

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and
higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity**

**Machines électriques tournantes –
Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe
supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de l'intensité
vibratoire**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and
higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity**

**Machines électriques tournantes –
Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe
supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de l'intensité
vibratoire**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Grandeurs de mesurage	10
4.1 Généralités	10
4.2 Amplitude vibratoire	10
4.3 Vibration relative de l'arbre	10
5 Appareillage de mesurage	10
6 Montage de la machine	12
6.1 Généralités	12
6.2 Suspension libre	12
6.3 Montage rigide	12
6.4 Détermination de l'environnement actif	14
7 Conditions de mesurage	14
7.1 Clavette	14
7.2 Positions de mesurage	14
7.3 Conditions d'essai	14
7.4 Capteur de vibration	16
8 Limites de vibration du logement de palier	16
8.1 Limites d'amplitude vibratoire	16
8.2 Limites de vitesse de vibration à deux fois la fréquence de ligne pour des machines à courant alternatif	18
8.3 Vibration axiale	18
9 Limites de vibration relative de l'arbre	18
Bibliographie	28
Figure 1 – Déplacement élastique minimal en fonction de la vitesse nominale	20
Figure 2 – Positions préférentielles de mesurage applicables à une seule ou aux deux extrémités de la machine	22
Figure 3 – Positions de mesurage pour les extrémités de machines où les mesurages selon la Figure 2 ne sont pas possibles sans le démontage des éléments	22
Figure 4 – Positions de mesurage pour pied support de palier	24
Figure 5 – Installation préférentielle des capteurs pour le mesurage du déplacement relatif de l'arbre	24
Figure 6 – Positions de mesurage pour machines verticales (mesures à effectuer au logement de palier, ou aussi proche que possible s'il n'est pas accessible)	26
Tableau 1 – Limites de magnitude vibratoire maximale, en déplacement, vitesse et accélération en valeurs efficaces, pour une hauteur d'axe H	16
Tableau 2 – Limites de vibration d'arbre maximale (S_{p-p}) et faux-rond maximal	20

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	11
4 Measurement quantities	11
4.1 General.....	11
4.2 Vibration magnitude	11
4.3 Relative shaft vibration.....	11
5 Measurement equipment	11
6 Machine mounting	13
6.1 General.....	13
6.2 Free suspension.....	13
6.3 Rigid mounting	13
6.4 Active environment determination.....	15
7 Conditions of measurement	15
7.1 Key	15
7.2 Measurement positions	15
7.3 Test conditions.....	15
7.4 Vibration transducer	17
8 Limits of bearing housing vibration	17
8.1 Limits of vibration magnitude.....	17
8.2 Limits of vibration velocity with twice-line frequency for a.c. machines	19
8.3 Axial vibration.....	19
9 Limits of relative shaft vibration	19
Bibliography.....	29
Figure 1 – Minimum elastic displacement as a function of nominal speed	21
Figure 2 – Preferred positions of measurement applicable to one or both ends of the machine	23
Figure 3 – Measurement positions for those ends of machines where measurements according to figure 2 are not possible without disassembly of parts	23
Figure 4 – Measurement positions for pedestal bearing	25
Figure 5 – Preferred circumferential position of transducers for the measurement of relative shaft displacement	25
Figure 6 – Measurement positions for vertical machines (measurements to be made at the bearing housing; when not accessible, then as close as possible).....	27
Table 1 – Limits of maximum vibration magnitude in displacement, velocity and acceleration (r.m.s.) for shaft height H	17
Table 2 – Limits for the maximum shaft vibration (S_{p-p}) and the maximum run-out.....	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines
de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm –
Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire**

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 Norme internationale CEI 60034-14 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition parue en 1996. Les changements techniques significatifs par rapport à l'édition précédente sont:

- a) niveaux de vibration réduits des nouvelles machines durant les essais d'acceptation en usine; les nouveaux niveaux sont basés sur la combinaison des déplacement, vitesse et accélération plutôt que sur la seule vitesse;
- b) le nombre de plages de hauteur d'arbre est réduit;
- c) les procédures d'essais des moteurs à axe vertical ont été réduites.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 14: Mechanical vibration of certain machines
with shaft heights 56 mm and higher –
Measurement, evaluation and limits of vibration severity**

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.

International Standard IEC 60034-14 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1996. The significant technical changes with respect to the previous edition are:

- a) reduced vibration levels of new machines during factory acceptance tests; the new levels are based on a combination of displacement, velocity and acceleration rather than only velocity;
- b) the number of shaft-height ranges is reduced;
- c) procedures for testing vertical motors have been reduced.

La présente version consolidée de la CEI 60034-14 comprend la troisième édition (2003) [documents 2/1257/FDIS et 2/1273/RVD] et son amendement 1 (2007) [documents 2/1416/FDIS et 2/1429/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 3.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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.

This consolidated version of IEC 60034-14 consists of the third edition (2003) [documents 2/1257/FDIS and 2/1273/RVD] and its amendment 1 (2007) [documents 2/1416/FDIS and 2/1429/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 3.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 spécifie les procédures d'essai d'acceptation de vibration en usine et les limites pour certaines machines électriques, dans des conditions spécifiées, sans être couplées à une charge ou à une machine entraînée.

Elle est applicable aux machines à courant continu et aux machines à courant alternatif triphasé de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm et de puissance assignée inférieure ou égale à 50 MW, à des vitesses de fonctionnement de 120 min^{-1} jusqu'à et y compris $15\,000 \text{ min}^{-1}$.

Cette norme n'est pas applicable aux machines montées sur le site, aux moteurs triphasés à collecteurs, aux machines monophasées, aux machines triphasées alimentées en monophasé, aux générateurs hydrauliques verticaux, aux générateurs à turbine de plus de 20 MW et aux machines à paliers magnétiques ou aux machines à enroulement série.

NOTE Pour les machines mesurées sur le site, se référer aux parties applicables de l'ISO 10816 et de l'ISO 7919.

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 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60034-7, *Machines électriques tournantes – Partie 7: Classification des modes de construction, des dispositions de montage et position de la boîte à bornes (Code IM)*

ISO 2954, *Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives – Spécifications des appareils de mesurage de l'intensité vibratoire*

ISO 7919-1, *Vibrations mécaniques des machines non alternatives – Mesurages sur les arbres tournants et critères d'évaluation – Partie 1: Directives générales*

ISO 8821, *Vibrations mécaniques – Equilibrage – Convention relative aux clavettes d'arbres et aux éléments rapportés*

ISO 10817-1, *Systèmes de mesure des vibrations des arbres tournants – Partie 1: Captage relatif et captage absolu des vibrations radiales*

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity

1 Scope

This part of IEC 60034 specifies the factory acceptance vibration test procedures and vibration limits for certain electrical machines under specified conditions, when uncoupled from any load or prime mover.

