

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
721-2-6**

Première édition
First edition
1990-12

Classification des conditions d'environnement

Partie 2:

Conditions d'environnement présentes dans la nature – Vibrations et chocs sismiques

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 721-2-6: 1990

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
721-2-6

Première édition
First edition
1990-12

Classification des conditions d'environnement

Partie 2:

Conditions d'environnement présentes dans la nature – Vibrations et chocs sismiques

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Référence normative	8
3 Généralités	8
4 Echelles sismiques	12
5 Description de l'environnement sismique par les spectres de réponse	16
6 Carte des zones de séismes	16
 FIGURES	 18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative reference	9
3 General	9
4 Seismic scales	13
5 Description of the seismic environment by response spectra	17
6 Earthquake zone map	17
FIGURES	18

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature -
Vibrations et chocs sismiques

AVANT-PROPOS

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

La présente partie de la Norme internationale CEI 721 a été établie par le Comité d'Etudes n° 75 de la CEI: Classification des conditions d'environnement.

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
75(BC)58	75(BC)60

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

Il est à noter que la présente publication constitue une partie d'une série consacrée aux sujets suivants:

- Agents d'environnement et leurs sévérités (CEI 721-1)
- Conditions d'environnement présentes dans la nature (CEI 721-2)
- Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités (CEI 721-3)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Part 2: Environmental conditions appearing in nature -
Earthquake vibration and shock

FOREWORD

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

This part of International Standard IEC 721 has been prepared by IEC Technical Committee No. 75: Classification of environmental conditions.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
75(C0)58	75(C0)60

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

It should be noted that this part is one of a series dealing with the following subjects:

- Environmental parameters and their severities (IEC 721-1)
- Environmental conditions appearing in nature (IEC 721-2)
- Classification of groups of environmental parameters and their severities (IEC 721-3)

INTRODUCTION

La présente partie de CEI 721 est destinée à servir de base lorsqu'on choisit les sévérités appropriées des agents relatifs aux tremblements de terre pour les applications d'un produit. Il convient d'appliquer les sévérités données dans la CEI 721-1.

Des informations plus détaillées peuvent être trouvées dans la documentation spécialisée dont une liste est donnée dans la bibliographie figurant dans l'ISO 6258: 1985, Centrales nucléaires - Conception antisismique.

INTRODUCTION

This part of IEC 721 is intended to be used as background material when selecting appropriate severities of parameters relating to earthquakes for product application. Severities given in IEC 721-1 should be applied.

More detailed information may be obtained from specialist documentation, some of which is given in the bibliography in ISO 6258: 1985, Nuclear power plants - Design against seismic hazards.

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature - Vibrations et chocs sismiques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 721 traite des conditions d'environnement dans la nature, concernant des vibrations et des chocs sismiques.

Elle a pour objet de définir des propriétés fondamentales et des grandeurs de caractérisation des tremblements de terre comme base pour les sévérités auxquelles les produits sont susceptibles d'être exposés durant leur stockage ou leur utilisation. Les accélérations proposées ne concernent que les conditions à la surface du sol. Les conditions correspondant aux structures sont signalées mais leurs descriptions sont limitées aux cas généraux.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 721. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur cette partie de la CEI 721 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 721-1: 1990, Classification des conditions d'environnement - Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités.

3 Généralités

Les effets des tremblements de terre sont des vibrations qui peuvent être modélisées comme des processus aléatoires. Elles peuvent affecter les produits et leur imposer des contraintes de diverses façons.

Cet article est destiné à fournir des informations sur le comportement des tremblements de terre et sur le fonctionnement des produits pendant les tremblements de terre. Les valeurs numériques proposées sont des valeurs caractéristiques et illustratives qu'il convient de ne pas prendre pour des valeurs normalisées.

3.1 *Origine et propagation des tremblements de terre*

Un tremblement de terre se produit lorsque des contraintes se sont accumulées à tel point qu'elles provoquent une rupture de l'écorce terrestre. Ces instabilités sont situées dans ce que l'on appelle des zones d'activité sismique, liées à des séries d'accidents géologiques tels que: dépression, crêtes océaniques, chaînes de montagne, volcans, sillons océaniques, anomalies tectoniques.

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Part 2: Environmental conditions appearing in nature - Earthquake vibration and shock

1 Scope and object

This part of IEC 721 deals with environmental conditions appearing in nature, and in particular related to earthquake vibration and shock.

Its object is to define some fundamental properties and quantities for characterization of earthquakes as background material for the severities to which products are liable to be exposed during storage and use. Accelerations given are for ground surface conditions only. Conditions related to structures are referred to but restricted to general case descriptions.

2 Normative reference

The following standard contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 721. At the time of publication, the edition indicated was valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 721 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the standard indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 721-1: 1990, Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities.

3 General

Influences from earthquakes are vibrations which may be modelled as stochastic processes, and can affect products and provide stress in many ways.

