

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
654-3**

Première édition
First edition
1983

**Conditions de fonctionnement pour
les matériels de mesure et commande
dans les processus industriels**

Troisième partie:
Influences mécaniques

**Operating conditions for industrial-process
measurement and control equipment**

Part 3:
Mechanical influences



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 654-3: 1983

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
654-3**

Première édition
First edition
1983

**Conditions de fonctionnement pour
les matériels de mesure et commande
dans les processus industriels**

Troisième partie:
Influences mécaniques

**Operating conditions for industrial-process
measurement and control equipment**

Part 3:
Mechanical influences

© CEI 1983 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

N

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités	8
4. Vibrations	8
4.1 Vibrations à basse fréquence	10
4.2 Vibrations à haute fréquence	10
4.3 Sévérité des vibrations	12
4.4 Classes de taux de présence des vibrations	14
5. Chocs	14
5.1 Méthode consistant à spécifier l'accélération et la durée	14
5.1.1 Accélération	16
5.1.2 Durée	16
5.2 Méthode de la chute libre	16
5.3 Fréquence d'apparition des chocs	18
6. Autres contraintes mécaniques	18
FIGURES	20
ANNEXE A - Effets des séismes (tremblements de terre)	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	9
4. Vibrations	9
4.1 Low-frequency vibrations	11
4.2 High-frequency vibrations	11
4.3 Vibrational severity	13
4.4 Vibration time classes	15
5. Shock	15
5.1 Acceleration and duration method	15
5.1.1 Acceleration	17
5.1.2 Duration	17
5.2 Free-fall method	17
5.3 Shock repetition rate	19
6. Other mechanical stresses	19
FIGURES	20
APPENDIX A - Seismic effects (earthquakes)	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT POUR LES MATÉRIELS DE
MESURE ET COMMANDE DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

Troisième partie: Influences mécaniques

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Elle constitue la troisième partie de la Publication 654 de la CEI.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Munich en 1973. D'autres projets furent discutés lors des réunions tenues à Moscou en 1975 et à Philadelphie en 1979. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 65(Bureau Central)22, fut soumis à l'approbation des Comités suivant la Règle des Six Mois en décembre 1980. Des modifications, document 65(Bureau Central)25, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en décembre 1981.

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

Afrique du Sud (République d')	Danemark	Royaume-Uni
Allemagne	Egypte	Suède
Australie	Finlande	Suisse
Autriche	France	Tchécoslovaquie
Belgique	Israël	Turquie
Brésil	Japon	Union des Républiques
Bulgarie	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Canada	Roumanie	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
- 68-2-6: Deuxième partie: Essais - Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales).
- 721-1: Classification des conditions d'environnement, Première partie: Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités.
- 721-3-2: Troisième partie: Application des paramètres classifiés du milieu et de leurs degrés de sévérité, article 2: Transport. (En préparation.)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPERATING CONDITIONS FOR INDUSTRIAL-PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL EQUIPMENT

Part 3: Mechanical influences

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 65: Industrial-process Measurement and Control.

It forms Part 3 of IEC Publication 654.

A first draft was discussed at the meeting held in Munich in 1973. Further drafts were discussed at the meetings held in Moscow in 1975 and in Philadelphia in 1979. As a result of this latter meeting, a draft, Document 65(Central Office)22, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1980. Amendments, Document 65(Central Office)25, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in December 1981.

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

Australia	Egypt	South Africa (Republic of)
Austria	Finland	Sweden
Belgium	France	Switzerland
Brazil	Germany	Turkey
Bulgaria	Israel	Union of Soviet
Canada	Japan	Socialist Republics
Czechoslovakia	Netherlands	United Kingdom
Denmark	Romania	Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 68: Basic Environmental Testing Procedures.
- 68-2-6: Part 2: Tests – Test Fc and Guidance: Vibration (Sinusoidal).
- 721-1: Classification of Environmental Conditions, Part 1: Classification of Environmental Parameters and their Severities.
- 721-3-2: Part 3: Application of Classified Environmental Parameters and Their Severities. Clause 2: Transportation. (In preparation.)

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT POUR LES MATÉRIELS DE MESURE ET COMMANDE DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

Troisième partie: Influences mécaniques

1. Domaine d'application

La troisième partie de la norme traite des conditions de fonctionnement spécifiques relatives aux vibrations, aux chocs, aux effets des séismes et aux contraintes mécaniques, auxquelles les systèmes de mesure et de commande dans les processus industriels ou les constituants de ces systèmes situés à terre ou en mer peuvent être exposés en cours de fonctionnement, de stockage ou de transport. Les conditions d'entretien et de réparation ne sont pas considérées dans cette troisième partie.

Les grandeurs d'influence traitées dans cette partie sont limitées à celles qui peuvent affecter directement le comportement des systèmes de mesure et de commande dans les processus. Les effets des conditions spécifiques de fonctionnement sur le personnel ne sont pas couverts par cette partie. Il y a lieu d'utiliser les valeurs appropriées des paramètres physiques qui y sont énumérés pour décrire l'environnement local dans lequel on s'attend que le matériel fonctionne, soit transporté et stocké. Seules sont traitées les conditions de fonctionnement en tant que telles; les effets de ces conditions sur les caractéristiques fonctionnelles du matériel sont spécifiquement exclus.

La Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, donne les conditions d'essai de base en ce qui concerne les vibrations et les chocs. Cette partie établit une liste de valeurs limites choisies pour les conditions de fonctionnement.

Note. - Des problèmes semblables sont actuellement en cours d'étude au sein du Comité d'Etudes n° 75: Classification des conditions d'environnement. Après la parution de la publication de ce dernier comité, la présente publication devra faire l'objet d'une remise en cause.

2. Objet

L'objet de la troisième partie de la norme est d'offrir aux fournisseurs et aux utilisateurs des systèmes de mesure et de commande dans les processus industriels, et des constituants de tels systèmes, une nomenclature et une classification uniformes des influences mécaniques. Les conditions spécifiées auxquelles les matériels peuvent être exposés en cours de fonctionnement, d'emménagement, de manipulation et de transport sont incluses dans la norme. Les conditions correspondant au transport concernent d'une part des matériels convenablement emballés, munis de dispositifs de blocage et de verrouillage appropriés de manière à éviter que ces matériels ne soient endommagés, d'autre part des systèmes complets montés sur des véhicules.

Les conditions de fonctionnement énumérées sont destinées à servir de base pour l'établissement de spécifications détaillées.