It is applicable to d.c. and three-phase a.c. machines, with shaft heights 56 mm and higher and a rated output up to 50 MW, at operational speeds from 120 min⁻¹ up to and including 15 000 min⁻¹.

This standard is not applicable to machines mounted *in situ*, three-phase commutator motors, single-phase machines, three-phase machines operated on single-phase systems, vertical waterpower generators, turbine generators greater than 20 MW and machines with magnetic bearings or series-wound machines.

NOTE For machines measured *in situ* refer to applicable parts of ISO 10816 and ISO 7919.

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 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-7, *Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of construction, mounting arrangements and terminal box position (IM Code)*

ISO 2954, *Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery – Requirements for instruments for measuring vibration severity*

ISO 7919-1, *Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 1: General guidelines*

ISO 8821, *Mechanical vibration – Balancing – Shaft and fitment key convention*

ISO 10817-1, *Rotating shaft vibration measuring systems – Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration from rotating shafts*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans les références normatives listées dans l'Article 2 s'appliquent.

4 Grandeurs de mesurage

4.1 Généralités

Les grandeurs de mesurage sont le déplacement de vibration, la vitesse de vibration et l'accélération de vibration aux paliers de la machine et le déplacement relatif de la vibration sur l'arbre à l'intérieur ou près des paliers de la machine.

4.2 Amplitude vibratoire

Le critère à adopter pour l'amplitude vibratoire aux paliers de la machine doit être la valeur efficace large bande du déplacement de vibration en micromètres, la vitesse vibratoire en millimètres par seconde et l'accélération de vibration en mètres par seconde au carré dans la plage de fréquence spécifiée dans l'Article 5. La valeur la plus élevée déterminée aux positions de mesurage prescrites, conformément à la présente norme, caractérise l'intensité vibratoire de la machine.

Les moteurs à induction (spécialement du type bipolaire) présentent fréquemment des vitesses de vibration battant à deux fois la fréquence de glissement. Dans ces cas, l'intensité vibratoire doit être déterminée à partir de la relation:

$$x_{\text{r.m.s.}} = \sqrt{\frac{x_{\text{max}}^2 + x_{\text{min}}^2}{2}}$$

où

x_{max} est la valeur maximale efficace de la vitesse, du déplacement ou de l'accélération de vibration;

x_{min} est la valeur minimale efficace de la vitesse, du déplacement ou de l'accélération de vibration.

4.3 Vibration relative de l'arbre

Le critère à adopter pour la vibration relative de l'arbre doit être le déplacement vibratoire S_{p-p} dans le sens du mesurage (selon l'ISO 7919-1).

5 Appareillage de mesurage

L'appareillage de mesurage doit être capable de mesurer la valeur efficace large bande de vibration en réponse plate sur une plage de fréquence d'au moins 10 Hz à 1 000 Hz, conformément aux prescriptions de l'ISO 2954. Cependant, pour les machines dont la vitesse approche les 600 min⁻¹, la limite inférieure de la plage de fréquence en réponse plate ne doit pas dépasser 2 Hz.

L'appareillage de mesurage pour les mesurages de la vibration relative de l'arbre doit être conforme aux règles de l'ISO 10817-1.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in the normative references listed in Clause 2 apply.

4 Measurement quantities

4.1 General

Measurement quantities are the vibration displacement, vibration velocity and vibration acceleration at the machine bearings and the relative shaft vibration displacement within or near to the machine bearings.

4.2 Vibration magnitude

The criterion for the vibration magnitude at the machine bearings shall be the broadband r.m.s. value of the vibration displacement in micrometres, the vibration velocity in millimetres per second and the vibration acceleration in meters per second squared in the frequency range specified in Clause 5. The greatest value, determined at the prescribed measurement positions, according to this standard, characterizes the vibration magnitude of the machine.

Induction motors (especially of two pole type) frequently show vibration beating at twice slip frequency. In these cases, the decisive vibration magnitude shall be determined from the relationship:

$$x_{\text{r.m.s.}} = \sqrt{\frac{x_{\text{max}}^2 + x_{\text{min}}^2}{2}}$$

where

x_{max} is the maximum r.m.s. value of vibration velocity, displacement or acceleration;

x_{min} is the minimum r.m.s. value of vibration velocity, displacement or acceleration.

4.3 Relative shaft vibration

The criterion adopted for the relative shaft vibration shall be the vibratory displacement $S_{\text{p-p}}$ in the direction of measurement from ISO 7919-1.

5 Measurement equipment

The measurement equipment shall be capable of measuring broadband r.m.s. vibration with flat response over a frequency range of at least 10 Hz to 1 000 Hz, in accordance with the requirements of ISO 2954. However, for machines with speeds approaching or below 600 min⁻¹, the lower limit of the flat response frequency range shall not be greater than 2 Hz.

Measurement equipment for relative shaft vibration measurements shall comply with the requirements in ISO 10817-1.

6 Montage de la machine

6.1 Généralités

La vibration d'une machine électrique est étroitement liée au montage de la machine. Pour permettre une évaluation spécifique de l'équilibrage et des vibrations des machines électriques tournantes, il est nécessaire de mesurer la vibration sur la machine seule, selon des conditions d'essai convenablement définies, de façon à permettre des essais reproductibles et à fournir des mesurages comparables.

6.2 Suspension libre

Cet état est obtenu par suspension de la machine à un ressort, ou par montage sur un support élastique (ressorts, caoutchouc, etc.).

La fréquence d'oscillation naturelle du système de suspension et de la machine, dans les six degrés de liberté possibles, doit être inférieure au tiers de la fréquence correspondant à la vitesse de la machine en essai, comme défini en 7.3. Basée sur la masse de la machine à l'essai, l'élasticité nécessaire du système de suspension en fonction de la vitesse nominale de 600 min^{-1} à $3\,600 \text{ min}^{-1}$ peut être déterminée à partir de la Figure 1. Pour les vitesses inférieures à 600 min^{-1} , les mesurages en suspension libre ne sont pas pratiques. Pour les vitesses supérieures, il convient que la valeur de déplacement statique ne soit pas être inférieure à la valeur pour $3\,600 \text{ min}^{-1}$.