This clause is intended to provide information on earthquake behaviour, and on the dynamic performance of products during earthquakes. Numerical values given are typical and illustrative but should not be considered as standard.

3.1 *Earthquake origin and propagation*

An earthquake occurs when stresses have accumulated to such a degree that they cause the breaking of the earth's crust. These instabilities are located in areas known as active seismic zones, in connection with a series of geological accidents such as troughs, oceanic ridges, mountain ranges, volcanoes, ocean trenches, tectonic faults.

Cette rupture brutale libère une énergie potentielle de déformation qui se propage à partir de son hypocentre sous la forme de trois ondes fondamentales caractéristiques dont les vitesses de déplacement sont différentes:

- des ondes longitudinales de volume qui compriment puis dilatent les roches dans la direction de leur propagation;
- des ondes transversales qui cisailent les roches par distorsion perpendiculairement au sens de leur propagation;
- des ondes de surface qui sont une combinaison des deux précédentes et qui sont soumises aux conditions limites de surface.

3.2 *Comportement des tremblements de terre*

Les tremblements de terre produisent des mouvements aléatoires du sol caractérisés par des déplacements verticaux et horizontaux qui tout en étant simultanés sont statistiquement indépendants. Un tremblement de terre peut durer de 15 s à 30 s; s'il est intense, il peut durer de 60 s à 120 s. En général, la partie forte, durant laquelle l'accélération au sol est la plus élevée, peut durer jusqu'à 10 s. Le mouvement caractéristique aléatoire à bande large présente un maximum d'énergie dans une gamme de fréquences comprise entre 1 Hz et 35 Hz et provoque les effets les plus destructifs entre 1 Hz et 10 Hz. Il est habituellement admis que la valeur de la composante verticale du mouvement du sol est comprise entre 67 % et 100 % de la valeur de sa composante horizontale en dessous de 3,5 Hz et lui est égale au-dessus de 3,5 Hz.

NOTE - L'accélération maximale est généralement utilisée lors de la conception des produits pour traduire "la force" d'un tremblement de terre en un site particulier.

3.3 *Matériels installés sur des fondations*

Les spectres de réponse types à bande large qui décrivent les mouvements du sol indiquent qu'une excitation multifréquentielle prédomine. Le mouvement vibratoire du sol (à la fois horizontal et vertical) peut être amplifié lorsque le matériel est monté sur un support solidaire de la fondation. Pour un mouvement de sol donné, l'amplification dépend des caractéristiques vibratoires du système (sol, fondation et matériel) et des mécanismes d'amortissement.

3.4 *Matériels installés dans des bâtiments et des structures*

Les mouvements du sol (principalement le mouvement horizontal) peuvent être filtrés et amplifiés par les structures intermédiaires des bâtiments pour provoquer au niveau des planchers des mouvements sinusoïdaux d'amplitude variable. Les spectres de réponse types à bande étroite qui décrivent les mouvements des planchers d'un bâtiment indiquent qu'une excitation à fréquence unique peut prédominer. La réponse dynamique des matériels installés sur les planchers peut atteindre une accélération égale à plusieurs fois l'accélération maximale au sol. Elle dépend du mode d'amortissement et des fréquences caractéristiques des vibrations. L'amplification et la largeur de bande dépendent des caractéristiques de la réponse dynamique de la structure de chaque bâtiment et de chaque matériel. Les matériels sensibles aux fréquences comprises entre 5 Hz et 8 Hz seront très probablement affectés par ces phénomènes.

The sudden breaking releases potential energy deformation which will spread from the hypocentre in the form of three typical basic waves with different speeds:

- longitudinal volume waves which compress and expand the rock in the propagation direction;
- transversal waves which shear the rock by distortion, perpendicular to the propagation;
- surface waves which are a combination of the two previous ones and subject to surface limit conditions.

3.2 *Earthquake behaviour*

Earthquakes produce random ground motions which are characterized by simultaneous but statistically independent horizontal and vertical components. A moderate earthquake may persist for 15 s to 30 s; a severe earthquake for 60 s to 120 s. In general, the strong part with the highest ground acceleration may last up to 10 s. The typical broadband random motion has its maximum energy over a frequency range from 1 Hz to 35 Hz, and produces more damaging effects from 1 Hz to 10 Hz. Usually the vertical component of the ground motion is assumed to be between 67 % and 100 % of the horizontal below 3,5 Hz and equal to the horizontal above 3,5 Hz.

NOTE - Maximum acceleration is commonly used in design to reflect earthquake "strength" at a particular site.

3.3 *Products on foundations*

The typical broadband spectra which describe the ground motion indicate that multiple frequency excitation predominates. The vibration nature of the ground motion (both horizontal and vertical) can be magnified in foundation-mounted products. For any given ground motion, the magnification depends on the characteristic frequencies of vibration of the system (soil, foundation and product) and on the mechanism of damping.