OPERATING CONDITIONS FOR INDUSTRIAL-PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL EQUIPMENT

Part 3: Mechanical influences

1. Scope

Part 3 of the standard considers the specific operating conditions of vibration, shock, seismic and mechanical stress conditions to which land-based, and off-shore, industrial-process measurement and control systems or parts of systems may be exposed during operation, storage or transportation. Maintenance and repair conditions are excluded from consideration in this Part 3.

The operating influences considered in this part are limited to those which may directly affect performance of process measurement and control systems. Effects of the specific operating conditions on personnel are not within the scope of this part. The appropriate values of the physical parameters listed here should be used to describe local environments in which equipment is expected to operate, be transported and stored. Only conditions as such are considered; the effects of these conditions on instruments' performance are specifically excluded.

IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures gives the basic test conditions for vibration and shock. This part establishes a list of selected limit values for the operating conditions.

Note. - Similar questions are at present being studied by Technical Committee No. 75: Classification of Environmental Conditions. Upon the issue of this committee's publication, the present publication should be reconsidered.

2. Object

The object of Part 3 of the standard is to provide users and suppliers of industrial-process measurement and control systems and parts of such systems with a uniform listing and classification of mechanical influences. The specified conditions to which equipment may be exposed during operation, storage, handling and transportation are included. Conditions for transportation are for equipment parts in suitable packages with appropriate locking and clamping devices to prevent damage, as well as for complete systems mounted in mobile units.

The listed operating conditions are intended to serve as a basis for comprehensive specifications.

L'un des objectifs de cette partie est de faciliter la solution de certains problèmes qui pourraient apparaître lorsqu'on ne prend pas en considération les conditions de fonctionnement spécifiques affectant le comportement des systèmes et de leurs constituants.

En outre, cette partie a pour but de faciliter le choix d'un certain nombre de valeurs spécifiques limites utilisables lors de l'élaboration des spécifications des matériels de mesure et de conduite des processus industriels.

3. Généralités

La troisième partie de la norme traite des conditions de fonctionnement spécifiques relatives aux vibrations, aux chocs, aux effets des séismes et aux contraintes mécaniques. Les conditions de vibrations sont classées suivant des niveaux de sévérité en accélération et en déplacement pour des gammes de fréquences basses et hautes, et suivant leur durée relative de présence. Quant aux conditions de choc, une liste de valeurs permet le choix de combinaisons pour décrire l'environnement local. Les effets des séismes ne sont pas classés, mais font l'objet de l'annexe A dans laquelle les échelles de Richter et de Mercalli-Cancani sont comparées et expliquées.

Cette méthode, bien qu'aboutissant à un nombre élevé de combinaisons possibles de conditions de fonctionnement, semble néanmoins représenter le «monde réel» caractérisé par le fait qu'il n'existe pas de relations prévisibles entre les différents types de condition de fonctionnement.

On admet que des conditions de service extrêmes ou spéciales existent, caractérisées par des valeurs supérieures et/ou inférieures aux valeurs retenues. Les spécifications des matériels destinés à fonctionner dans des conditions spéciales ou extrêmes doivent faire l'objet d'un accord entre fournisseur et utilisateur.

4. Vibrations

Les critères à utiliser pour classer un environnement comportant des vibrations pour du matériel industriel de mesure et de conduite dépendent beaucoup de la nature du matériel et des caractéristiques, telles que la masse, les dimensions, les pièces mécaniques constitutives, les composants électroniques, le câblage, la sensibilité fonctionnelle spécifique, etc. A titre d'exemple, une faible masse, telle que celle des connexions internes d'un circuit intégré, n'est pas influencée par des oscillations de grande amplitude à une fréquence de 1 Hz, tandis que les niveaux d'accélération élevés de vibrations à haute fréquence peuvent endommager ces connexions. Par contre, des masses importantes peuvent être facilement endommagées par des vibrations de plus basse fréquence, étant donné qu'elles seront quasi immobiles à haute fréquence.

On doit aussi considérer la façon de classer des influences auxquelles on attache une importance telles que: avarie directe, avarie à long terme (fatigue), perte de précision sur la mesure, etc.

Les vibrations ont généralement un effet indésirable sur les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels. On peut exprimer le degré de cet effet indésirable par la valeur maximale de la force à laquelle peut être soumise une pièce ou une connexion critiques; il est également possible de l'exprimer par l'énergie cinétique qui peut, n'importe quand, être soit communiquée à différentes masses à l'intérieur d'un appareil au cours d'une accélération, soit absorbée lors d'un freinage; on peut enfin l'exprimer par la quantité d'énergie communiquée au cours d'une unité de temps, en d'autres termes par la puissance.

One of the purposes of this part is to minimize problems which might result from neglecting considerations of specific operating conditions affecting performance of systems and parts of systems.

An additional purpose of this part is to aid the choice of specific limit values for use in the development of evaluation specifications for industrial-process measurement and control equipment.

3. General

Part 3 of the standard considers the specific operating conditions of vibration, shock, seismic effects, and mechanical stress. The conditions of vibration are classified by severity levels of acceleration and displacement in low and high frequency ranges, and by time of occurrence. For conditions of shock, a list is made of values from which selected combinations can be made to describe the local environment. Seismic effects are not classified but included as Appendix A in which the scales of Richter and Mercalli-Cancani are compared and explained.

While the above results in a large number of possible combinations of operating conditions, this appears to represent the "real world", where predictable relations between types of operating conditions do not exist.

It is recognized that extreme or special mechanical environmental conditions exist where values are greater and/or less than the stated values. Specifications for equipment to operate under special or extreme conditions are a matter for negotiation between supplier and user.

4. Vibrations

The criteria to be used for classifying a vibrational environment for industrial-measurement and control equipment are very dependent on the kind or nature of the equipment such as mass, size, mechanical parts, electronic components, wiring, specific functional sensitivity, etc. As an example, a small mass such as the inside connections to an integrated circuit is not influenced by large amplitude 1 Hz oscillations, whereas high acceleration levels of high frequency vibrations could damage these connections. On the other hand, large masses can be more easily damaged by lower frequency vibrations since they cannot follow the high frequency in practice.

The way we wish to categorize the kind of influence on equipment that is thought to be significant such as, direct damage, long-term damage (fatigue), measurement inaccuracy, etc., should also be taken into account.