6.3 Montage rigide

6.3.1 Généralités

Les vitesses de vibration maximales mesurées selon les directions horizontale et verticale sur les pieds de la machine (ou sur le cadre d'embase près des supports des paliers ou pieds du stator) ne doivent pas excéder 25 % des vitesses maximales qui sont mesurées sur le palier adjacent dans la même direction de mesurage.

NOTE 1 La présente règle confirme que les fréquences naturelles horizontale et verticale de l'arrangement d'essai complet ne coïncident pas avec:

- a) ± 10 % de la fréquence de rotation de la machine;
- b) ± 5 % de deux fois la fréquence de rotation;
- c) ± 5 % de une ou deux fois la fréquence électrique de ligne.

NOTE 2 Le rapport de 25 % exigé entre les vitesses au niveau du pied et du palier est valable pour une vibration une fois par tour et la vibration avec deux fois la fréquence de ligne si cette dernière est évaluée.

6.3.2 Machines horizontales

La machine à l'essai doit être fixée au choix:

- directement à un sol dur,
- à un sol dur à travers son embase,
- à une plaque répondant aux exigences de 6.3.1.

6.3.3 Machines verticales

Les machines verticales doivent être montées sur une plaque d'acier de forme rectangulaire ou circulaire, avec un trou au centre du bout d'arbre, la surface étant usinée pour la bride de la machine électrique à l'essai et les trous étant conçus pour les boulons de la bride. L'épaisseur de la plaque d'acier doit être au moins trois fois supérieure à l'épaisseur de la bride de la machine, un rapport de cinq est préférable. La longueur du côté de l'embase relative à son diamètre doit être au moins égale à la hauteur du palier supérieur L. La Figure 6 est un exemple de IM V1 (voir la CEI 60034-7).

6 Machine mounting

6.1 General

The vibration of an electrical machine is closely linked with the mounting of the machine. To permit evaluation as far as balance and vibration of rotating electrical machines are concerned, it is necessary to measure the vibration on the machine alone, under properly determined test conditions, to enable reproducible tests to be carried out and to provide comparable measurements.

6.2 Free suspension

This condition is achieved by suspending the machine on a spring or by mounting on an elastic support (springs, rubber, etc.).

The natural oscillation frequency of the suspension system and machine, in the six possible degrees of freedom, shall be less than 1/3 of the frequency corresponding to the speed of the machine under test, as defined in 7.3. Based on the mass of the machine being tested, the necessary elasticity of the suspension system as a function of nominal speed from 600 min⁻¹ to 3 600 min⁻¹ can be determined from Figure 1. For speeds lower than 600 min⁻¹ measurements in free suspension are not practical. For greater speeds, the static displacement should be not less than the value for 3 600 min⁻¹.

6.3 Rigid mounting

6.3.1 General

The maximum vibration velocity measured in the horizontal and vertical directions at the machine feet (or at the base frame near to the bearing pedestals or stator feet) shall not exceed 25 % of the maximum velocity, which is measured at the adjacent bearing housing in the same measurement direction.

NOTE 1 This requirement ensures that the horizontal and vertical natural frequencies of the complete test arrangement do not coincide within:

- a) ± 10 % of the rotational frequency of the machine;
- b) ± 5 % of twice the rotational frequency, or
- c) ± 5 % of once and twice the electrical line frequency,

NOTE 2 The ratio of 25 % of foot to bearing vibration velocities is valid for once per revolution vibration and the vibration at twice the line frequency (if the latter is being evaluated).

6.3.2 Horizontal machines

The machine under test shall be:

- clamped directly to a solid floor, or
- through its mounting base plate to a solid floor, or
- to a rigid plate that meets the requirements of 6.3.1.

6.3.3 Vertical machines

Vertical machines shall be mounted onto a solid rectangular or circular steel plate with a bore hole in the centre of the shaft extension, a machined surface for the flange of electrical machine being measured and tapped holes for the flange bolts. The steel plate thickness shall be at least three times greater than the machine flange thickness, five times is preferable. The edge length respective to the diameter shall be at least equal to the height of the top bearing, L. Figure 6 is an example for IM V1 (see IEC 60034-7).

L'embase doit être solidement fixée, exempte de pivotement, à un sol dur et doit répondre aux exigences de 6.3.1. Pour connecter la bride, on doit utiliser le bon nombre d'attaches de bon diamètre.

6.4 Détermination de l'environnement actif

Les systèmes de support mentionnés en 6.2 et 6.3 sont considérés comme passifs, en admettant que les perturbations externes à la machine sont insignifiantes. Quand pour une même position de mesurage, l'amplitude vibratoire de la machine à l'arrêt est supérieure à 25 % de la valeur lorsque la machine est en marche, alors un environnement actif est censé exister et la présente norme ne s'y applique pas (voir l'ISO 10816-1).

7 Conditions de mesurage

7.1 Clavette

Pour l'équilibrage et le mesurage de l'intensité vibratoire des machines équipées d'une rainure de bout d'arbre, la rainure doit être obstruée par une demi-clavette, conformément à l'ISO 8821.

7.2 Positions de mesurage

7.2.1 Positions de mesurage de la vitesse de vibration

L'emplacement des positions de mesurage et les directions auxquelles se rapportent les niveaux de l'amplitude vibratoire sont indiqués à la Figure 2 pour les machines à flasques paliers et à la Figure 4 pour les machines à supports de palier. La Figure 3 est applicable aux machines dont les mesurages conformément à la Figure 2 ne sont pas possibles sans démontage des éléments.

La Figure 6 s'applique aux machines montées en position verticale.

7.2.2 Positions de mesurage du déplacement relatif de l'arbre

Des capteurs sans contact doivent être installés à l'intérieur du palier, mesurant directement le déplacement relatif de la portée de l'arbre, ou bien (si le montage interne n'est pas réalisable) doivent être installés près de la coquille de coussinet. Les positions radiales préférentielles sont celles indiquées sur la Figure 5.

7.3 Conditions d'essai

Les machines doivent être essayées à vide, toutes les grandeurs correspondantes étant à leur valeur assignée.

Les machines à courant alternatif et à vitesse fixe doivent être alimentées avec une forme d'onde pratiquement sinusoïdale conformément à 6.2 de la CEI 60034-1.

