit-breaker with three separate poles;
- on one column with its breaking unit(s) in the case of multi-break poles on separate supporting structures.

6.2 Montage

La CEI 60068-2-47 donne des exigences générales de montage. Il convient que le disjoncteur soit monté comme en service, avec ses amortisseurs (le cas échéant).

NOTE Pour de plus amples détails concernant les matériels normalement utilisés avec des amortisseurs de vibrations, voir l'Annexe A de la CEI 60068-2-6. Il convient que l'orientation horizontale du disjoncteur soit telle que l'axe de l'excitation agisse selon ses deux axes orthogonaux principaux.

Il est recommandé qu'aucune fixation ou connexion nécessaire seulement pour l'essai n'affecte le comportement dynamique du disjoncteur.

Il convient que la méthode de montage du disjoncteur soit décrite en détail et qu'elle comprenne une description de toutes les fixations et raccordements d'interface (voir CEI 60068-2-47).

6.3 Contraintes externes

Les contraintes correspondant aux conditions électriques, climatiques et mécaniques de service ne peuvent généralement pas être simulées pendant l'essai sismique. Cela s'applique également à la pression interne du disjoncteur à cause des exigences de sécurité pour les laboratoires d'essai.

NOTE Pour la combinaison des contraintes sismiques et de service, voir 8.1.

Il convient que le disjoncteur ne soit pas manœuvré pendant les essais sismiques; il convient de mettre sous tension les circuits auxiliaires et de commande, afin de détecter tout battement de relais, mais il convient qu'ils ne fassent pas fonctionner le disjoncteur.

6.4 Mesures

Il convient que les mesures soient effectuées conformément à la CEI 60068-2-57, et qu'elles comprennent:

- les mouvements de vibration des composants où des déviations maximales et des déplacements relatifs significatifs sont attendus;
- les contraintes appliquées aux éléments critiques (par exemple aux porcelaines).

6.5 Gamme de fréquences

Les spectres sismiques ne contiennent généralement pas de fréquences supérieures à 35 Hz. Pour cette raison, il convient que la gamme de fréquences soit comprise entre 0,1 Hz et 35 Hz.

6.6 Sévérité de l'essai

Il convient que la sévérité de l'essai soit choisie conformément à l'Article 5.

Les spectres de réponse spécifiés recommandés sont donnés aux Figures 1 à 3 pour les différents niveaux de qualification sismique. Les courbes se rapportent à des facteurs d'amortissement du disjoncteur de 1 %, 2 %, 5 %, 10 % et 20 % ou plus.

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

NOTE L'interpolation linéaire est une approche conservatrice.

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

6.2 Mounting

General mounting requirements are given in IEC 60068-2-47. The circuit-breaker should be mounted as in service including dampers (if any).

NOTE For more detailed guidance in case of equipment normally used with vibration dampers, see Annex A of IEC 60068-2-6. The horizontal orientation of the circuit-breaker should be in the direction of excitation acting along its two main orthogonal axes.

Any fixtures or connections required only for testing should not affect the dynamic behaviour of the circuit-breaker.

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

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 circuit-breaker due to safety requirements of the test laboratory.

NOTE For combination of seismic and service loads, see 8.1.

The circuit-breaker should not be operated during the seismic tests; the control and auxiliary circuits should be energized to monitor any chattering of relays, but they should not cause the circuit-breaker to operate.

6.4 Measurements

Measurements should be performed in accordance with IEC 60068-2-57, and should include:

- vibration motion of components where maximum deflections and significant relative displacements are expected;
- strains on critical elements (e.g. porcelains).

6.5 Frequency range

Generally, earthquake spectra do not contain frequencies over 35 Hz. For that reason, the frequency range should be 0,1 Hz to 35 Hz.

6.6 Test severity

The test severity should 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 1 %, 2 %, 5 %, 10 % and 20 % or more damping ratio of the circuit-breaker.

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

NOTE Linear interpolation is a conservative approach.

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

Il convient que la durée totale de l'accélérogramme soit de 30 s environ, et que sa partie forte dure au moins 6 s.

6.7 Essais

6.7.1 Axes d'essais

Il convient que les axes d'essais soient choisis conformément à la CEI 60068-2-57.

6.7.2 Séquence d'essais

Il convient que la séquence d'essais soit la suivante:

- vérifications fonctionnelles avant les essais;
- recherche de la réponse vibratoire (nécessaire à la détermination des fréquences critiques, des facteurs d'amortissement et/ou pour les analyses);
- essai de qualification sismique;
- vérifications fonctionnelles après les essais.

6.7.3 Vérifications fonctionnelles

Il convient de relever ou d'évaluer les caractéristiques fonctionnelles et les réglages suivants (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) écart de simultanéité entre chambres de coupure d'un pôle;
- d) écart de simultanéité entre les pôles (dans le cas d'essais multipolaires);
- e) continuité électrique des circuits auxiliaires et de commande à la tension assignée;
- f) étanchéité aux gaz et/ou aux liquides;
- g) autres caractéristiques ou réglages importants spécifiés par le constructeur.

6.7.4 Recherche de la réponse vibratoire

Il convient d'effectuer la recherche de la réponse vibratoire conformément à la CEI 60068-2-57 dans la gamme de fréquences spécifiée en 6.5.

6.7.5 Essai de qualification sismique

Il convient d'effectuer l'essai en appliquant les procédures de la CEI 60068-2-57.

Il convient que l'essai soit effectué une fois au niveau choisi de l'Article 5.

Pendant l'essai sismique, il convient d'enregistrer les paramètres suivants:

- contraintes de composants critiques (par exemple traversées, brides, enveloppes et châssis-supports);
- déviation des composants où des déplacements significatifs sont attendus.

7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs

7.1 Introduction

Cette méthode peut être utilisée:

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

6.7 Testing

6.7.1 Test directions

The test directions should be chosen according to IEC 60068-2-57.

6.7.2 Test sequence

The test sequence should be as follows:

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

6.7.3 Functional checks

Before and after the tests the following operating characteristics or settings should 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 multi-pole tested);
- e) electrical continuity of the auxiliary and control circuit at rated voltage;
- f) gas and/or liquid tightness;
- g) other important characteristics or settings as specified by the manufacturer.

6.7.4 Vibration response investigation

The vibration response investigation should be carried out according to IEC 60068-2-57 over the frequency range stated in 6.5.

6.7.5 Seismic qualification test

The test should be performed by applying the procedures of IEC 60068-2-57.

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

During the seismic test the following parameters should be recorded:

- strain of critical elements (e.g. bushings, flanges, enclosures and support structures);
- deflection of components where significant displacements are expected.