Vibration usually has an undesirable effect on industrial-process measurement and control equipment. The degree of this undesirable effect can be expressed by the magnitude of the highest force that might be evoked in some critical part or connection, or can be expressed by the kinetic energy that different masses of an instrument are imparted with and braked off, at any one moment. Or again it could be expressed by the amount of energy imparted per unit of time, in other words, the amount of power.

En raison des difficultés évoquées de classification des effets des vibrations, on a choisi la méthode traditionnelle qui consiste à décrire l'effet d'une vibration par une amplitude constante de déplacement jusqu'à une fréquence de transition arbitraire, et par une accélération constante au-delà de cette fréquence. On a ajouté une classification supplémentaire fondée sur la notion d'énergie cinétique constante (voir paragraphe 4.3).

Les environnements locaux comportant des vibrations sinusoïdales peuvent être exprimés par les combinaisons des paramètres interdépendants ci-après: fréquence d'oscillation f exprimée en hertz, valeur de crête de l'accélération a exprimée en mètres par seconde carrée, valeur de crête du déplacement s exprimée en millimètres, et vitesse maximale v exprimée en mètres par seconde. Leurs relations sont données par les formules suivantes:

$$v = \frac{a}{2 \pi f}$$

$$s = \frac{a}{4 \pi^2 f^2} \times 1\,000$$

$$1\,000 \times a = 4 \pi^2 \times s \times f^2$$

En plus d'une vibration sinusoïdale, des vibrations aléatoires se produisent fréquemment dans les applications correspondant aux processus industriels. Ce genre d'environnement, qui n'est pas décrit dans la présente norme, est à l'étude.

4.1 Vibrations à basse fréquence

Le premier graphique (figure 1, page 20) illustre les classes de basse fréquence couvrant la gamme de 0,1 Hz à 150 Hz. Ce graphique est destiné à couvrir le spectre des vibrations les plus usuelles rencontrées dans des environnements industriels et lors de transports. Les critères de sévérité choisis pour faire apparaître les différents niveaux de vibrations sont les droites à valeur de crête constante du déplacement pour les fréquences au-dessous de 8 Hz à 9 Hz, et les droites à accélération constante pour les fréquences au-dessus de 8 Hz à 9 Hz.

Sept classes ont été identifiées dans cette bande de fréquences.

TABLEAU I

Classes des vibrations à basse fréquence

Classe	Valeur de crête s du déplacement au-dessous de 8 Hz à 9 Hz (mm)	Valeur de crête a de l'accélé- ration au-dessus de 8 Hz à 9 Hz (m/s ²)
V.L.1	< 0,35	< 1 (~0,1 × g)
V.L.2	< 0,75	< 2 (~0,2 × g)
V.L.3	< 1,5	< 5 (~0,5 × g)
V.L.4	< 3,5	< 10 (~1,0 × g)
V.L.5	< 7,5	< 20 (~2,0 × g)
V.L.6	< 10	< 30 (~3,0 × g)
V.L.7	< 15	< 50 (~5,0 × g)
V.L.X	> 15	> 50 (~5,0 × g)

g étant l'accélération de la pesanteur sur la Terre.

4.2 Vibration à haute fréquence

Le second graphique (figure 2, page 20) illustre les conditions correspondant à des fréquences de vibrations plus élevées s'étendant de 10 Hz à 10 000 Hz. Dans cette gamme, la

Because of the difficulty, as outlined above, of classifying vibrational effects, the historical approach has been taken to depict a vibrational effect by a constant amplitude up to an arbitrary cross-over frequency and a constant acceleration beyond this frequency. An additional classification was added on the basic philosophy of constant kinetic energy (see Sub-clause 4.3).

Local sinusoidal vibrational environment is expressed by combinations of the following interrelated parameters: frequency of oscillation f in hertz, peak acceleration a in metres per second squared, peak displacement s in millimetres, and maximum velocity v in metres per second. The relationships are defined by the formulae:

$$v = \frac{a}{2 \pi f}$$

$$s = \frac{a}{4 \pi^2 f^2} \times 1\,000$$

$$1\,000 \times a = 4 \pi^2 \times s \times f^2$$

Apart from the sinusoidal vibration, random vibrations frequently occur in industrial-process applications. These environments, which are not described in this standard, are under consideration.

4.1 Low-frequency vibrations

The first graph (Figure 1, page 20) illustrates the low-frequency classes ranging from 0.1 Hz to 150 Hz. This nomogram is intended to cover the most common vibrational spectrum found within industrial environments and in transportation. The severity criteria chosen to present the different vibration levels are lines of constant peak displacement below the frequency of 8 Hz to 9 Hz, and lines of constant acceleration above the frequency of 8 Hz to 9 Hz.

Seven classes have been identified in this frequency band.

TABLE I
Classes of low-frequency vibrations

Class	Peak displacement s below 8 Hz to 9 Hz (mm)	Peak acceleration a above 8 Hz to 9 Hz (m/s ²)
V.L.1	< 0.35	< 1 (~0.1 × g)
V.L.2	< 0.75	< 2 (~0.2 × g)
V.L.3	< 1.5	< 5 (~0.5 × g)
V.L.4	< 3.5	< 10 (~1.0 × g)
V.L.5	< 7.5	< 20 (~2.0 × g)
V.L.6	< 10	< 30 (~3.0 × g)
V.L.7	< 15	< 50 (~5.0 × g)
V.L.X	> 15	> 50 (~5.0 × g)

where g is the acceleration due to gravity on Earth.

4.2 High-frequency vibrations

The second nomogram (Figure 2, page 20) illustrates the higher frequency vibration conditions ranging from 10 Hz to 10 000 Hz. In this range, it has also been common practice to

pratique courante consiste également à exprimer les niveaux de vibrations par des droites à valeurs de crête constantes du déplacement pour des fréquences au-dessous de 57 Hz à 62 Hz, et par des droites à accélération constante pour des fréquences supérieures à ces valeurs.

Six classes ont été identifiées dans cette bande de fréquences.

TABLEAU II
Classes des vibrations à haute fréquence

Classe	Valeur de crête s du déplacement au-dessous de 57 Hz à 62 Hz (mm)	Valeur de crête a de l'accélé- ration au-dessus de 57 Hz à 62 Hz (m/s ²)
V.H.1	< 0,015	< 2 (~0,2 × g)
V.H.2	< 0,032	< 5 (~0,5 × g)
V.H.3	< 0,075	< 10 (~1,0 × g)
V.H.4	< 0,15	< 20 (~2,0 × g)
V.H.5	< 0,20	< 30 (~3,0 × g)
V.H.6	< 0,35	< 50 (~5,0 × g)
V.H.X	> 0,35	> 50 (~5,0 × g)

g étant l'accélération de la pesanteur sur la Terre.