3.4 *Products in buildings and structures*

The ground motion (mainly horizontal) may be filtered and amplified by intervening building structures to produce fluctuating sinusoidal floor motions. The typical narrowband spectra which describe a building floor motion indicate that single frequency excitation can predominate. The dynamic response of floor-mounted products may reach an acceleration many times that of the maximum ground acceleration, depending on the system damping and characteristic frequencies of vibration. The magnification and bandwidth depend on the dynamic response characteristics of each building and product structure. Products sensitive to frequencies ranging from 5 Hz to 8 Hz are most likely to be affected.

4 Echelles sismiques

En sismologie, les tremblements de terre sont classés à l'aide d'échelles différentes selon leur intensité ou leur magnitude.

Les échelles d'intensité (par exemple l'échelle MSK modifiée ou l'échelle MERCALLI - CANCANI - SIEBERG) sont établies empiriquement et elles classent les tremblements de terre par degrés d'intensité en fonction de leurs effets (voir tableau 1).

Les échelles de magnitude (par exemple l'échelle de RICHTER) sont basées sur des valeurs enregistrées et évaluent l'énergie sismique libérée à la source d'un tremblement de terre.

Une correspondance approximative peut être donnée entre ces échelles et certaines valeurs de l'accélération au sol. Leur utilisation pour fixer des valeurs d'essai est limitée.

La relation entre l'échelle MERCALLI modifiée et l'accélération au sol est donnée dans le tableau 1; ce sont des approximations. Les niveaux d'accélération donnés dans le tableau 1 correspondent à des valeurs au niveau du sol. La relation entre l'échelle MERCALLI modifiée et la valeur de l'accélération subie par les matériels ne peut être donnée que d'une manière approchée en prenant en considération les conditions suivantes:

- la nature du sol ou de la roche (leur saturation en eau incluse);
- la distance par rapport au centre d'activité du tremblement de terre;
- les caractéristiques de la structure dans laquelle se trouve le produit ou de la fondation sur laquelle il est fixé.

Une indication approximative de la correspondance entre une échelle d'intensité et une échelle de magnitude est donnée dans le tableau 2 où l'échelle de magnitude de RICHTER a été alignée avec le tableau 1. Il convient d'observer que la correspondance entre les échelles est limitée par les effets suivants:

- la nature du sol ou des roches du lieu;
- la profondeur du foyer du tremblement de terre;
- la durée d'activité du tremblement de terre.

4 Seismic scales

In seismology, earthquakes are classified with the aid of various scales according to their intensity or magnitude.

Intensity scales (e.g. the modified MSK scale or MERCALLI - CANSANI - SIEBERG scale) are determined empirically and classify earthquakes in degrees of intensity according to their effects (see table 1).

Magnitude scales (e.g. the RICHTER scale) are based on recorded values and assess the seismic energy released at the source of an earthquake.

These scales may roughly correspond with certain values of ground acceleration; their use for establishing test values is limited.

The relationship between the modified MERCALLI scale and ground acceleration is given in table 1 as approximations. The acceleration levels given in table 1 are for ground surface conditions. The relationship between the modified MERCALLI scale and the acceleration level on products can only be approximated on account of the following factors:

- the soil or rock conditions (including water saturation);
- the proximity to the earthquake activity;
- the conditions of the structure or base of the product.

An approximate indication of the relationship between an intensity scale and a magnitude scale is given in table 2 where the RICHTER magnitude scale has been aligned with table 1. It should be observed that the relationship between the scales is limited by the following effects:

- the soil or rock base at the location;
- the focal depth of the earthquake;
- the duration of the earthquake activity.

Tableau 1 - Niveaux d'intensité des tremblements de terre

Echelle MERCALLI modifiée		Valeurs approxi- matives du niveau d'accélé- ration m/s ²	Zone sis- mique Voir note
1	Secousse non ressentie	2	0
2	Secousse ressentie par des personnes au repos ou dans les étages supérieurs		
3	Balancement des objets suspendus Légères vibrations		
4	Vibrations ressenties comme celles provoquées par le passage de camions lourds Tremblement des vitres et de la vaisselle Balancement des voitures à l'arrêt		
5	Secousse ressentie à l'extérieur des bâtiments Réveil des dormeurs Chute de petits objets Déplacements des tableaux	3	1
6	Secousse ressentie par tout le monde Meubles déplacés Dégâts: bris de verre, chute de marchandises des étagères, fentes dans les enduits		
7	Secousse ressentie dans les véhicules en mouvement Perte d'équilibre pour une personne debout Les cloches des églises sonnent Dégâts: bris de cheminées et d'ornements architecturaux, chute de plâtre, bris de meubles, fissures profondes dans les enduits et les maçonneries, quelques effondrements de maison en briques crues	3	2
8	Difficultés de conduite pour les véhicules en mouvement Branches d'arbres brisées Crevasses dans les sols détrempés Destructions: châteaux d'eau, monuments, maisons en briques crues Dégâts bénins à importants: constructions en briques, maisons démontables (quand elles sont mal ancrées aux fondations), ouvrages d'irrigation, digues		
9	"Cratères de sable" dans les sols sablonneux et détrempés des villes Glissements de terrain. Fissuration du sol Destructions: maçonneries non renforcées en briques Dégâts bénins ou importants: structures en béton insuffisamment armé, tuyauteries enterrées	5	3 et 4
10	Glissements de terrain et destruction du sol importants Destructions: ponts, tunnels, quelques structures en béton armé Dégâts bénins à importants: la plupart des immeubles, barrages, voies de chemin de fer		
11	Déformation permanente du sol		
12	Destruction presque totale		
NOTE - La zone spécifiée indique l'occurrence attendue d'un niveau d'intensité sur une période de 50 ans (voir figure 5).			