7 Qualification by combined test and analysis

7.1 Introduction

The method may be used:

- pour qualifier un disjoncteur qui ne peut pas l'être par de seuls essais (par exemple à cause de sa taille et/ou de sa complexité);
- pour qualifier un disjoncteur déjà essayé dans des conditions sismiques différentes;
- pour qualifier un disjoncteur similaire à un disjoncteur déjà essayé mais qui a subi des modifications influençant son comportement dynamique (par exemple changement de l'agencement des assemblages ou de la masse des modules);
- pour qualifier un disjoncteur si l'amortissement et les fréquences critiques sont connus.

7.2 Données vibratoires et fonctionnelles

Les données pour le calcul (amortissements, fréquences critiques, contraintes des éléments critiques en fonction de l'accélération appliquée) peuvent être fournies par:

- a) l'essai dynamique d'un disjoncteur semblable;
- b) un essai dynamique à un niveau d'essai inférieur;
- c) la détermination des fréquences critiques et de l'amortissement par d'autres essais tels que les essais d'oscillation libre (aussi appelés essais de lâcher statique) ou des essais d'excitation à bas niveau (voir Annexe A).

Il convient que les données fonctionnelles soient fournies par un essai effectué sur un disjoncteur similaire.

7.3 Calcul

La procédure générale est la suivante:

- a) établir, à l'aide des données expérimentales indiquées en 7.2, un modèle mathématique du disjoncteur en vue de déterminer ses caractéristiques dynamiques;
- b) étalonner le modèle mathématique en prenant en compte les non-linéarités de la réponse dynamique du disjoncteur déterminée pendant l'expérimentation décrite en Annexe A;
- c) déterminer sa 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.

Il convient que l'analyse sismique finale soit effectuée en supposant que le disjoncteur est installé sur un sol résistant, c'est-à-dire qu'il n'y a aucun mouvement du sol entre les points de fixation (boulons de scellement) du disjoncteur.

7.3.1 Méthode de calcul par accélérogramme

Lorsque la méthode de calcul par accélérogramme est employée pour l'analyse sismique, il convient que les accélérogrammes représentant le mouvement du sol soient conformes aux spectres de réponse spécifiés (voir Tableau 1). Deux types de superpositions 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 $(x^2 + z^2)^{1/2}$ et $(y^2 + z^2)^{1/2}$. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour la qualification du disjoncteur;
- 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). Ceci signifie qu'à chaque pas de calcul, toutes les valeurs (forces, contraintes) sont combinées algébriquement. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour la qualification du disjoncteur.

- to qualify a circuit-breaker which cannot be qualified by testing alone (e.g. because of its size and/or complexity);
- to qualify a circuit-breaker already tested under different seismic conditions;
- to qualify a circuit-breaker similar to a circuit-breaker already tested but which includes modifications influencing the dynamic behaviour (e.g. change in the arrangement of the assemblies or in the mass of interrupters);
- to qualify a circuit-breaker if damping and critical frequencies are known.

7.2 Vibrational and functional data

Data (damping, critical frequencies, stresses of critical elements as a function of input acceleration) for analysis can be obtained by:

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

Functional data should be obtained from test performed on a similar circuit-breaker.

7.3 Analysis

The general procedure is:

- a) to establish, using experimental data stated in 7.2, a mathematical model of the circuit-breaker in order to assess its dynamic characteristics;
- b) to calibrate the mathematical model by taking into account the non-linearities of the dynamic response of the circuit-breaker 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.

The final seismic analysis should be performed by assuming that the circuit-breaker is installed on firm ground, i.e. there is no movement of ground between the fixing points (foundation bolts) of the circuit-breaker.

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 should comply with the RRS (see Table 1). Two types of superposition 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 are 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 qualification of the circuit-breaker;
- 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 calculation all values (forces, stresses) are superimposed algebraically. The greater of these two values is used for qualification of the circuit-breaker.

7.3.2 Analyse modale et analyse du spectre à l'aide de spectres de réponse spécifiés (RRS)

Dans cette méthode, la méthode de combinaison des contraintes décrite ci-après convient pour un système de coordonnées orthogonales dans les axes principaux du disjoncteur et avec x et y dans le plan horizontal et z dans l'axe vertical.

- a) Une analyse modale du modèle est réalisée (extraction de valeurs propres). Elle détermine les modes et la masse participante dans chaque direction de la structure. Il convient d'inclure suffisamment de modes afin d'assurer une représentation adéquate de la réponse dynamique de l'équipement. Le critère d'acceptation permettant d'assurer que la représentation est suffisante dans une direction donnée est que la masse participante cumulée des modes considérés représente au moins 90 % de la somme des masses effectives de tous les modes.
- b) Une analyse spectrale est effectuée dans le plan x , puis y , puis z , à l'aide des courbes du spectre de réponse spécifié. Il convient d'utiliser une valeur d'amortissement de 2 % pour l'analyse spectrale, à moins qu'une valeur d'amortissement plus élevée ne soit justifiée.

Les valeurs maximales de contraintes dans le disjoncteur pour chacune des trois directions x , y , z sont obtenues en faisant la somme quadratique (SRSS; en anglais *square root of the sum of the squares*) des contraintes calculées pour les différentes fréquences modales dans chacune de ces directions. Pour les modes rapprochés, il convient d'utiliser une combinaison quadratique complète (CQC; en anglais *complete quadratic combination*).

- c) Il convient que la masse non participative (point a) de 7.3.2) soit accélérée de manière statique avec l'accélération des spectres à période nulle, et il convient de combiner les contraintes, les déplacements, les réactions, etc., obtenus avec ceux obtenus à partir de l'analyse spectrale (point b) de 7.3.2) en utilisant la méthode de la somme quadratique.
- d) Les contraintes maximales dans le plan (x, z) et dans le plan (y, z) sont combinées en prenant la somme quadratique: $(x^2+z^2)^{1/2}$ et $(y^2+z^2)^{1/2}$;
- e) La plus grande valeur des deux cas, à savoir plan (x, z) et plan (y, z) (point d) de 7.3.2) est utilisée pour le dimensionnement du disjoncteur.

Des essais peuvent être réalisés afin de fournir des données pour l'analyse.

7.3.3 Calcul au moyen du coefficient statique

Cette méthode est utilisée pour du matériel rigide (la fréquence de résonance la plus basse du matériel 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 des fréquences propres n'est effectuée, mais on suppose que la réponse du disjoncteur est la valeur maximale du spectre de réponse spécifiée 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 petit peut être utilisé si l'on peut montrer qu'il conduit à des résultats aussi sûrs.

Les efforts sismiques sur chaque partie du disjoncteur sont obtenus en multipliant la valeur de sa masse, concentrée à son centre de gravité, par l'accélération.