4.3 Sévérité des vibrations*

Dans la pratique industrielle, il importe de définir la sévérité d'une vibration par son effet sur le matériel de mesure et de commande, en particulier si le matériel est installé au voisinage de la source de vibrations. Dans une large gamme de fréquences, ni une droite à amplitude constante ni une droite à accélération constante ne peuvent représenter un niveau constant de sévérité quant aux vibrations.

Les droites à vitesse constante ont été choisies comme moyen le plus représentatif des niveaux de sévérité* des vibrations, car l'énergie cinétique communiquée à une masse ou dissipée lors du freinage de cette masse est $\frac{1}{2} mv^2$, si bien que les droites à vitesse constante correspondent à une énergie cinétique constante communiquée à une masse m .

Quatre classes de sévérité ont été identifiées.

TABLEAU III
Classes de sévérité des vibrations

Classe	Vitesse v (mm/s)	Gamme de fréquences (Hz)	Exemples
V.S.1	< 3	1 à 150	Salle de conduite et environnement industriel ordinaire
V.S.2	< 10	1 à 150	Matériel installé à l'extérieur
V.S.3	< 30	1 à 150	Matériel installé à l'extérieur
V.S.4	< 300	1 à 150	Matériel installé à l'extérieur, y compris les conditions rencontrées lors de son transport
V.S.X	> 300		A spécifier

* Le terme «sévérité» est utilisé dans cette norme avec un sens autre que celui qui est donné dans l'article 5 de la Publication 68-2-6 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais - Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales), dans lequel une sévérité est exprimée par la combinaison des valeurs de la gamme de fréquences, de l'amplitude de la vibration et de la durée d'application de cette vibration, chaque valeur étant prise dans des listes préférentielles.

express vibration levels with lines of constant peak displacement below frequencies of 57 Hz to 62 Hz, and lines of constant acceleration above these frequencies.

Six classes have been identified in this frequency band.

TABLE II
Classes of high-frequency vibration

Class	Peak displacement s below 57 Hz to 62 Hz (mm)	Peak acceleration a above 57 Hz to 62 Hz (m/s ²)
V.H.1	< 0.015	< 2 (~0.2 × g)
V.H.2	< 0.032	< 5 (~0.5 × g)
V.H.3	< 0.075	< 10 (~1.0 × g)
V.H.4	< 0.15	< 20 (~2.0 × g)
V.H.5	< 0.20	< 30 (~3.0 × g)
V.H.6	< 0.35	< 50 (~5.0 × g)
V.H.X	> 0.35	> 50 (~5.0 × g)
where g is the acceleration due to gravity on Earth.		

4.3 Vibrational severity*

For practical purposes in industry, it is important to express the severity of vibration according to its effect on measurement and control equipment particularly if the equipment is installed in the vicinity of the vibration source. Neither a constant amplitude line nor a constant acceleration line over a broad frequency range can represent a constant vibrational severity level.

Constant velocity lines were chosen as the most useful means to represent vibrational severity* levels because the kinetic energy imparted on or braked off any mass m is $\frac{1}{2} mv^2$, so that constant velocity lines represent constant kinetic energy lines of a mass m .

Four severity classes have been identified.

TABLE III
Classes of vibrational severity

Class	Velocity v (mm/s)	Frequency range (Hz)	Examples
V.S.1	< 3	1 to 150	Control room and general industrial environment
V.S.2	< 10	1 to 150	Field equipment
V.S.3	< 30	1 to 150	Field equipment
V.S.4	< 300	1 to 150	Field equipment including transportation
V.S.X	> 300		To be specified

* This term "severity" is used in this standard with a different acceptance than that used in Clause 5 of IEC Publication 68-2-6: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests - Test Fc and Guidance: Vibration (Sinusoidal), where a vibration severity is given by the combination of the values of frequency range, vibration amplitude, and endurance duration, each value being chosen from preferred lists.

4.4 Classes de taux de présence des vibrations

Les classes de vibrations, telles qu'elles sont décrites aux paragraphes 4.1, 4.2 et 4.3, ne spécifient pas la durée de présence des vibrations. Etant donné qu'une vibration peut se produire pendant des périodes de temps variées, il y a lieu de spécifier, pour chaque classe de vibrations choisie et en s'inspirant de la liste de valeurs préférentielles du tableau IV, la durée relative pendant laquelle des vibrations se produisent.

Le pourcentage de temps exprime le rapport entre la durée des périodes pendant lesquelles des vibrations existent au cours d'une durée spécifiée, et cette durée.

Le tableau IV est la compilation des valeurs préférentielles pour les classes de taux de présence des vibrations.

TABLEAU IV
Classes de taux de présence des vibrations

Classe	Durée relative (%)
V.T.1 permanent	100
V.T.2 occasionnel	10
V.T.3 exceptionnel	1

5. Chocs

Deux façons d'exprimer les chocs sont présentées. La première méthode consiste à spécifier une valeur d'accélération ou de décélération et simultanément à spécifier la durée sur une demi-sinusoïde. Cette méthode est utilisée pour rendre compte des phénomènes de choc qui se produisent lorsque le matériel est en fonctionnement ou en cours de transport. La seconde méthode consiste à spécifier une hauteur de chute sur une surface plane spécifiée. Cette méthode est utilisée pour rendre compte des phénomènes de choc qui se produisent pendant les manutentions lorsque le matériel est stocké et pendant les opérations de chargement et de déchargement lorsque le matériel est transporté. Chaque méthode permet de tirer des conclusions différentes.

Note. – Le phénomène de choc peut être exprimé autrement; on se reportera à la Publication 721-1 de la CEI.

5.1 Méthode consistant à spécifier l'accélération et la durée

Il convient de choisir, d'une part, une valeur d'accélération et, d'autre part, une valeur de durée pour décrire l'environnement local quant aux chocs. Les fortes accélérations sont généralement associées à de faibles durées et, réciproquement, les faibles accélérations aux plus grandes durées.

4.4 *Vibration time classes*

The vibration classes as described in Sub-clauses 4.1, 4.2 and 4.3 do not specify the time duration of the vibration conditions. Since vibration can occur over various time periods, the occurrence time for each selected vibration class should be specified from the list of preferred values in Table IV.