Tableau 2 - Valeurs approximatives de l'échelle de magnitude de RICHTER

0 - 2
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
5 - 7
6 - 8
7 - 9
8 ou au-dessus

Table 1 - Earthquake intensity levels

Modified MERCALLI scale		Approximate acceleration level m/s ²	Seismic zone See note
1	Not felt	2	0
2	Felt by persons at rest or on upper floors		
3	Hanging objects swing Light vibrations		
4	Vibrations as from heavy trucks Windows and dishes rattle Standing cars rock		1
5	Felt outdoors Sleepers awakened Small objects fall Pictures move		
6	Felt by everybody Furniture displaced Damage: broken glassware, merchandise falls off shelves, cracks in plaster		
7	Felt in moving cars Loss of balance while standing Church bells ring Damage: broken chimneys and architectural ornaments, fall of plaster, broken furniture, widespread cracks in plaster and masonry, some collapse in adobe houses	3	2
8	Steering trouble in moving cars Tree branches broken off Cracks in saturated soils Destruction: elevated water tanks, monuments, adobe houses Severe to mild damage: brick constructions, frame houses (when unsecured to foundation), irrigation works, embankments		
9	"Sand craters" in saturated city sands Landslides. Cracking ground Destruction: unreinforced brick masonry Severe to mild damage: inadequately reinforced concrete structures, underground pipes	5	3 and 4
10	Widespread landslides and soil damage Destruction: bridges, tunnels, some reinforced concrete structures Severe to mild damage: most buildings, dams, railway tracks		
11	Permanent ground distortion		
12	Almost total destruction		
NOTE - The assigned zone indicates the expected occurrence of the intensity level during a 50-year period (see figure 5).			

Table 2 - Approximate RICHTER scale magnitude

0 - 2
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
5 - 7
6 - 8
7 - 9
8 or more

5 Description de l'environnement sismique par les spectres de réponse

5.1 Spectre de réponse

Une description plus précise de l'environnement sismique, en particulier pour les essais, peut être obtenue par l'utilisation de spectres de réponse. Dans un spectre de réponse, la réponse maximale d'une famille d'oscillateurs, dotés chacun d'un seul degré de liberté à amortissement visqueux fixé, est représentée comme une fonction de la fréquence caractéristique de ces oscillateurs lorsqu'ils sont soumis à l'accélération du mouvement du sol causé par le tremblement de terre. (On peut noter que le spectre de réponse n'est pas un spectre selon l'acception exacte du terme.)

Un exemple d'enregistrement de l'accélération (en temps réel) d'un tremblement de terre est donné en figure 1.

La figure 2 représente une modélisation d'un spectre de réponse. La réponse des oscillateurs, dont chacun possède une fréquence caractéristique déterminée f_{ri} ($i = 1$ à n) et un amortissement constant, à l'amplitude de l'oscillation initiale est enregistrée. L'amplitude de la réponse d'un oscillateur sera d'autant plus grande qu'il est excité plus longuement et plus fortement à sa fréquence caractéristique.

5.2 Spectre de réponse fondamental

Lorsqu'un accélérogramme des mouvements du sol a été enregistré sur le site d'un tremblement de terre, ou près de celui-ci, on l'utilise pour établir un spectre de réponse. Par des modifications (contrôlées) de sa forme, on peut en déduire un spectre de réponse fondamental qui représente l'excitation sismique du tremblement de terre (figure 3).

Un nombre significatif de spectres de réponse fondamentaux obtenus par l'observation de plusieurs tremblements de terre représente la contrainte sismique prévisible du site ou de la zone.

5.3 Spectre de réponse spécifié

La courbe enveloppe des spectres de réponse fondamentaux est appelée le spectre de réponse spécifié parce qu'elle représente les limites des conditions vibratoires auxquelles un matériel peut être exposé pendant des tremblements de terre sur un site donné ou dans une zone donnée. Des mises en oeuvre différentes des produits sur certains sites peuvent imposer l'utilisation de différents spectres de réponse spécifiés, modifiés pour tenir compte du comportement de leurs supports (structure du bâtiment, plancher, enveloppe, etc.). Le spectre de la figure 4 indique clairement la relation entre la fréquence, l'amplitude (déplacement, vitesse ou accélération) et l'amortissement à des fins d'essais.