Il convient que la force résultante soit répartie proportionnellement à la répartition des masses.

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

7.3.2 Modal analysis and spectrum analysis using required response spectrum (RRS)

In this method, the procedure of combining the stresses is hereinafter described for an orthogonal system of coordinates in the main axes of the circuit-breaker and with x and y in the horizontal and z in the vertical direction.

- a) A modal analysis of the model is done (eigenvalues extraction). It determines the modes and participating mass in each direction of the structure. Sufficient modes should be included to ensure adequate representation of the equipment's dynamic response. The acceptance criteria for establishing sufficiency in a particular direction should be that the cumulative participating mass of the modes considered should be at least 90 % of the sum of effective masses of all modes.
- b) A spectrum analysis is done in x , then y , then z direction using required response spectrum curves. A damping value of 2 % should be used for spectrum analysis, unless a higher damping value is justified.

Maximum values of stresses in the circuit-breaker for each of the three directions x , y , z are obtained by super-imposing the stresses calculated for the various modal frequencies in each of these directions by taking the square root of the sum of the squares (SRSS). For closely spaced modes, complete quadratic combination (CQC) should be used.

- c) Non-participative mass (item a) of 7.3.2) should be statically accelerated with the zero period spectra acceleration and the stresses, displacements, reactions etc. obtained should be combined with those obtained from spectrum analysis (item b) of 7.3.2) using SRSS method.
- d) Maximum stresses in the (x, z) plane – and in the (y, z) plane – are combined by taking SRSS: $(x^2+z^2)^{1/2}$ and $(y^2+z^2)^{1/2}$;
- e) The greater value of these two cases (x, z) plane and (y, z) plane (item d) of 7.3.2) is the dimensioning factor for the circuit-breaker.

Testing may be done to provide data for analysis.

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 alternate 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 circuit-breaker 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 multi-frequency 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 circuit-breaker are obtained by multiplying the values of the mass, concentrated at its center of gravity, and the acceleration.

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

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

8 Evaluation de la qualification sismique

8.1 Combinaison des contraintes

Il convient que les contraintes sismiques déterminées par essai ou par calcul soient ajoutées algébriquement à d'autres contraintes de service pour déterminer l'aptitude du disjoncteur à supporter la contrainte totale.

La probabilité d'apparition pendant la vie du disjoncteur, d'un séisme au niveau de qualification recommandé est faible, et la contrainte sismique maximale d'un séisme naturel ne s'appliquerait que si le disjoncteur était excité à ses 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 facteurs de sécurité.

Sauf spécification particulière contraire, on considère que les contraintes suivantes sont susceptibles de s'appliquer simultanément:

- pression interne;
- effort statique sur les bornes.

NOTE 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 de 10 m/s seulement.

- effort d'un vent de 10 m/s sur le disjoncteur;
- forces sismiques.

NOTE La durée des efforts résultant du fonctionnement du disjoncteur est très courte (de l'ordre de plusieurs dizaines de millisecondes) et ces efforts de manœuvre ne sont par conséquent pas considérés ici.

La combinaison des contraintes peut être faite par analyse statique (voir Figure 4).

8.2 Critères d'acceptation de la simulation sismique

Il convient que les formes d'ondes de simulation sismique produisent un spectre de réponse d'essai enveloppant le spectre de réponse spécifié (calculé avec le même facteur d'amortissement) et qu'elles aient une accélération dont la valeur de crête est supérieure ou égale 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 calculs. En particulier:

- a) il convient que les contacts principaux restent en position pendant l'essai sismique;
- b) il convient que le battement des relais ne provoque pas le fonctionnement du disjoncteur;
- c) il convient que le battement des relais ne donne pas une indication incorrecte de l'état du disjoncteur (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 du disjoncteur n'en est pas affecté;
- e) en principe, il convient qu'aucune différence significative n'apparaisse entre les vérifications fonctionnelles effectuées au début et à la fin de la séquence d'essais (voir 6.7.2.1);
- f) il convient qu'aucune fissure ou déformation locale ne soit trouvée sur les équipements et leurs supports.

8 Evaluation of the seismic qualification

8.1 Combination of stresses

The seismic stresses determined by test or analysis should be added algebraically with other service loads to determine the total withstand capability of the circuit-breaker.

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

The following loads are considered to occur simultaneously, if not otherwise specified:

- internal pressure;
 - static terminal load.
- NOTE 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.
- wind force of 10 m/s on the circuit-breaker;
 - seismic forces.

NOTE The time duration of the forces resulting from the operation of the circuit-breaker is very short (in the order of several tens of milliseconds) and therefore these operating forces are not considered here.

The combination of loads can be done by static analysis (see Figure 4).

8.2 Acceptance criteria of the seismic simulation

The seismic simulation waveforms should 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 should remain in position during the seismic test;
- b) chatter of relays should not cause the circuit-breaker to operate;
- c) chatter of relays should not provide incorrect information of the status of the circuit-breaker (position, alarm signals).

NOTE Normally, chatter of relays during 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 circuit-breaker is not affected;
- e) no significant change should occur in functional checks recordings at the end of the test sequence compared with the initial ones (see 6.7.2.1);
- f) no cracking or local buckling should be found on the equipment and equipment supports.

8.4 Contraintes admissibles

Il convient que la vérification sismique des équipements mécaniques et électriques ainsi que la conception de leurs structures de support, soient effectuées sur la base des contraintes admissibles.

Il convient que la résultante de la combinaison des contraintes soit inférieure ou égale à la contrainte minimale garantie en flexion de chacun des éléments critiques considérés. Les facteurs de sécurité pour les isolateurs en matière céramique et en verre sont donnés dans la CEI 62155.

NOTE Les facteurs de sécurité pour les isolateurs composites n'étaient pas disponibles au moment de la publication du présent rapport technique.

Il convient que les contraintes totales des composants fabriqués avec des matériaux ayant un point de limite élastique vérifiable, résultantes de la combinaison des forces comme décrit en 8.1, ne dépassent pas 100 % de la limite élastique du matériau.

Pour les connexions soudées dans les équipements ou supports, il convient que les contraintes totales ne dépassent pas 100 % de la limite élastique du matériau. Il est reconnu qu'une méthode par éléments finis (FEM; en anglais *finite element method*) peut entraîner des singularités, c'est-à-dire des zones ponctuelles (éléments tels que des soudures et des boulons) où la contrainte calculée est supérieure à 100 % de la limite élastique. Ce phénomène est provoqué par la méthode de calcul utilisée et ne signifie pas nécessairement que ces contraintes soient réalistes. Dans de tels cas, il est recommandé d'analyser ces zones séparément avec une méthode appropriée.