By the per cent of time is meant that part of the vibration which occurs during a specified time period.

Table IV is the compilation of preferred values for vibration time classes.

TABLE IV
Classes of vibration time

Class	Occurrence time (%)
V.T.1 steady state	100
V.T.2 occasional	10
V.T.3 unusual	1

5. Shock

Two ways of expressing shock are presented. The first method is to specify a value of acceleration or deceleration together with its duration over a half-sine wave. This method is used to express shock phenomena which occur during transportation or operation of equipment. The second method is to specify a height of fall onto a specified flat surface. This method is used to express shock phenomena which occur during manhandling in storage and in loading and unloading during transport of equipment. Each method has different consequences.

Note. – There are other ways to express the shock phenomena such as in IEC Publication 721-1.

5.1 *Acceleration and duration method*

Any combination of one acceleration value and one duration value should be selected to describe the local shock environment. In practice combinations of high acceleration values and low duration values or vice versa are most usual.

5.1.1 Accélération

TABLEAU V

Valeurs préférentielles d'accélération a

a (m/s ²)	
Jusqu'à	20
	40
	70
	100
	250
Supérieure à	250

5.1.2 Durée

TABLEAU VI

Valeurs préférentielles de durée t

t (ms)
100
50
20
10
5

Note. – Des exemples de conditions de transport sont donnés dans la Publication 721-3-2 de la CEI.

5.2 Méthode de la chute libre

Le tableau VII définit les valeurs préférentielles des hauteurs de chute sur une surface plate et dure pour rendre compte du phénomène de choc.

TABLEAU VII

Valeurs préférentielles des hauteurs de chute libre

Hauteur (mm)
25
50
100
250
500
1 000
> 1 000

5.1.1 *Acceleration*

TABLE V
Preferred acceleration values a

a (m/s ²)	
Up to	20
	40
	70
	100
	250
Over	250

5.1.2 *Duration*

TABLE VI
Preferred duration values t

t (ms)
100
50
20
10
5

Note. – Transportation examples are given in IEC Publication 721-3-2.

5.2 *Free-fall method*

Table VII is the compilation of preferred values of heights for expressing shock phenomena by the height of free-fall method on a flat hard surface.

TABLE VII
Preferred values of height of free-fall

Height (mm)
25
50
100
250
500
1 000
> 1 000

5.3 Fréquence d'apparition des chocs

Les chocs peuvent se produire à intervalles de temps plus ou moins longs. Il y a lieu de spécifier la fréquence d'apparition en choisissant l'une des valeurs préférentielles du tableau VIII.

TABLEAU VIII
Valeurs préférentielles de fréquence d'apparition des chocs

Fréquence d'apparition des chocs
Moins d'une fois par 10 s
Moins d'une fois par 1 min
Moins d'une fois par 1 h
Moins d'une fois par 1 jour

6. Autres contraintes mécaniques

Le matériel de mesure et de conduite peut être soumis à des contraintes mécaniques du fait du montage et du raccordement pendant l'installation et du fait du vent et d'autres influences mécaniques lorsque le matériel est en fonctionnement. Ce type de contrainte s'applique principalement au matériel directement raccordé aux conduites du processus véhiculant des fluides et, par conséquent, aussi bien aux capteurs primaires qu'aux éléments de réglage finals. Aucun essai de classification de la sévérité des contraintes mécaniques n'est tenté.

Le matériel de mesure et de conduite peut être soumis à une influence mécanique du fait des séismes, et l'importance de cette influence dépend non seulement de l'importance du séisme lui-même, mais aussi de la construction du bâtiment, de l'oléoduc ou de l'usine où le matériel est monté.

Il est suggéré d'adopter les échelles de séismes de Richter et de Mercalli-Cancani, internationalement reconnues. On trouvera une description de ces échelles dans l'annexe A.

5.3 Shock repetition rate

Shock can occur over various time periods. The occurrence time should be specified from the list of preferred values in Table VIII.

TABLE VIII
Preferred values of shock repetition rates

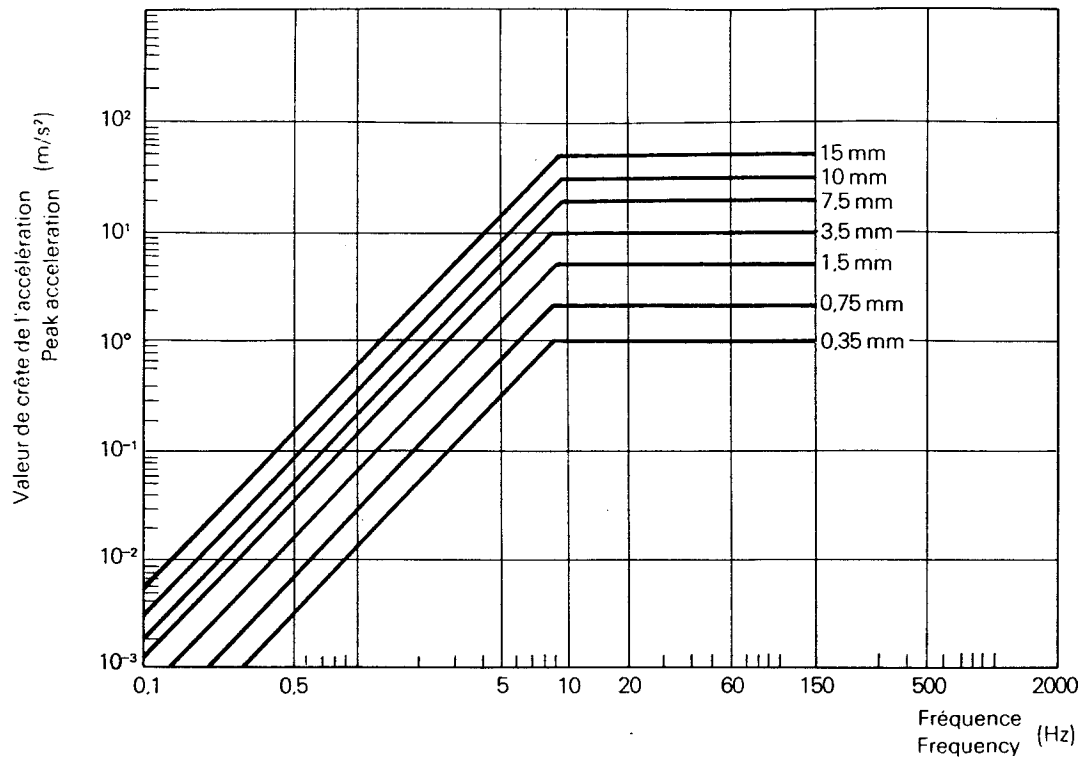
Occurrence/time
Less than one per 10 s
Less than one per 1 min
Less than one per 1 h
Less than one per 1 day

6. Other mechanical stresses

Measurement and control equipment may be subject to mechanical stress from mounting and connecting during installation, and from wind and other mechanical influences during operation. This type of stress applies primarily to equipment directly connected to process fluid lines and includes both primary sensors and final control elements. No attempt is made to classify severity of mechanical stress.