6 Carte des zones de séismes

La carte mondiale de la figure 5 représente les différentes zones d'activité sismique indiquées dans le tableau 1.

5 Description of the seismic environment by response spectra

5.1 *Response spectrum*

A commonly accepted design description of the seismic environment specially for testing is the use of response spectra. In a response spectrum the maximum response of a family of oscillators, each having a single degree of freedom with fixed viscous damping, is represented as a function of the characteristic frequency of these oscillators when subjected to the acceleration of the ground movement caused by the earthquake. (It may be noted that a response spectrum is not a spectrum in its real meaning.)

In figure 1 an example of an acceleration record (natural time history) of a real earthquake is given.

Figure 2 shows a model for composing a response spectrum. The response to the initiating vibration amplitude of oscillators with a fixed characteristic frequency f_{ri} ($i = 1$ to n) and constant damping is registered. The response amplitude of an oscillator will be all the greater the longer and stronger it is excited at its characteristic frequency.

5.2 *Basic response spectrum*

If a ground motion time history has been recorded at the site of an earthquake, or near it, this is used to establish a response spectrum. By controlled shape changes one may deduce a basic response spectrum which reflects the seismic excitation of the earthquake (figure 3).

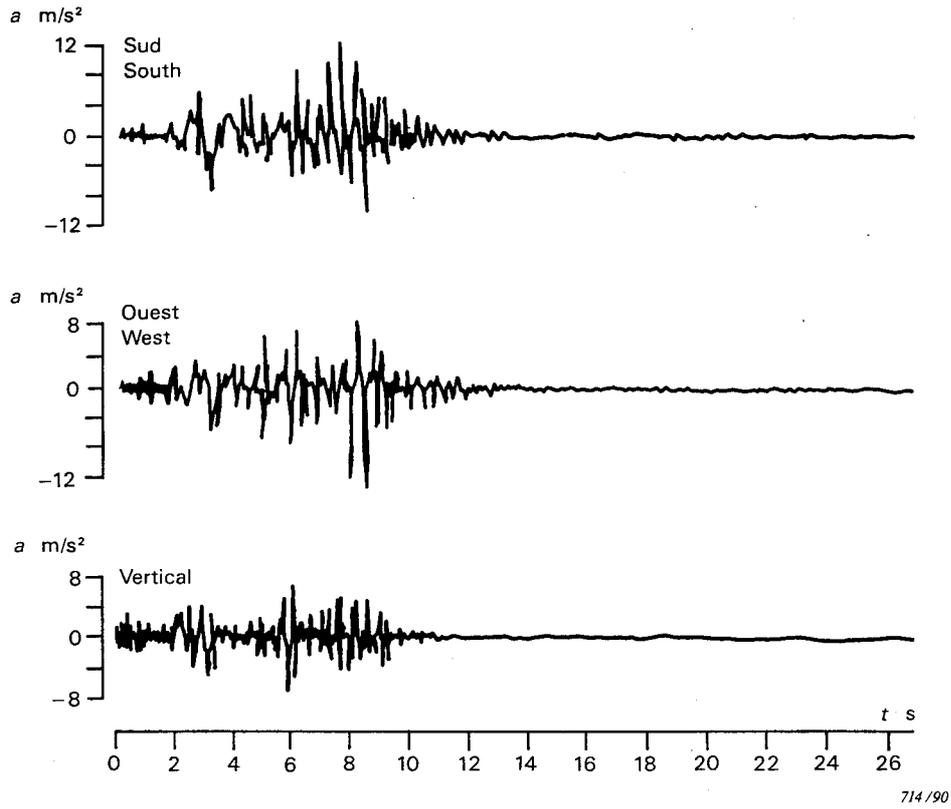
A representative number of basic response spectra determined from different earthquakes describes the anticipated seismic stress for the site or area.

5.3 *Required response spectrum*

An enveloping curve around the basic response spectra is termed a required response spectrum because it marks the limits of vibrational requirements made on an item to which the latter may be exposed at a given site or area during earthquakes. Different implementations of products at a certain site may lead to the use of different corrected required response spectra according to the behaviour of their support (building structure, floor, or enclosure, etc.). This spectrum (figure 4) indicates the relationship between the frequency, amplitude (displacement, velocity or acceleration) and damping for testing purposes.

6 Earthquake zone map

The different zones of earthquake activity as indicated in table 1 are shown on the world map in figure 5.