L'essai doit être effectué à chaque vitesse fixe assignée ou dans toute la plage des vitesses fixes assignées. Pour chacun des essais à vitesse fixe, les valeurs ne doivent pas être supérieures aux limites correspondantes données dans le Tableau 1.

Les machines destinées aux entraînements à fréquence variable doivent être essayées aux vitesses pour lesquelles elles sont prévues pendant les essais de type. Afin de discerner les vibrations induites mécaniquement de celles provenant d'autres forces vibratoires d'excitation, il est recommandé que les machines à courant continu soient essayées avec une alimentation à faible ondulation de courant ou avec une alimentation à courant continu.

NOTE Les essais avec des alimentations à fréquence variable ne confirment normalement que les vibrations induites. Il est possible que les vibrations électriquement induites soient différentes. Pour avoir des essais en usine complets, il est nécessaire d'effectuer les essais avec le convertisseur qui sera installé avec le moteur *in situ*.

The mounting base shall be clamped firmly and tilt safe to a solid floor and meet the requirements to 6.3.1. The flange connection shall use the correct number and diameter of fasteners.

6.4 Active environment determination

The support systems described in 6.2 and 6.3 are considered passive, admitting insignificant external disturbances to the machine. When, for the same measurement position, the vibration magnitude with the machine at standstill exceeds 25 % of the value when the machine is running, then an active environment is said to exist and this standard does not apply (see ISO 10816-1).

7 Conditions of measurement

7.1 Key

For the balancing and measurement of vibration on machines provided with a shaft extension keyway, the keyway shall be filled with a half key, according to ISO 8821.

7.2 Measurement positions

7.2.1 Measurement positions for vibration

The location of the measurement positions and directions to which the levels of vibration magnitude apply are shown in Figure 2 for machines with end-shield bearings and in Figure 4 for machines with pedestal bearings. Figure 3 applies to those machines where measurement positions according to Figure 2 are not possible without disassembly of parts.

Figure 6 applies to machines mounted in the vertical position.

7.2.2 Measurement positions for relative shaft displacement

Non-contacting transducers shall be installed inside the bearing, measuring directly the relative shaft journal displacement, or (when inside mounting is not possible) adjacent to the bearing shell. The preferred radial positions are as indicated in Figure 5.

7.3 Test conditions

Machines shall be tested at no-load with all relevant quantities at their rated value.

Fixed speed a.c. machines shall be run with a virtually sinusoidal waveform according to 6.2 of IEC 60034-1.

The test shall be performed at each rated fixed speed or over the rated speed range. For all tested speeds, the values shall not exceed the corresponding limit in Table 1.

Machines intended for variable frequency drives shall be tested at the speeds for which the machine is intended during type tests. In order to discern the mechanically induced vibration from other vibration excitation forces, it is recommended that d.c. machines are tested with a low current ripple supply or pure d.c.

NOTE Tests with variable-frequency power supply normally only confirm mechanically induced vibrations. It is possible that electrically induced vibrations will be different. To have complete factory tests it is necessary to test with the converter to be installed with the motor in-situ.

Pour l'essai individuel de série d'une machine à vitesse variable, l'essai à une seule vitesse basée sur les informations obtenues pendant l'essai de type est autorisé.

Pour les machines ayant deux sens de rotation, les limites de vibration sont applicables à ces deux sens, mais la mesure ne doit être effectuée que dans un seul sens.

7.4 Capteur de vibration

Le contact entre le capteur utilisé pour le mesurage de la vitesse de vibration et la surface de la machine doit être tel que spécifié par le constructeur du capteur et ne doit pas perturber l'état vibratoire de la machine en essai.

Pour cela, il est nécessaire que la masse totale couplée du capteur monté soit inférieure à 1/50 de la masse de la machine.

8 Limites de vibration du logement de palier

8.1 Limites d'amplitude vibratoire

Les limites d'amplitude vibratoire s'appliquent au mesurage en valeur efficace large bande des vitesses, déplacement et accélération de vibration, dans la plage de fréquence spécifiée dans l'Article 5. La plus élevée de ces trois mesures est décisive pour l'évaluation d'amplitude vibratoire.

L'amplitude vibratoire des machines à courant continu et des machines triphasées à courant alternatif, de hauteur d'axe égale et supérieure à 56 mm, dans l'une ou l'autre des deux conditions de montage spécifiées à l'Article 6, ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 1. Les limites sont données pour deux niveaux de vibration. Si aucun niveau n'est spécifié, les machines conformes à la présente norme doivent être de niveau «A».

Pour les essais individuels de série de machines normalisées ayant des vitesses comprises entre 600 min⁻¹ et 3 600 min⁻¹, il suffit de mesurer la vitesse de vibration. Les trois amplitudes vibratoires doivent toutes être vérifiées au cours des essais de type.

NOTE Si l'essai individuel de série est effectué dans une condition de montage en suspension libre, il convient que l'essai de type comprenne aussi un essai avec montage rigide. La présente note est valable pour toute la plage des vitesses de la présente norme.

Tableau 1 – Limites de magnitude vibratoire maximale, en déplacement, vitesse et accélération en valeurs efficaces, pour une hauteur d'axe H

Niveau de vibration	Hauteur d'axe, mm	56 ≤ H ≤ 132			132 < H ≤ 280			H > 280		
	Montage	Déplac. μm	Vitess. mm/s	Acc. m/s ²	Déplac. μm	Vitess. mm/s	Acc. m/s ²	Déplac. μm	Vitess. mm/s	Acc. m/s ²
A	Suspension libre	25	1,6	2,5	35	2,2	3,5	45	2,8	4,4
	Montage rigide	21	1,3	2,0	29	1,8	2,8	37	2,3	3,6
B	Suspension libre	11	0,7	1,1	18	1,1	1,7	29	1,8	2,8
	Montage rigide		–		14	0,9	1,4	24	1,5	2,4

Le niveau «A» s'applique aux machines n'ayant pas d'exigences vibratoires particulières .

Le niveau «B» s'applique aux machines ayant des exigences vibratoires particulières. Le montage rigide n'est pas acceptable pour les machines de hauteur d'axe de moins de 132 mm.

Les fréquences de correspondance entre déplacement/vitesse et vitesse/accélération sont de 10 Hz et 250 Hz respectivement.

NOTE 1 Il est recommandé au constructeur et à l'acheteur de tenir compte du fait que l'instrumentation peut avoir une tolérance de mesurage de ±10 %.