9 Documentation

9.1 Renseignements pour la qualification sismique

Les renseignements suivants sont nécessaires aussi bien pour le calcul que pour l'essai du disjoncteur:

- a) Niveau de sévérité (voir Article 5)
- b) Détails de montage (voir 6.2)
- c) Nombre et positions relatives des axes d'essai (voir 6.2).

9.2 Rapport d'essai

Il convient que le rapport d'essai comprenne les éléments suivants:

- a) le dossier d'identification du disjoncteur, y compris les détails 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

Il convient qu'une démonstration de tenue comprenant des calculs soit présentée pas à pas.

8.4 Allowable stresses

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

The stresses due to the combination of loads should be equal to or less than the guaranteed minimum bending stress of each of the considered critical elements. Safety factors for ceramic and glass insulators are given in IEC 62155.

NOTE Safety factors for composite insulators were not available at the time of publication of this technical report.

The total stresses of components made of materials with verifiable yield point, due to the combination of loads as described in 8.1, should not exceed 100 % of the yield strength of the material.

For welded structural connections in equipment or supports, the total stresses should not exceed 100 % of the yield strength. It is recognised that a finite element method (FEM) may result in singularities, i.e. spot point areas (elements such as welds and bolts) where the calculated stress is in excess of 100 % of the yield strength. This phenomenon is caused by the calculation method used and does not necessarily mean that these stresses are realistic. In such cases it is recommended to analyse these areas separately with an appropriate method.

9 Documentation

9.1 Information for seismic qualification

The following information is required for either analysis or testing of the circuit-breaker:

- a) Severity (see Clause 5)
- b) Details of mounting (see 6.2)
- c) Number and relative position of testing axes (see 6.2).

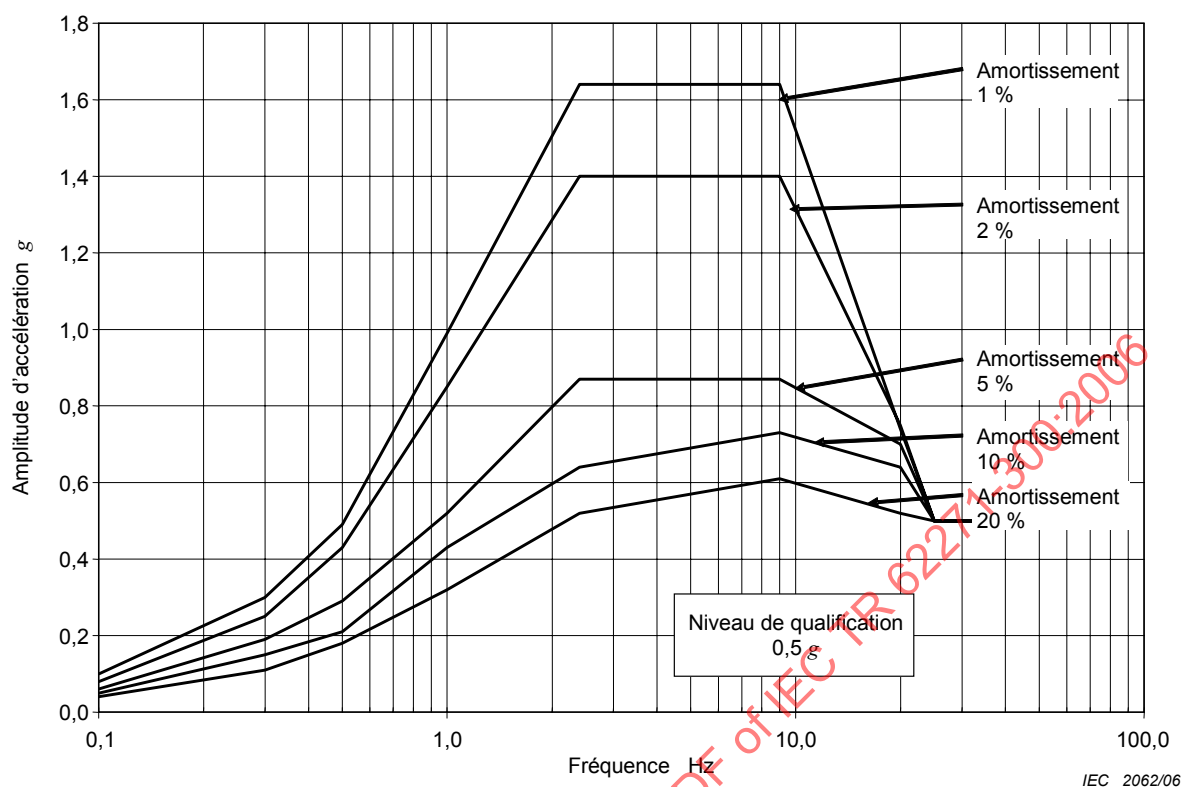
9.2 Test report

The test report should contain:

- a) circuit-breaker identification file including 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, should have a step-by-step presentation.