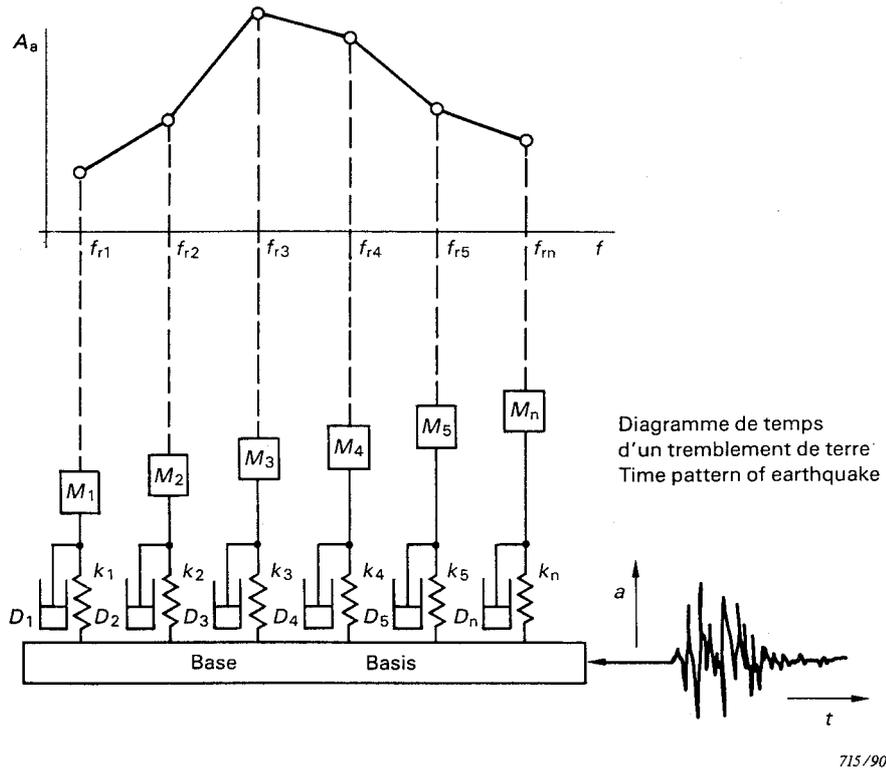
a = accélération
acceleration

t = temps
time

714/90

Figure 1 - Enregistrement d'accélération du tremblement de terre de San Fernando Valley (1971)

Acceleration record of the San Fernando Valley earthquake (1971)



715/90

a = amplitude de l'accélération initiale
initiating acceleration amplitude

f = fréquence
frequency

A_a = amplitude de l'accélération de la réponse
amplitude of response acceleration

k_i = raideur
stiffness

D_i = amortissement
damping

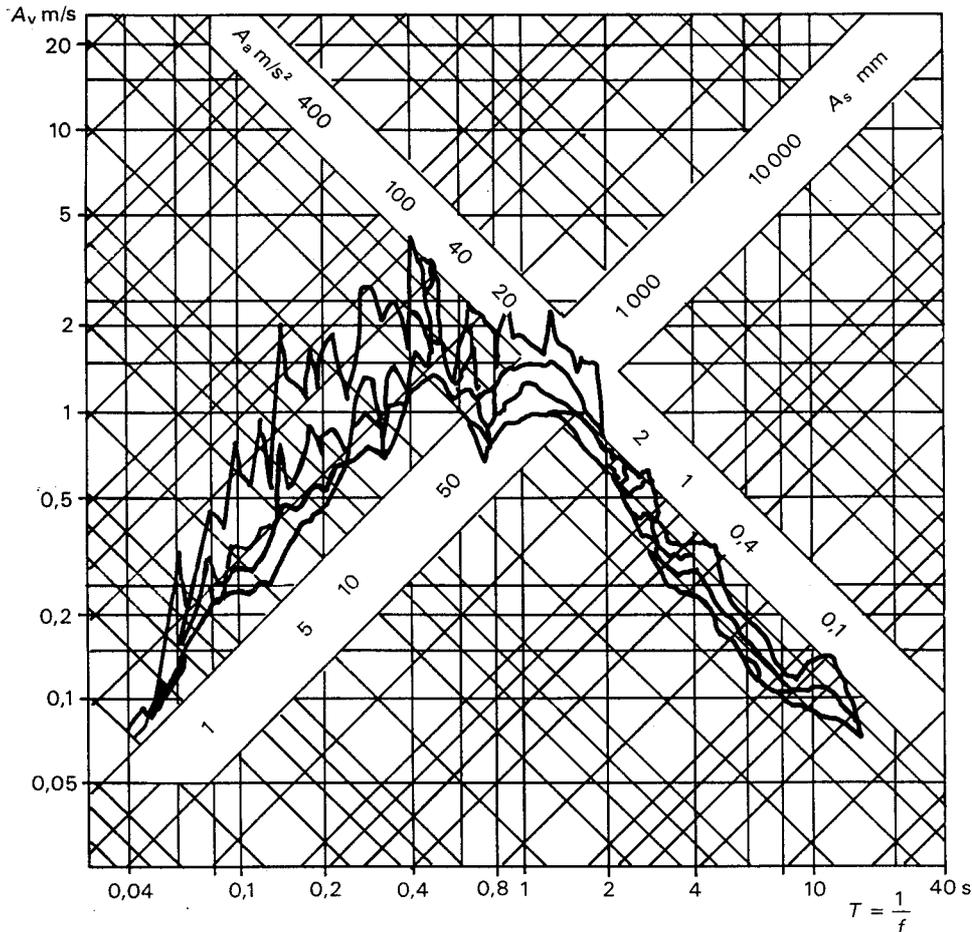
M_i = masse
mass

f_{ri} = fréquence propre d'oscillateurs distincts
natural frequency of distinct oscillators