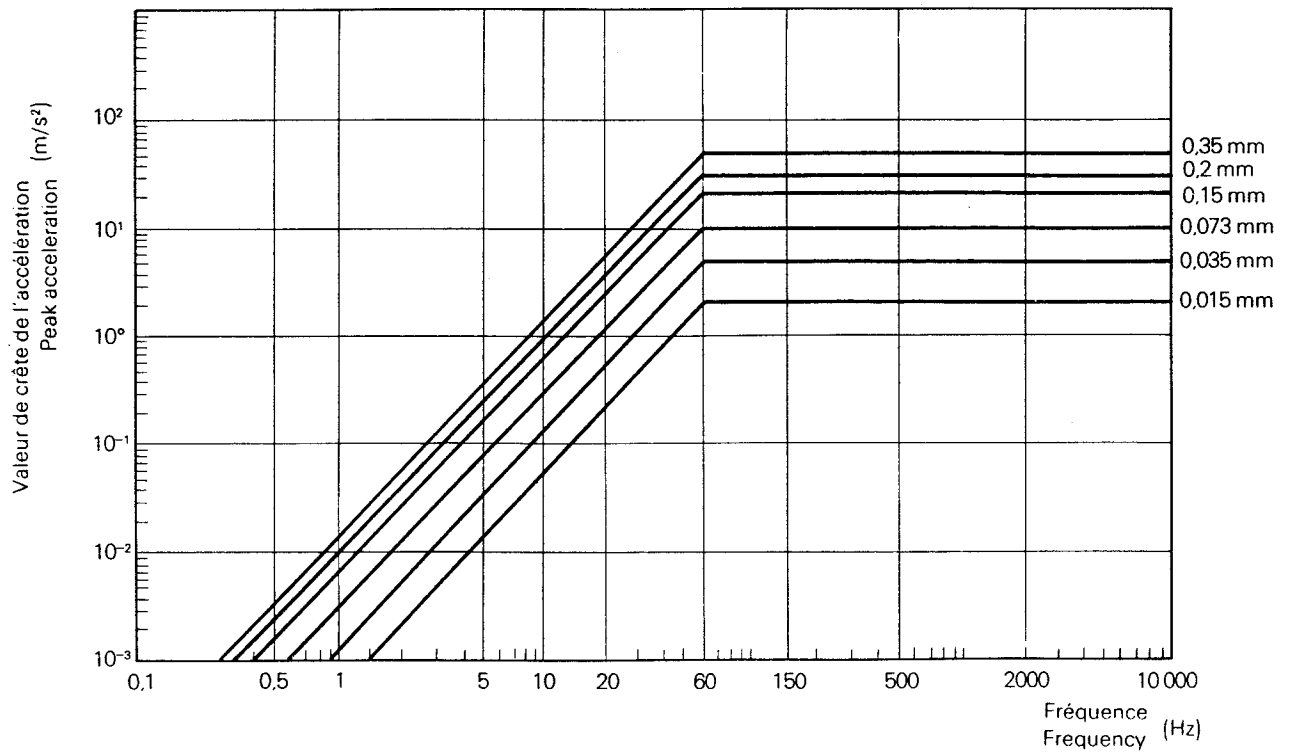
Measurement and control equipment may be subject to mechanical influence from seisms and the magnitude of this influence depends on not only the magnitude of the seism itself but also the construction of the building, pipeline or plant where the equipment is mounted.

It is suggested to adopt the internationally accepted seismic scales of Richter and Mercalli-Cancani. A description of these scales is given in Appendix A.



311/83

FIG. 1. - Valeur de crête du déplacement pour des vibrations à basse fréquence.
Peak displacement with low-frequency vibrations.



312/83

FIG. 2. - Valeur de crête du déplacement pour des vibrations à haute fréquence.
Peak displacement with high-frequency vibrations.

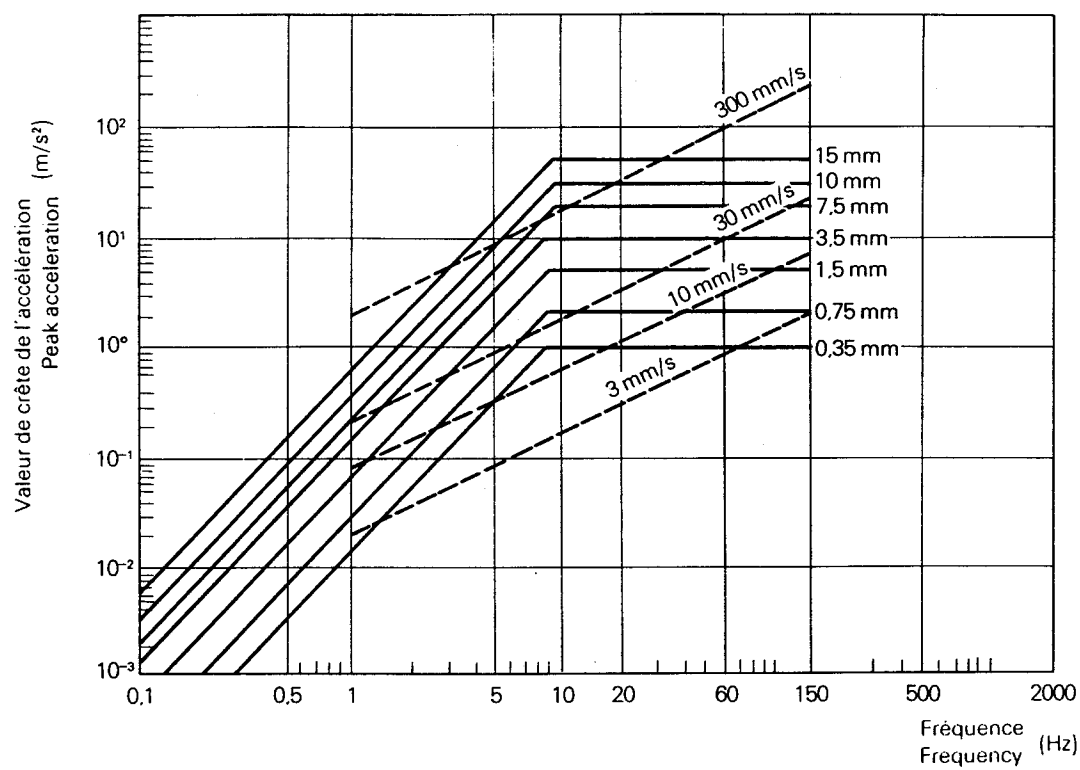


FIG. 3. - Valeur de la vitesse.
Velocity.