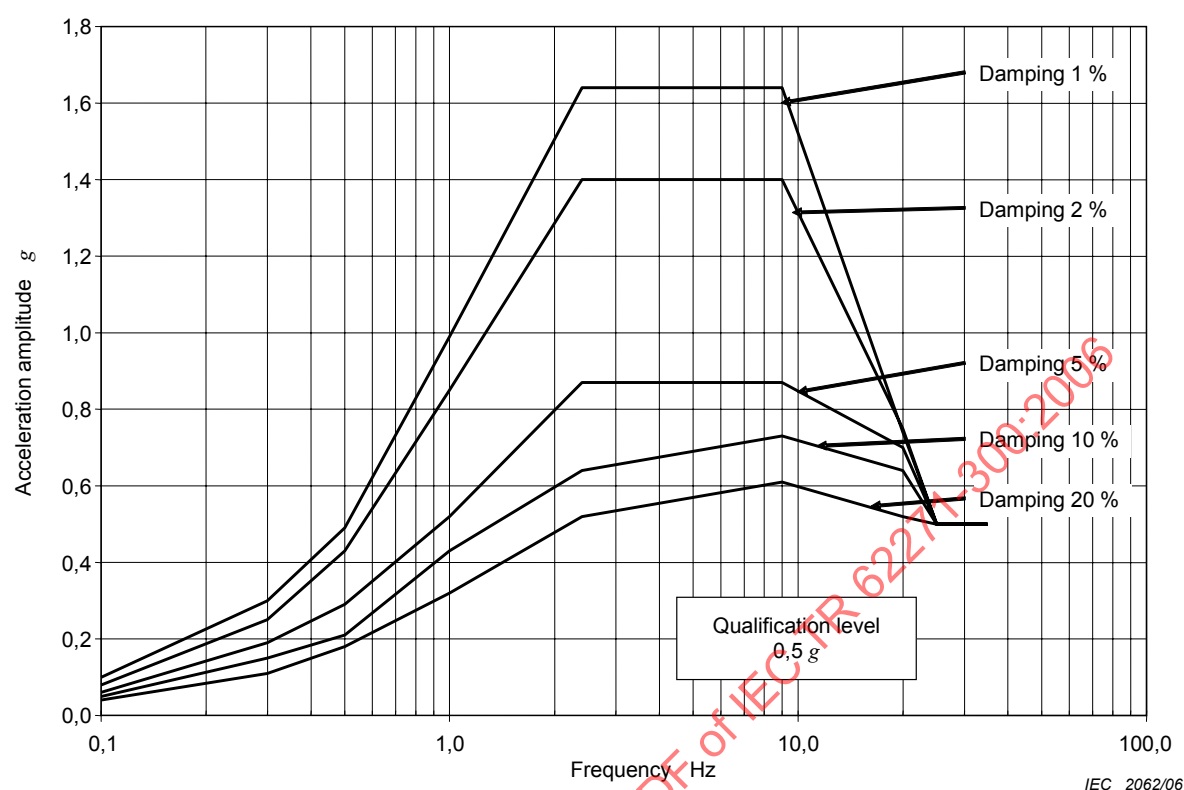


Fréquence Hz	Amplitude d'accélération m/s ²				
	Amortissement 1 %	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,1	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
0,3	3,0	2,5	1,9	1,5	1,1
0,5	4,9	4,3	2,9	2,1	1,8
1	9,9	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	16,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9	16,4	14,0	8,7	7,3	6,1
20	7,4	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
35	5,0	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/s².

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

**Figure 1 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol –
Niveau de qualification: AF5: ZPA = 5 m/s² (0,5 g)**

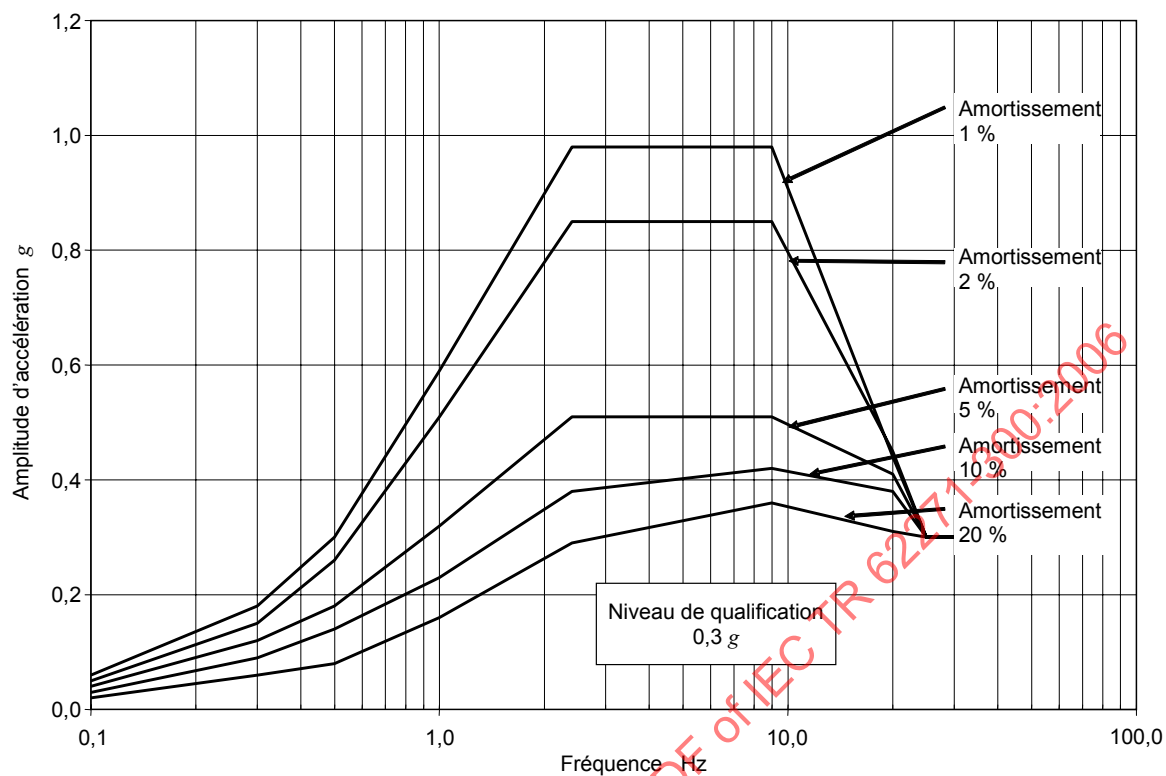


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²				
	Damping 1 %	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,1	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
0,3	3,0	2,5	1,9	1,5	1,1
0,5	4,9	4,3	2,9	2,1	1,8
1	9,9	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	16,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9	16,4	14,0	8,7	7,3	6,1
20	7,4	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
35	5,0	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 circuit-breaker and their assemblies –
Qualification level: AF5: ZPA = 5 m/s² (0,5 g)**