t = temps
time

Figure 2 - Modélisation d'un spectre de réponse fondamental

Model for composing a basic response spectrum



716/90

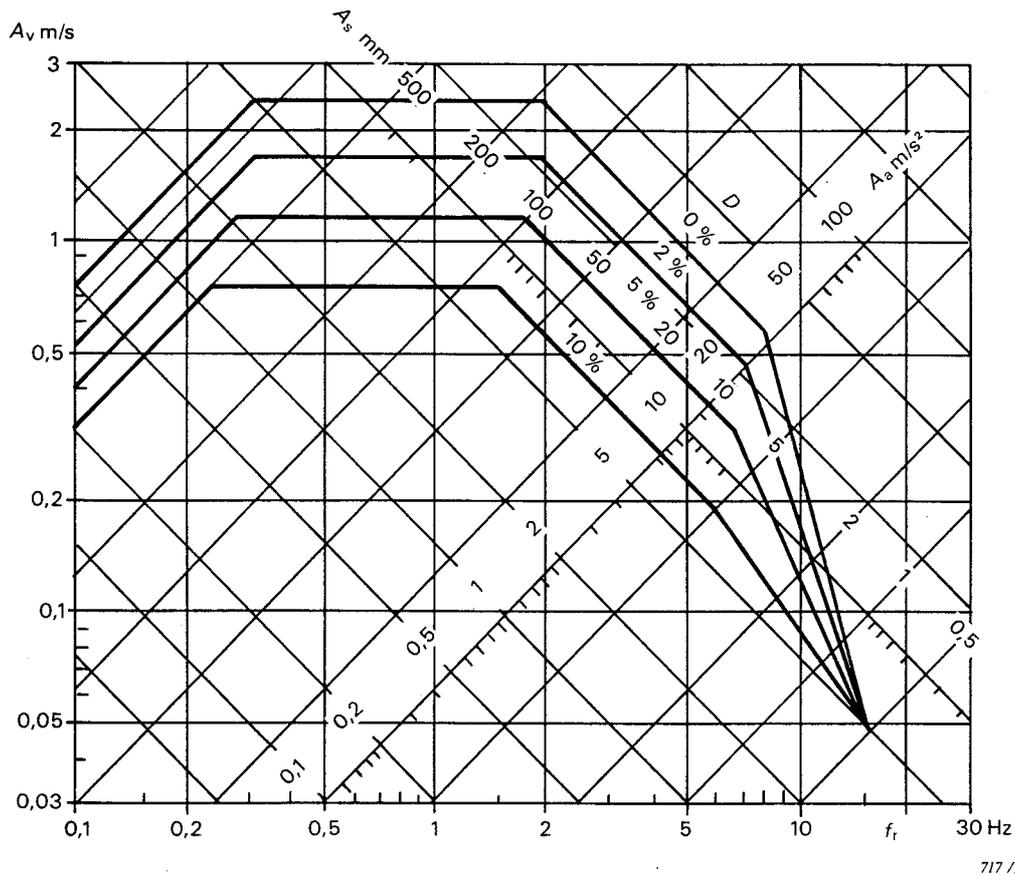
- A_a = amplitude de l'accélération de la réponse
amplitude of response acceleration
- A_s = amplitude du déplacement de la réponse
amplitude of response displacement
- A_v = amplitude de la vitesse de la réponse
amplitude of response velocity
- f = fréquence
frequency
- T = durée de la période (inverse de la fréquence)
duration of period (reciprocal of frequency)

NOTE - Les rapports entre vitesse, accélération et déplacement des figures 3 et 4 sont valables pour des valeurs d'amortissement faibles. Ils sont approximatifs et s'appliquent à la comparaison entre la réponse relative à la vitesse, la réponse absolue à l'accélération et la réponse relative au déplacement.

NOTE - The relationship between velocity, acceleration and displacement in figures 3 and 4 is valid for low damping values. It is approximate and applies to the comparison of relative velocity response, absolute acceleration response and relative displacement response.