For routine testing of variable-speed machines, it is permitted to test at a single speed based upon information obtained during type test.

For machines that are bi-directional, the vibration limits apply for both directions of rotation, but need to be measured in only one direction.

7.4 Vibration transducer

The mounting of the transducer used for vibration measurement and the machine surface shall be as specified by the manufacturer of the transducer and shall not disturb the vibratory condition of the machine under test.

For this, it is necessary that the total coupled mass of the transducer assembly is less than 1/50 of the mass of the machine.

8 Limits of bearing housing vibration

8.1 Limits of vibration magnitude

The limits apply to the measured broadband r.m.s. vibration velocity, displacement and acceleration in the frequency range specified in Clause 5. Decisive for the evaluation of vibration magnitude is the highest value of these three measurement quantities.

The vibration magnitude for d.c. and three phase a.c. machines with shaft heights 56 mm and higher, for one of either of the two mounting conditions according to Clause 6, shall not exceed the limits specified in Table 1. Limits are given for two vibration grades. When no grade is specified, machines complying with this standard shall be grade "A".

For routine tests of standard machines with speeds between, and including, 600 min⁻¹ and 3 600 min⁻¹, it is sufficient to measure only vibration velocity. All three vibration magnitudes shall be verified during type testing.

NOTE When the routine test is made with a free-suspension mounting condition, the type test should also include testing with rigid mounting. This note is valid for the whole speed range of this standard.

Table 1 – Limits of maximum vibration magnitude in displacement, velocity and acceleration (r.m.s.) for shaft height H

Vibration grade	Shaft height, mm	$56 \leq H \leq 132$			$132 < H \leq 280$			$H > 280$		
	Mounting	Displac. μm	Vel. mm/s	Acc. m/s ²	Displac. μm	Vel. mm/s	Acc. m/s ²	Displac. μm	Vel. mm/s	Acc. m/s ²
A	Free suspension	25	1,6	2,5	35	2,2	3,5	45	2,8	4,4
	Rigid mounting	21	1,3	2,0	29	1,8	2,8	37	2,3	3,6
B	Free suspension	11	0,7	1,1	18	1,1	1,7	29	1,8	2,8
	Rigid mounting		–		14	0,9	1,4	24	1,5	2,4

Grade "A" applies to machines with no special vibration requirements.

Grade "B" applies to machines with special vibration requirements. Rigid mounting is not considered acceptable for machines with shaft heights less than 132 mm.

The interface frequencies for displacement/velocity and velocity/acceleration are 10 Hz and 250 Hz respectively.

NOTE 1 The manufacturer and the purchaser should take into account that the instrumentation can have a measurement tolerance of $\pm 10\%$.

NOTE 2 La hauteur d'axe d'une machine sans pieds ou d'une machine avec pieds surélevés, ou de toute machine verticale est à considérer comme étant égale à la hauteur d'axe d'une machine de même carcasse de base mais du type à pieds avec arbre horizontal.

NOTE 3 Une machine par elle-même bien équilibrée et d'un niveau conforme au Tableau 1 peut, après installation sur le site, présenter des vibrations importantes provoquées par diverses raisons, telles qu'une assise mal adaptée, la réaction de la machine entraînée, l'ondulation de courant de la source de puissance, etc. Des vibrations peuvent également être occasionnées par l'entraînement de pièces présentant une fréquence naturelle d'oscillation très proche de l'excitation en raison d'un faible balourd résiduel de la partie tournante de la machine. Dans de tels cas, il convient d'effectuer des vérifications non seulement sur la machine, mais également sur chaque partie de l'installation (voir l'ISO 10816-3).

8.2 Limites de vitesse de vibration à deux fois la fréquence de ligne pour des machines à courant alternatif

Les machines à deux pôles peuvent présenter des vibrations électromagnétiques à deux fois la fréquence de ligne du système d'alimentation. L'évaluation correcte de ces éléments de vibration exige un montage rigide de la machine qui soit conforme aux prescriptions données en 6.3.

Si les essais de type révèlent une composante dominante à deux fois la fréquence de ligne pour les machines de hauteur d'axe $H > 280$ mm, la limite de la magnitude vibratoire du Tableau 1 (niveau «A») est augmentée de 2,3 mm/s (valeur efficace) à 2,8 mm/s (valeur efficace). Des valeurs supérieures doivent être soumises à un accord préalable. Une composante à deux fois la fréquence de ligne est considérée comme dominante quand les essais de type démontrent que sa valeur efficace est supérieure à 2,3 mm/s (valeur efficace).

8.3 Vibration axiale

L'évaluation de la vibration axiale du palier dépend de la fonction de palier et de la construction du palier.

Dans le cas de paliers de butée, la vibration axiale est corrélée aux pulsations de la poussée qui peuvent endommager la garniture métallique des paliers à coussinets ou parties des paliers à régule. La vibration axiale de ces paliers doit être évaluée de la même façon qu'une vibration transverse et les valeurs limites du Tableau 1 sont applicables.

Si des paliers n'ont pas de limitation axiale par construction, l'exigence peut être assouplie après accord préalable.

9 Limites de vibration relative de l'arbre

Les mesurages des vibrations relatives de l'arbre sont seulement recommandées pour les machines à paliers à coussinets de vitesse supérieure à $1\,200\text{ min}^{-1}$ et de puissance assignée supérieure à 1 000 kW; un accord préalable est nécessaire quant à l'installation de capteurs de mesurage sur l'arbre.

Si les machines à paliers à douille présentent des dispositions particulières pour le montage des capteurs de mesurage de la vibration de l'arbre, les limites du déplacement relatif de la vibration de l'arbre sont spécifiées dans le Tableau 2. Ces limites s'ajoutent à celles exigées à l'Article 8.

NOTE 2 The shaft height of a machine without feet, or a machine with raised feet, or any vertical machine is to be taken as the shaft height of a machine in the same basic frame, but of the horizontal shaft foot-mounting type.

NOTE 3 A machine which is well-balanced in itself and of a grade conforming with Table 1, may exhibit large vibrations when installed in-situ arising from various causes, such as unsuitable foundations, reaction of the driven machine, current ripple from the power supply, etc. Vibration may also be caused by driving elements with a natural oscillation frequency very close to the excitation due to the small residual unbalance of the rotating masses of the machine. In such cases, checks should be carried out not only on the machine, but also on each element of the installation. (See ISO 10816-3).