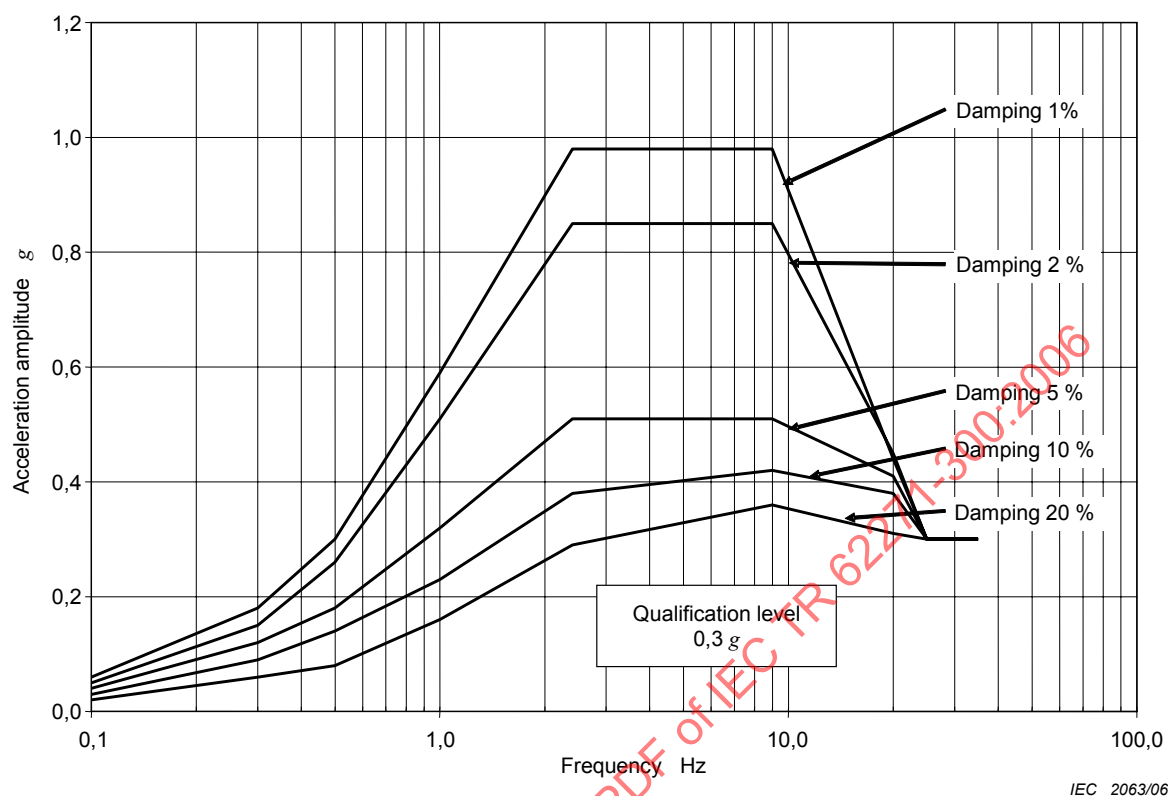


Fréquence Hz	Amplitude d'accélération m/s^2				
	Amortissement 1 %	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,1	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
0,3	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6
0,5	3,0	2,6	1,8	1,4	0,8
1	5,9	5,1	3,2	2,3	1,6
2,4	9,8	8,5	5,1	3,8	2,9
9	9,8	8,5	5,1	4,2	3,6
20	4,4	4,5	4,1	3,8	3,1
25,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
35	3,0	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/s^2 .

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

**Figure 2 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol –
Niveau de qualification: AF3: ZPA = 3 m/s^2 (0,3 g)**

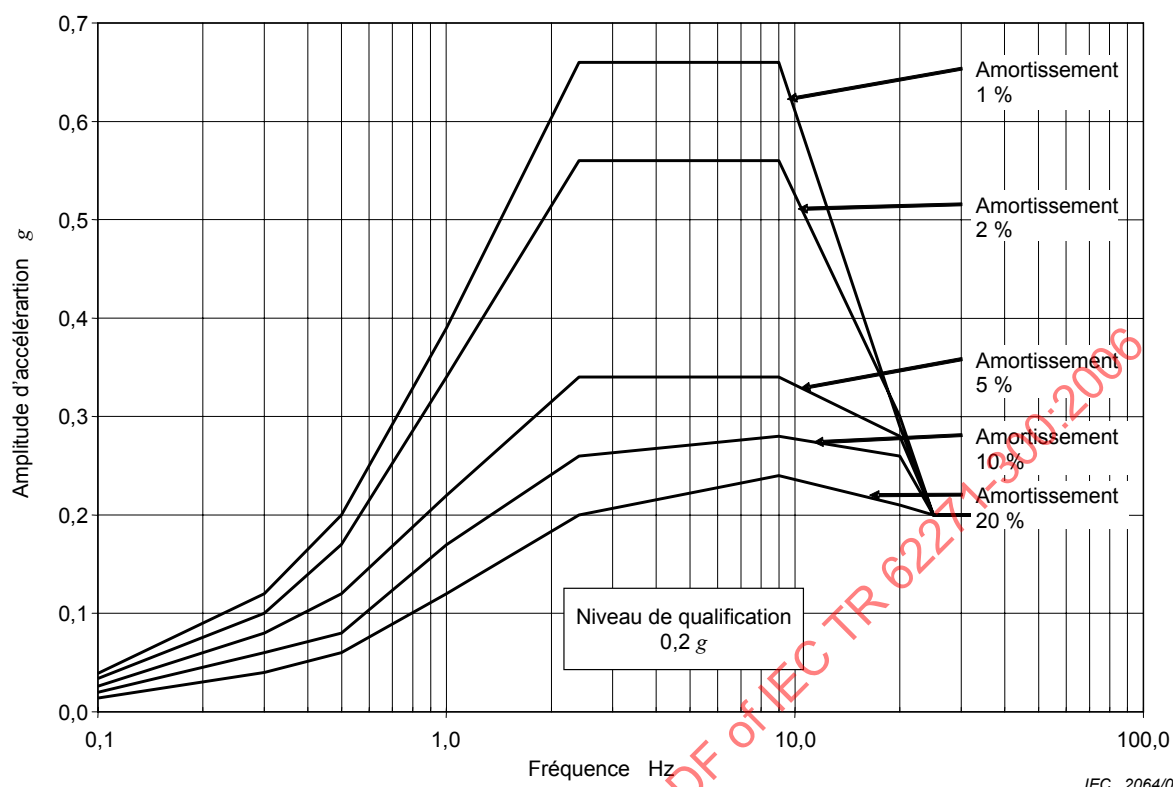


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²				
	Damping 1 %	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,1	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
0,3	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6
0,5	3,0	2,6	1,8	1,4	0,8
1	5,9	5,1	3,2	2,3	1,6
2,4	9,8	8,5	5,1	3,8	2,9
9	9,8	8,5	5,1	4,2	3,6
20	4,4	4,5	4,1	3,8	3,1
25,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
35	3,0	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 circuit-breaker and their assemblies –
Qualification level: AF3: ZPA = 3 m/s² (0,3 g)**