Figure 3 - Spectre de réponse fondamental du tremblement de terre de San Fernando Valley (1971) (figure 1) pour des valeurs d'amortissement de 0, 2, 5 et 10 % (courbes du haut vers le bas)

Basic response spectrum of the San Fernando Valley earthquake (1971) (figure 1) for damping values 0, 2, 5 and 10 % (curves from top to bottom)



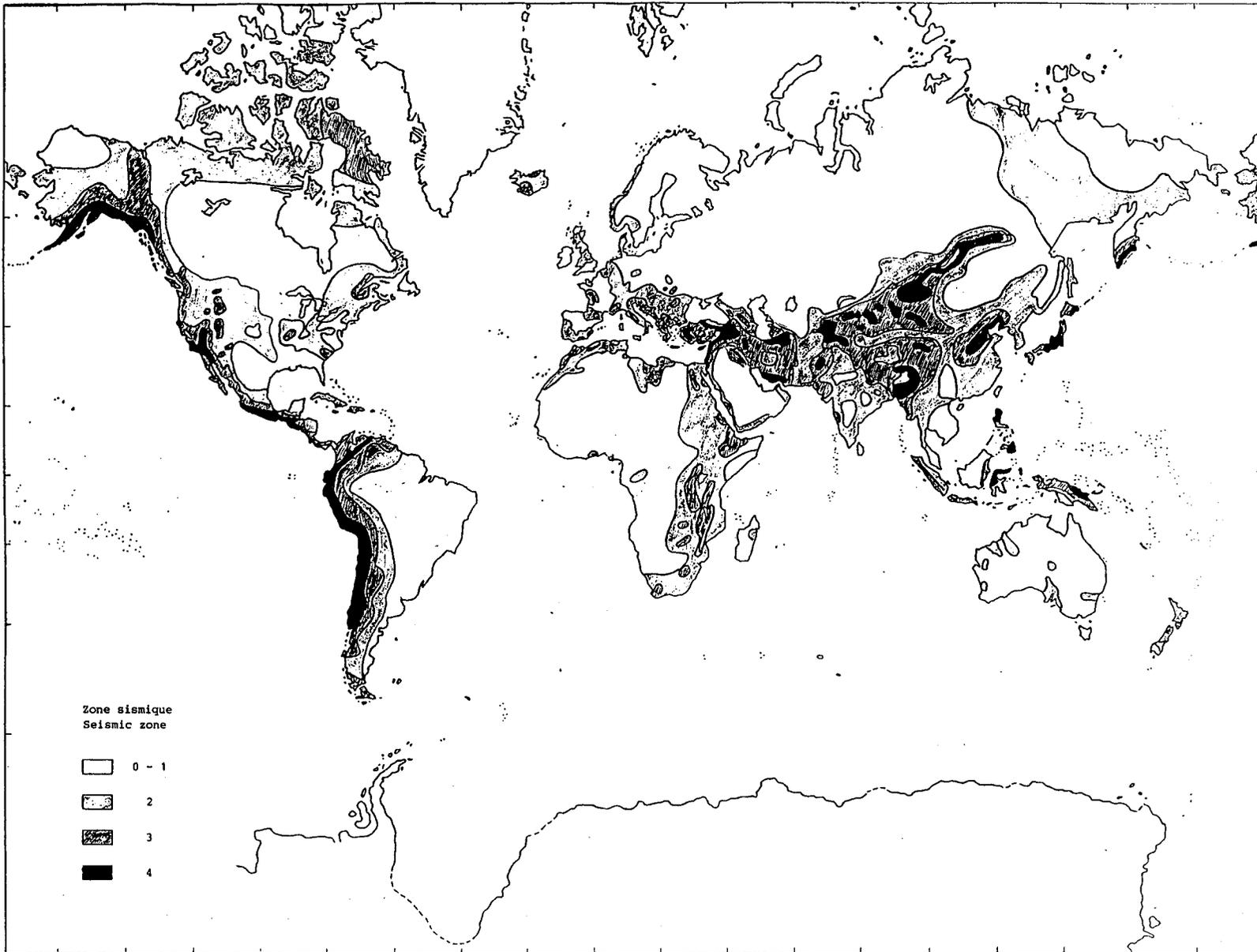
- A_a = amplitude de l'accélération de la réponse
amplitude of response acceleration
- A_s = amplitude du déplacement de la réponse
amplitude of response displacement
- A_v = amplitude de la vitesse de la réponse
amplitude of response velocity
- f = fréquence
frequency

NOTE - Les rapports entre vitesse, accélération et déplacement des figures 3 et 4 sont valables pour des valeurs d'amortissement faibles. Ils sont approximatifs et s'appliquent à la comparaison entre la réponse relative à la vitesse, la réponse absolue à l'accélération et la réponse relative au déplacement.

NOTE - The relationship between velocity, acceleration and displacement in figures 3 and 4 is valid for low damping values. It is approximate and applies to the comparison of relative velocity response, absolute acceleration response and relative displacement response.

Figure 4 - Exemple de spectre de réponse spécifié

Example of required response spectrum



Préparé par Mr. W. Hoppe. Source: Weltkarte der Naturgefahren, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1978

718/90

Figure 5 - Zones d'activité des tremblements de terre
Zones of earthquake activity

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 19.040