313/83

ANNEXE A

EFFETS DES SÉISMES (TREMBLEMENTS DE TERRE)

A1. Généralités

Il est difficile de classer la sévérité des tremblements de terre en se référant aux paramètres mécaniques habituels, étant donné que les destructions résultant d'un tremblement de terre sont la conséquence de combinaisons imprévisibles de mouvements de la croûte terrestre.

Les phénomènes influents peuvent être décrits comme suit:

- a) Les fréquences des mouvements de la croûte terrestre sont basses, dépassant rarement 10 Hz, si bien que l'amplitude du mouvement peut être très grande, même pour de faibles valeurs de l'accélération.
- b) Certains mouvements sont des changements d'état par échelon et ne s'apparentent pour ainsi dire pas à des oscillations avec une fréquence fondamentale. Il y a lieu donc de les assimiler à des chocs.
- c) Les effets des séismes sont normalement mesurés au moyen soit du mouvement dans la direction verticale, soit du mouvement dans la direction horizontale. Le mouvement vertical dépasse rarement 0,6 fois le mouvement horizontal. Les effets du mouvement vertical sont normalement considérés comme équivalents à la moitié des effets du mouvement horizontal.
- d) Le degré de destruction est également influencé par la durée des mouvements locaux de la terre. Une durée comparativement longue peut entraîner une sorte de résonance des constructions élevées. De même, certaines conditions de montage spécifiques des appareils peuvent aggraver sérieusement les vibrations auxquelles ces appareils sont soumis.
- e) L'association d'une faille géologique et de tremblements de terre peut souvent se traduire à la surface de la terre par des crevasses ou par un relèvement local de la croûte terrestre. Ce phénomène de relèvement peut provoquer l'inclinaison des tiroirs ou des tableaux et les appareils peuvent sortir de leur logement s'ils ne sont pas fixés de façon sûre.

Pour les appareils de mesure et de conduite des processus industriels en général, il est souhaitable de s'assurer que les masses importantes, telles que les transformateurs, sont bien maintenues et que les appareils sont fixés de façon sûre dans leurs tiroirs et leurs tableaux par des attaches efficaces.

A2. Evaluation quantitative des tremblements de terre

Un tremblement de terre et ses effets locaux sont habituellement décrits en termes *d'importance* et *d'intensité*.

L'importance d'un tremblement de terre indique sa force à la source, que l'on exprime au moyen de *l'échelle de Richter*. L'importance est déterminée par les déviations respectives de sismographes disposés à des endroits précis de la surface terrestre, ces déviations étant relevées en parfait synchronisme. En combinant les données de plusieurs stations spécialisées dans l'enregistrement des séismes, on détermine le front de l'onde sismique et, par voie de conséquence, l'emplacement de la source du tremblement de terre (épicentre).

On applique aux déviations enregistrées des corrections tenant compte de la distance entre la source et la station d'enregistrement. Les chiffres sur l'importance d'un tremblement de terre calculé suivant l'échelle de Richter par différentes stations doivent être en principe les mêmes.

APPENDIX A

SEISMIC EFFECTS (EARTHQUAKES)

A1. General

To classify the severity of earthquakes in the usual mechanical parameters is difficult since the disastrous results of an earthquake are obtained by unpredictable combinations of movements of the Earth's crust.

The influencing phenomena can be described as follows:

- a) The frequencies of the Earth's movements are low, rarely exceeding 10 Hz and therefore the amplitude of movement can be very large even for low values of acceleration.
- b) Some movements are step changes and hardly oscillations with a fundamental frequency. They should therefore be classified as shocks.
- c) The seismic effects are normally measured by means of either movement in the vertical direction or in the horizontal direction. Vertical movement rarely exceeds 0.6 times horizontal movement. The vertical effects are normally taken as half of those of the horizontal.
- d) The degree of destruction is also influenced by the duration of the local Earth's movements. Longer time duration can put high buildings into a kind of resonant swing. Likewise, specific mounting situations of instruments can seriously aggravate the vibrations to which the instruments can be subjected.
- e) Geological faulting associated with earthquakes can often be seen at the Earth's surface as rifts and local tilting of the Earth's crust. This tilting phenomena can tip over racks and panels and instruments can slide out if these instruments are not securely fastened.

For industrial-process control instrumentation in general, it is desirable to ensure that large masses such as transformers are well supported and that instruments are safely secured in their racks and panels by good fasteners.

A2. Quantification of earthquakes

It is customary to describe an earthquake and its local effects by *magnitude* and *intensity*.

The *magnitude* of an earthquake indicates its strength at the source which is expressed by the *scale of Richter*. The magnitude is determined by the deflections of seismographs at defined locations on the Earth's surface together with accurate timing. By combining the data of several seismic recording stations, the seismic wave front and thus the location on Earth of the earthquake source (epicentrum) can be established.

Corrections for the distance between the source and the seismic station are applied to the recorded deflections. In principle, the figure for the magnitude according to the scale of Richter of an earthquake as calculated by the different seismic stations on Earth should be the same.

L'échelle de Richter va de 1 (ressenti seulement par les sismographes) jusqu'à 9 (catastrophe maximale).

Par contre, les effets locaux d'un tremblement de terre sur les maisons et les bâtiments, etc., sont exprimés, en ce qui concerne l'emplacement considéré, par référence à *l'échelle d'intensité de Mercalli-Cancani*.

Les effets d'un tremblement de terre sont évidemment plus forts, à proximité de l'épicentre correspondant, par exemple au degré VIII de l'échelle de Mercalli, qu'à 100 km plus loin où l'intensité ne serait plus que de l'ordre de III ou IV sur l'échelle de Mercalli.