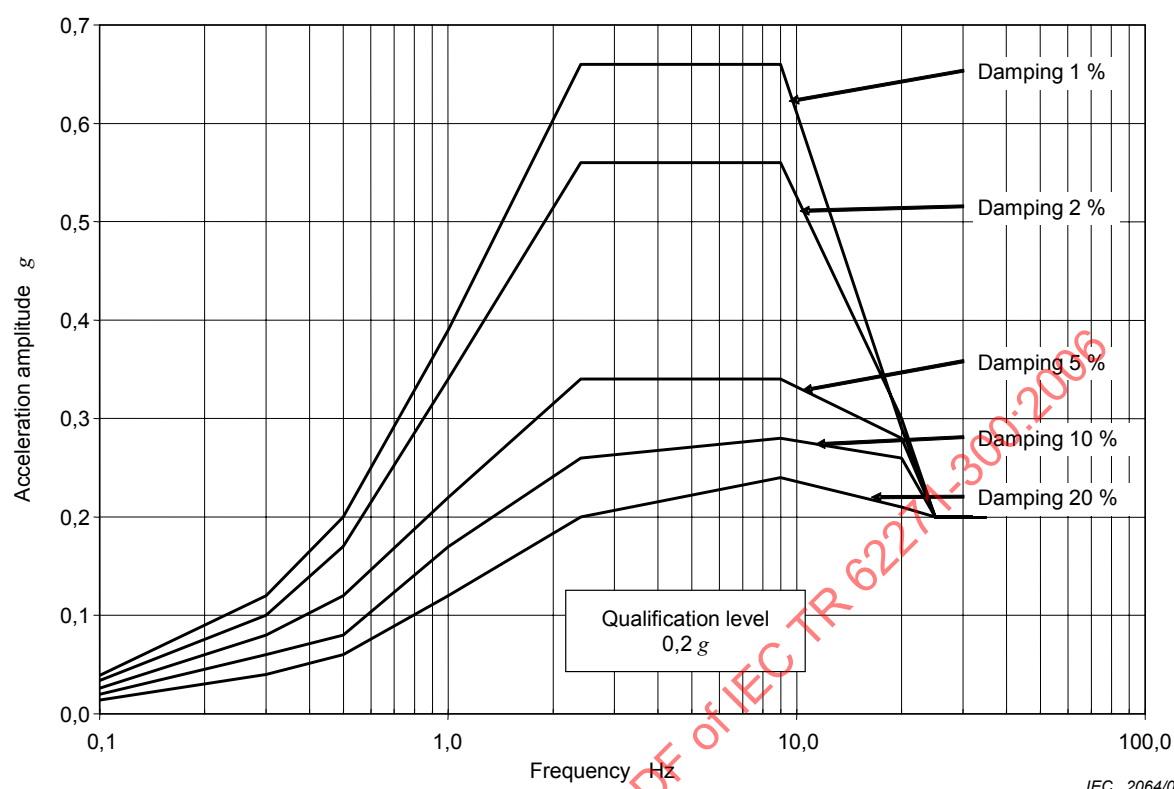


Fréquence Hz	Amplitude d'accélération m/s^2				
	Amortissement 1 %	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,1	0,39	0,34	0,26	0,20	0,14
0,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4
0,5	2,0	1,7	1,2	0,8	0,6
1	3,9	3,4	2,2	1,7	1,2
2,4	6,6	5,6	3,4	2,6	2,0
9	6,6	5,6	3,4	2,8	2,4
20	2,9	3,0	2,8	2,6	2,1
25,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
35	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

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

**Figure 3 – RRS pour disjoncteurs et leurs assemblages montés au sol –
Niveau de qualification: AF2: ZPA = 2 m/s^2 (0,2 g)**

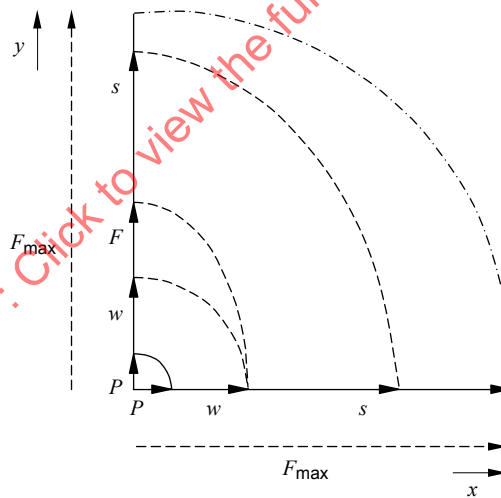
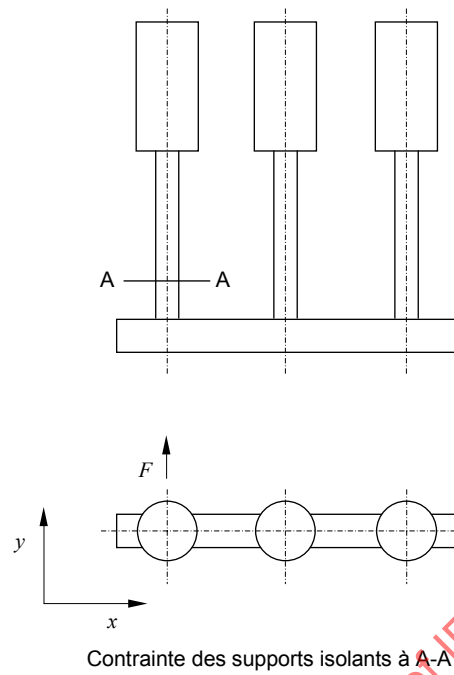


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s^2				
	Damping 1 %	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,1	0,39	0,34	0,26	0,20	0,14
0,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4
0,5	2,0	1,7	1,2	0,8	0,6
1	3,9	3,4	2,2	1,7	1,2
2,4	6,6	5,6	3,4	2,6	2,0
9	6,6	5,6	3,4	2,8	2,4
20	2,9	3,0	2,8	2,6	2,1
25,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
35	2,0	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 .

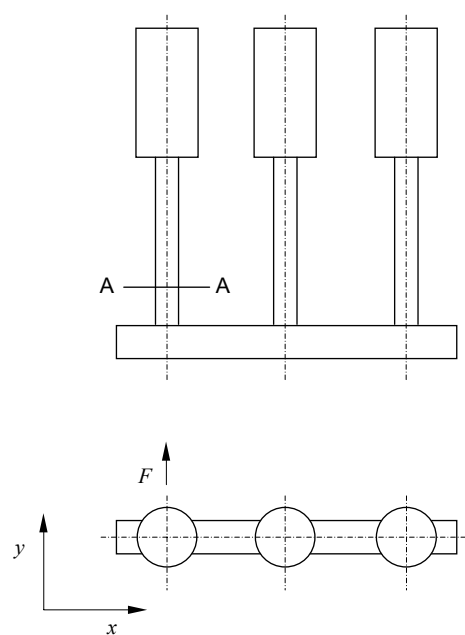
NOTE According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

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

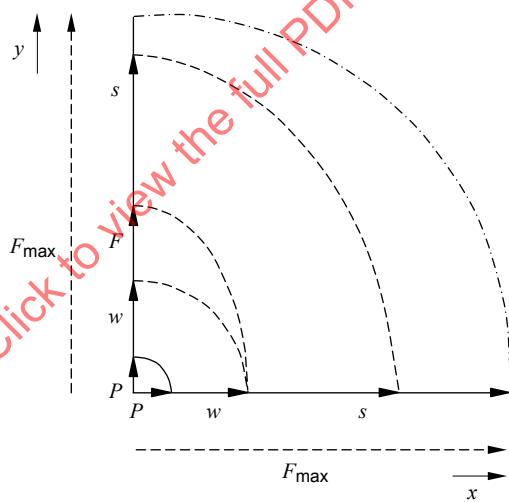


Contraintes dues à:	
P	pression interne
w	pression du vent sur le disjoncteur
F	effort statique sur les bornes
s	force sismique
$F_{\max}$	contrainte maximale de flexion admissible