8.2 Limits of vibration velocity with twice-line frequency for a.c. machines

Two-pole machines may have electromagnetic excited vibration at twice the frequency of the power system. The correct evaluation of these vibration components requires a rigid mounting of the machine, which complies with the requirements given in 6.3.

When type tests demonstrate a dominant twice line frequency component for machines having $H > 280$ mm, the vibration magnitude limit in Table 1 (for Grade A) is increased to 2,8 mm/s (r.m.s.) from 2,3 mm/s (r.m.s.) Greater values are subject to prior agreement. A twice line frequency component is considered dominant when type tests demonstrate it to be greater than 2,3 mm/s (r.m.s.).

8.3 Axial vibration

The evaluation of axial bearing vibration depends on the bearing function and bearing construction.

In case of thrust bearings, axial vibration correlates with thrust pulsations, which could cause damage to the metal liner of sleeve bearings or to parts of antifriction bearings. Axial vibration of these bearings shall be evaluated in the same manner as transverse vibration and Table 1 limits apply.

Where bearings have no axial limiting construction, the requirement may be relaxed by prior agreement.

9 Limits of relative shaft vibration

Relative shaft vibration measurements are recommended only for sleeve bearing machines with speeds $> 1\,200$ min⁻¹; rated power $> 1\,000$ kW; and shall be subject to prior agreement with respect to the necessary provisions regarding the installation of shaft measurement transducers.

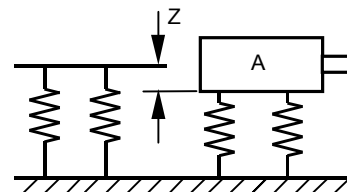
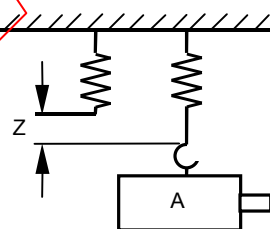
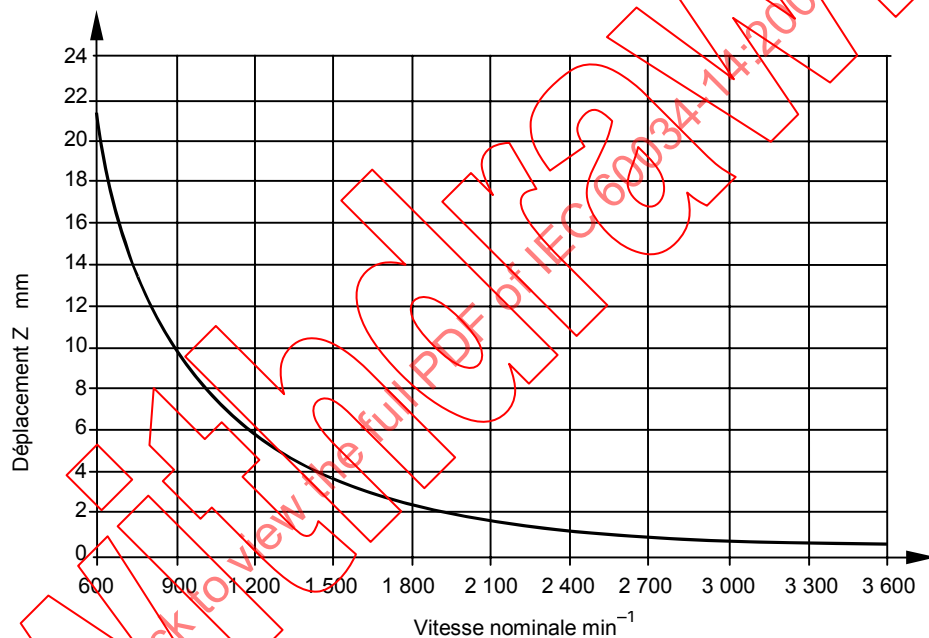
When machines with sleeve bearings have special provisions for the installation of shaft vibration measurement transducers, the limits for the relative shaft vibration displacement are specified in Table 2. These limits are in addition to those required in Clause 8.

Tableau 2 – Limites de vibration d'arbre maximale (S_{p-p}) et faux-rond maximal

Niveau de vibration	Plage de vitesse min ⁻¹	Déplacement maximal relatif de l'arbre μm	Faux-rond mécanique et électrique maximal μm
A	>1 800	65	16
	≤1 800	90	23
B	>1 800	50	12,5
	≤1 800	65	16

NOTE 1 Les machines de niveau de vibration "B" sont fréquemment spécifiées pour des entraînements à vitesses élevées dans des installations critiques.

NOTE 2 Les limites de déplacement maximal relatif de l'arbre incluent le faux-rond. Pour une définition du faux-rond, voir l'ISO 7919-1.



IEC 2466/03

Légende

A machine à l'essai

Z déplacement

NOTE Il convient que la masse effective du support élastique ne soit pas supérieure à 1/10 de celle de la machine, afin de réduire l'influence de la masse et des moments d'inertie de ces éléments sur le niveau de vibration.

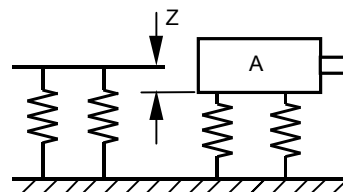
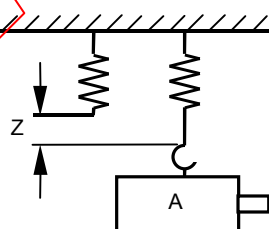
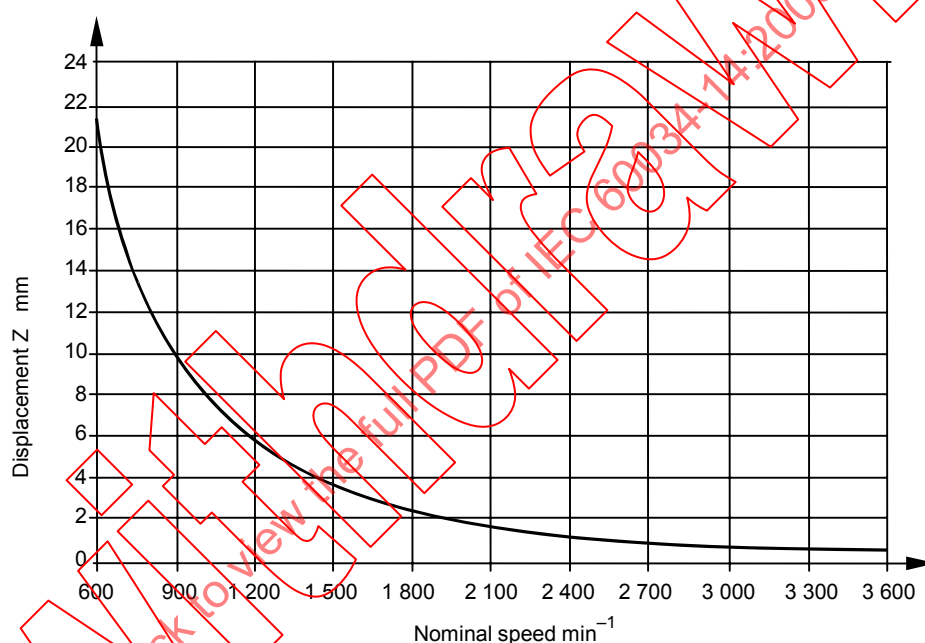
Figure 1 – Déplacement élastique minimal en fonction de la vitesse nominale