De ce fait, l'échelle de Mercalli correspond à l'intensité réelle pour un emplacement géographique donné, tandis que le chiffre calculé à partir de l'échelle de Richter indique l'importance du tremblement de terre lui-même, quel que soit le lieu où il s'est produit.

L'échelle de Mercalli va de I (ressenti seulement par les sismographes) jusqu'à XII (catastrophe maximale).

Des tremblements de terre d'importance égale ou supérieure à 5 sur *l'échelle de Richter* sont susceptibles d'être la cause de dommages. L'intensité minimale à un lieu déterminé, telle que de véritables dommages en résultent, correspond sensiblement au degré VI sur *l'échelle de Mercalli*.

Il est suggéré de se servir des chiffres de l'échelle de Mercalli pour décrire les conditions rencontrées lorsqu'un processus industriel est bâti sur un site géologiquement instable ou à proximité d'un tel site, en tenant compte ainsi de la distance séparant le processus des sources connues d'activité géologique dans la région.

Le tableau ci-après indique à quoi correspondent les échelles de Richter et de Mercalli.

The scale of Richter runs from 1 (cannot be felt, only registered by instruments) to 9 (total catastrophe).

In contrast, the local effects of an earthquake on houses and buildings etc. are expressed by the *intensity scale of Mercalli-Cancani* for that locality.

The effects of an earthquake near the epicentrum are of course stronger, for example VIII on the Mercalli scale, than the effects a 100 km away where the intensity would be in the order of III or IV on the Mercalli-scale.

The Mercalli scale is therefore associated with the actual intensity at a defined location on Earth whereas the figure from the scale of Richter indicates the magnitude of the earthquake itself irrespective of where it took place.

The Mercalli scale runs from I (cannot be felt but only registered by instruments), to XII (total catastrophe).

Earthquakes of a magnitude of 5 or higher on the *scale of Richter* are capable of causing damage. The minimum intensity necessary at a locality is about VI or higher on the *Mercalli scale* in order to start causing real damage.

It is suggested to use the figures of the Mercalli scale to describe the conditions of an industrial location on or near geologically unstable environments thereby taking account of the distance from the known seismic activity sources in the area.

The following table gives a listing of the Richter and Mercalli scales.

CORRESPONDANCES ENTRE LES ÉCHELLES DE RICHTER ET DE MERCALLI

Echelle de Richter Importance	Echelle de Mercalli Intensité	PHÉNOMÈNES	Accélération maximale (en m/s ²)	Energie libérée (joules)
9	XII	<i>extrêmement catastrophique</i> : destruction générale, crevasses dans la roche, modification du paysage, nombreux glissements de terrain	15,00	$> 10^{17}$
8	XI	<i>catastrophique</i> : destruction générale des bâtiments, rails de chemin de fer tordus, câbles et canalisations souterrains détruits	10,00	$5.10^{15}-10^{17}$
	X	<i>très destructif</i> : destruction de nombreux bâtiments, glissements de terrain et crevasses dans la croûte terrestre, barrages et digues endommagés	5,00-10,00	
7	IX	<i>destructif</i> : dommages importants subis par de nombreux bâtiments, fondations endommagées, conduites souterraines rompues	2,00-5,00	$10^{14}-5.10^{15}$
6	VIII	<i>cause de dommage</i> : panique, tous bâtiments endommagés, destruction partielle des bâtiments moins résistants	1,00-2,00	$5.10^{12}-10^{14}$
	VII	<i>très fort</i> : de nombreux bâtiments endommagés, ruptures de cheminées, apparition de vagues dans les mares, les cloches des églises sonnent	0,50-1,00	
5	VI	<i>fort</i> : réactions de peur, chutes d'objets à l'intérieur des maisons, mouvements des arbres, bâtiments légers endommagés	0,20-0,50	$10^{11}-5.10^{12}$
4	V	<i>assez fort</i> : perçu par tous, balancement des objets suspendus, arrêt des balanciers des horloges	0,10-0,20	5.10^9-10^{11}
	IV	<i>moyen</i> : perçu par la plupart, vibrations semblables à celles créées par une circulation importante de véhicules et tremblement des portes et des fenêtres	0,05-0,10	
3	III	<i>faible</i> : perçu seulement par certaines personnes, vibrations semblables à celles créées par la circulation des véhicules	0,02-0,05	$10^8-5.10^9$
2	II	<i>très faible</i> : perceptible seulement dans des conditions exceptionnelles	0,01-0,02	5.10^6-10^8
1	I	seulement enregistré par les sismographes	0,01	$< 5.10^6$

LISTING OF MERCALLI AND RICHTER SCALES

Scale of Richter Magnitude	Scale of Mercalli Intensity	PHENOMENA	Maximum acceleration (in m/s ²)	Freed energy (joules)
9	XII	<i>exceptionally catastrophic</i> : general destruction, cracks in rocks, change in landscape, many landslides	15.00	$> 10^{17}$
	XI	<i>catastrophic</i> : general destruction of buildings, rails are bent, ground cables and piping are destroyed	10.00	$5.10^{15}-10^{17}$
8	X	<i>very destructive</i> : destruction of many buildings, landslides and rifts in the Earth's crust, damage to dams and dikes	5.00-10.00	
	IX	<i>destructive</i> : many buildings heavily damaged, damage to foundations, underground pipelines are broken	2.00-5.00	$10^{14}-5.10^{15}$
	VIII	<i>damaging</i> : panic, general damage to buildings, weaker buildings partially destroyed	1.00-2.00	$5.10^{12}-10^{14}$
6	VII	<i>very strong</i> : damage to many buildings, chimneys break off, waves in ponds, church bells ring	0.50-1.00	
	VI	<i>strong</i> : scare reactions, objects falling in the house, trees move, poorly built housing is damaged	0.20-0.50	$10^{11}-5.10^{12}$
5	V	<i>fairly strong</i> : generally felt, hanging objects start swinging, pendulum clocks stop	0.10-0.20	5.10^9-10^{11}
4	IV	<i>not strong</i> : felt by many, vibrations as of heavy traffic, rattling of windows and doors	0.05-0.10	
	III	<i>weak</i> : felt by some people only, vibrations as of passing traffic	0.02-0.05	$10^8-5.10^9$
3	II	<i>very weak</i> : only under very good conditions sensed at all	0.01-0.02	5.10^6-10^8
2	I	registered only by seismographs	0.01	
1				$< 5.10^6$

ICS 25.040.40