Figure 4 – Exemple de combinaison des contraintes



Post insulator stress at A-A



IEC 2065/06

Stresses due to:	
P	internal pressure
w	wind pressure on the circuit-breaker
F	static terminal load
s	seismic force
$F_{\max}$	maximum permissible bending stress

Figure 4 – Example for combination of stresses

Annexe A (informative)

Caractérisation du disjoncteur

A.1 Excitation à bas niveau

La méthode utilise l'application d'une excitation à bas niveau du disjoncteur pour déterminer les réponses propres du disjoncteur.

A.2 Méthode d'essai

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

Les renseignements acquis par les capteurs placés sur le disjoncteur peuvent être utilisés pour analyser sa tenue dynamique.

A.2.1 Calcul

Les fonctions de réponse en fréquence obtenues à partir de l'essai peuvent être utilisées pour déterminer les fréquences modales et les facteurs d'amortissement utilisables dans le calcul du comportement dynamique du disjoncteur. Cette méthode fournit un grand degré de certitude dans le calcul puisque le modèle analytique est affiné pour reproduire les fréquences propres mesurées et des facteurs d'amortissement expérimentaux.

A.2.2 Qualification

Cette méthode convient pour qualifier un disjoncteur de deux façons possibles, à savoir:

- le disjoncteur peut être excité à un niveau au moins égal à la réponse attendue du séisme pris en compte pour sa conception, à l'aide de calculs pour justifier l'excitation;
- les résultats d'essai de fréquences modales peuvent être utilisés dans un modèle mathématique pour vérifier sa tenue.

La première méthode est basée sur l'équivalence entre les effets dus à l'excitation du sol (séisme) et ceux dus à l'excitation par l'effort concentré en un point. L'équivalence est acquise si le disjoncteur répond par les mêmes mouvements relatifs dans les deux cas.

A.3 Essai d'oscillation libre

Les essais d'oscillation libre peuvent être utilisés pour l'identification du comportement dynamique d'un disjoncteur qui peut être modélisé par un système à un seul degré de liberté.

A.3.1 Détermination de la fréquence propre

Pour déterminer sa fréquence propre (premier mode de vibration), il convient que le disjoncteur complètement monté comme en service soit fixé à des fondations rigides par les moyens prévus à sa conception. Il convient d'appliquer un effort de traction de 1 500 N sur la borne supérieure du disjoncteur dans l'axe où la plus grande amplitude de vibration est probable. Il convient que les oscillations du disjoncteur apparaissant après l'annulation brusque de la force de traction soient soigneusement enregistrées.

Annex A (informative)

Characterisation of the circuit-breaker

A.1 Low level excitation

The method exploits the application of a low-level excitation of the circuit-breaker for the determination of the natural response of the circuit-breaker.

A.2 Test method

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

The data obtained from the monitoring instruments placed on the circuit-breaker may be used to analyze the circuit-breaker's dynamic performance.

A.2.1 Analysis

The frequency response functions obtained from the test can be used to determine the modal frequencies and damping ratios which may be used in a dynamic analysis of the circuit-breaker. 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.2.2 Qualification

This method can adequately qualify the circuit-breaker in either of two ways, namely:

- the circuit-breaker can be excited to a level at least equal to the expected response from a design earthquake, using analysis to justify the excitation;
- the test data on modal frequencies can be used in a mathematical model to verify performance.

The first method is based upon the equivalence between the effects due to the base excitation (earthquake) and the concentrated force excitation. The equivalence is obtained if the circuit-breaker responses give the same relative displacements in the two cases.

A.3 Free oscillation test

Free oscillation tests may be used for the identification of the dynamic behaviour of a circuit-breaker that can be modeled as a single degree of freedom system.

A.3.1 Natural frequency determination

To determine the natural frequency (first vibration mode) of the circuit-breaker, the circuit-breaker, fully furnished for service, should be fixed to a rigid foundation by the means provided for in its design. A tensile force of 1 500 N should be applied to the upper terminal of the circuit-breaker along the direction of maximum probable amplitude. The oscillations of the circuit-breaker should be recorded when this force is suddenly released.

NOTE Si la force de 1 500 N ne fournit pas de résultats satisfaisants, il convient que la force appliquée soit augmentée à une valeur représentant environ un tiers de la charge de rupture garantie (flexion) du support isolant ou de la traversée.

A.3.2 Détermination du facteur d'amortissement

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

L'amortissement χ peut être calculé à partir de l'enregistrement à l'aide de l'équation suivante:

$$\chi = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{n} \times \ln \frac{Y_1}{Y_{n+1}}$$

Pour l'explication de Y_1 et Y_{n+1} , se reporter à la Figure A.1.

A.3.3 Cas particuliers de détermination de fréquence propre et de facteur d'amortissement

Lorsque le disjoncteur comprend différents éléments susceptibles de vibrer, il convient d'effectuer les essais de A.2.1 et de A.2.2 en appliquant un effort de traction à chacune des différentes masses soumises aux vibrations et en enregistrant simultanément les oscillations des points ayant les plus grandes amplitudes, tout en essayant de détecter tous les premiers modes d'oscillation de l'ensemble. Dans de tels cas, il est possible que l'enregistrement des oscillations d'un élément soit perturbé par les oscillations d'un autre élément de fréquence proche. Dans ce cas, il convient que le facteur d'amortissement soit déterminé au moyen du croquis à la partie supérieure de la Figure A.1.

NOTE If the force of 1 500 N does not provide satisfactory results, the applied force should be increased to a value representing approximately one-third of the guaranteed failing load (bending) of the post insulator or bushing.

A.3.2 Damping ratio determination

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

To damping χ can be calculated from the recording using the following equation:

$$\chi = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{n} \times \ln \frac{Y_1}{Y_{n+1}}$$

For the explanation of Y_1 and Y_{n+1} there is referred to Figure A.1.

A.3.3 Special cases in the natural frequency and damping ratio determination

When the circuit-breaker consists of different elements, each one susceptible to vibration, the tests in A.2.1 and A.2.2 should be made by applying tensile force to 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 first 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 nearby frequency, in which case the determination should be made as described in the sketch of the top of Figure A.1.