Table 2 – Limits for the maximum shaft vibration (S_{p-p}) and the maximum run-out

Vibration grade	Speed range min ⁻¹	Maximum relative shaft displacement μm	Maximum combined mechanical and electrical run-out μm
A	>1 800	65	16
	≤1 800	90	23
B	>1 800	50	12,5
	≤1 800	65	16

NOTE 1 Machines with vibration grade "B" are frequently specified for high speed drives in critical installations.

NOTE 2 The maximum relative shaft displacement limits include the run-out. For the definition of the run-out see ISO 7919-1.



IEC 2466/03

Key

A machine under test

Z displacement

NOTE To reduce the influence of the mass and the moments of inertia of the suspension system on the vibration level the effective mass of the elastic support should be not greater than 1/10 of that of the machine.

Figure 1 – Minimum elastic displacement as a function of nominal speed

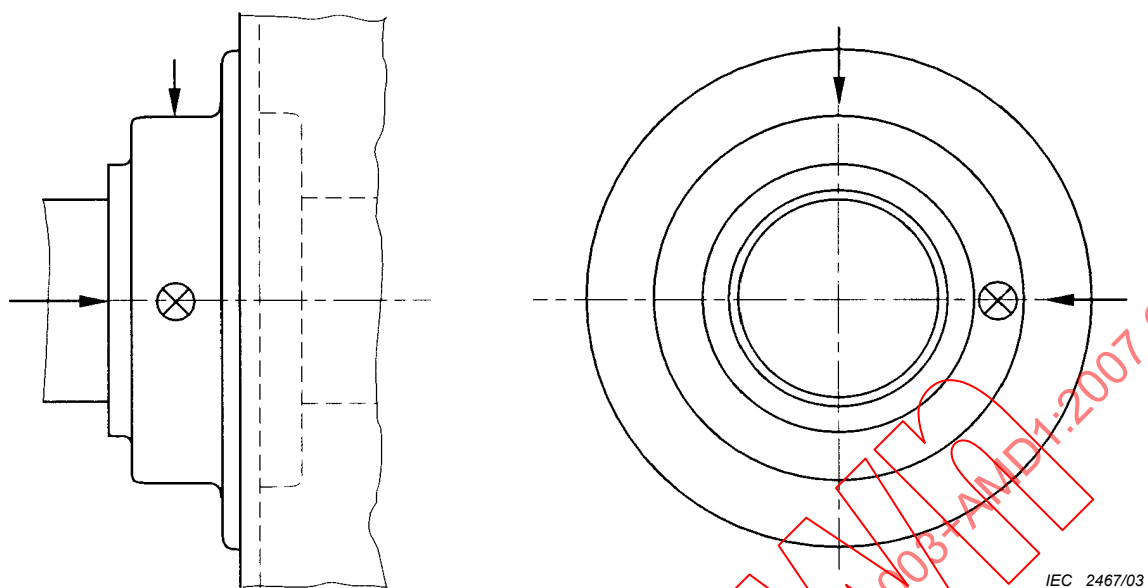


Figure 2 – Positions préférentielles de mesurage applicables à une seule ou aux deux extrémités de la machine

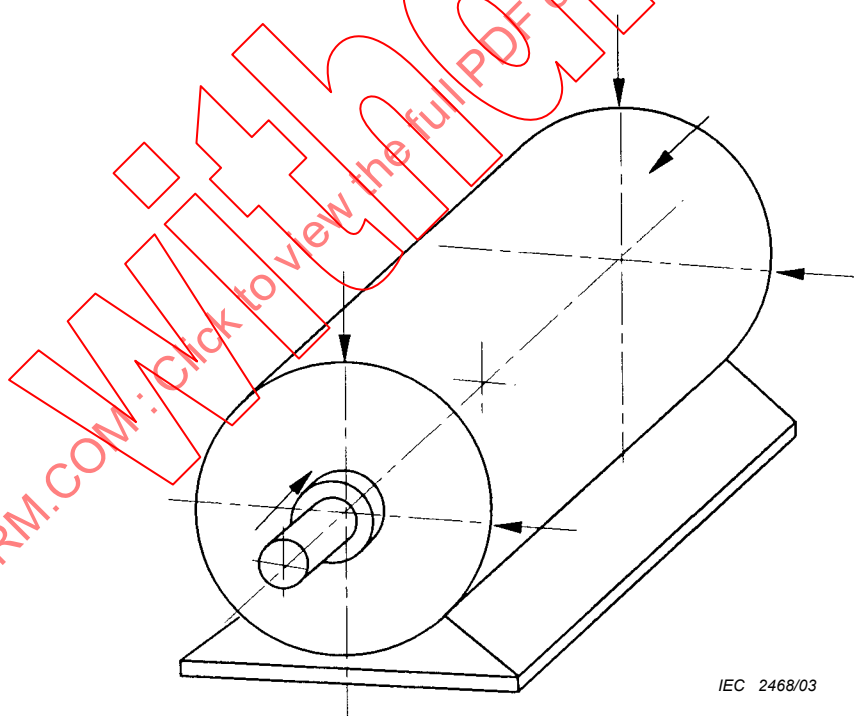


Figure 3 – Positions de mesurage pour les extrémités de machines où les mesurages selon la Figure 2 ne sont pas possibles sans le démontage des éléments

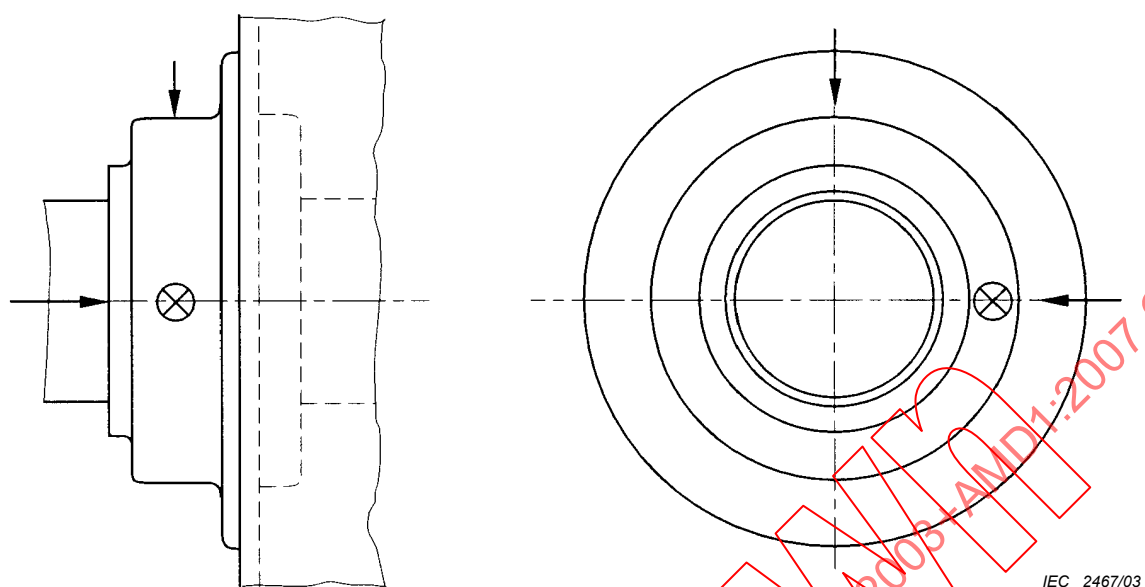


Figure 2 – Preferred positions of measurement applicable to one or both ends of the machine

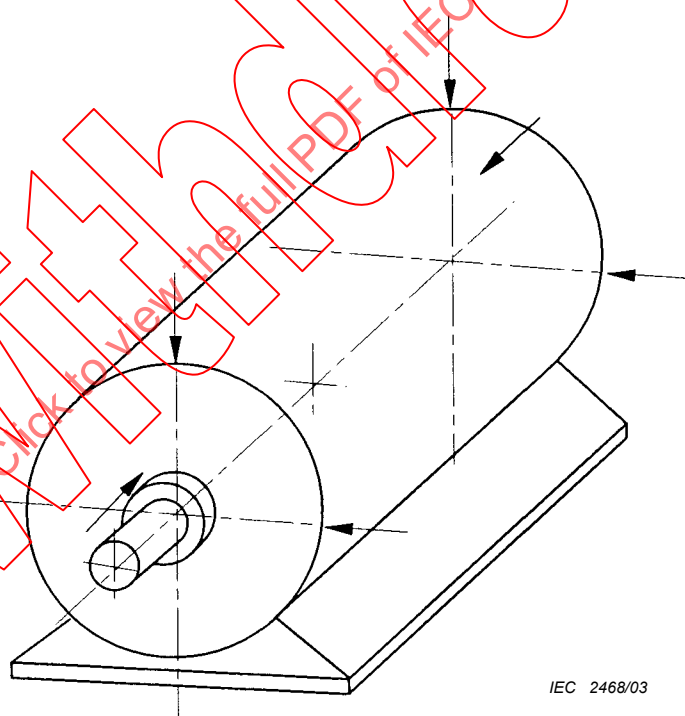
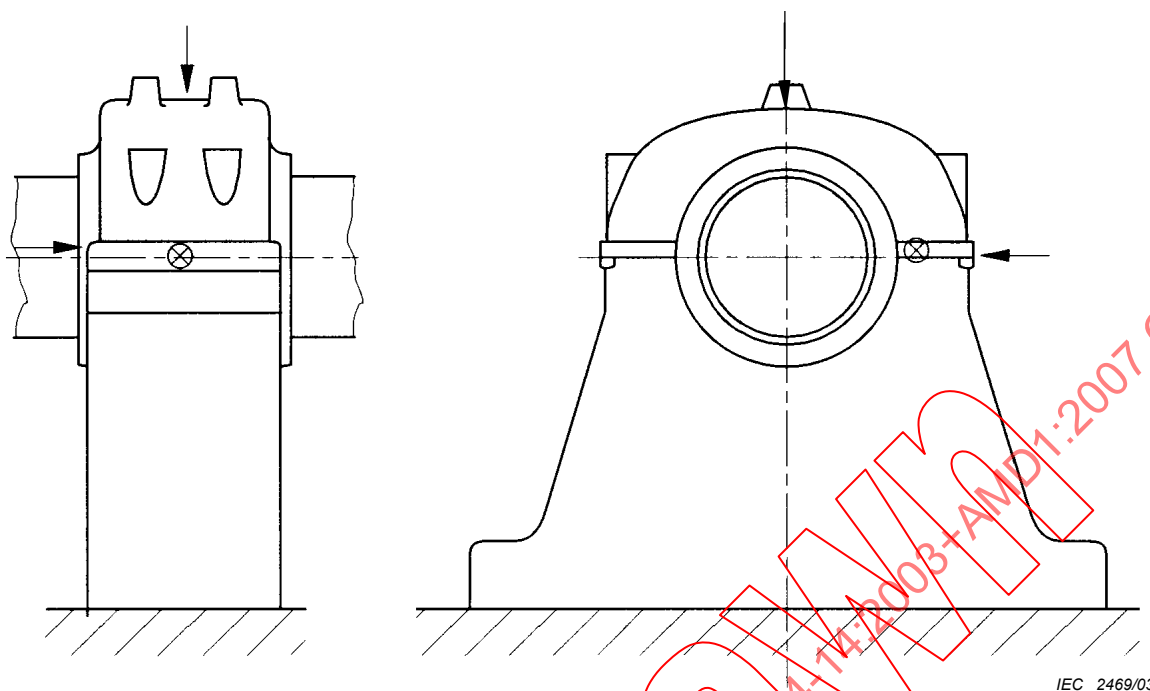
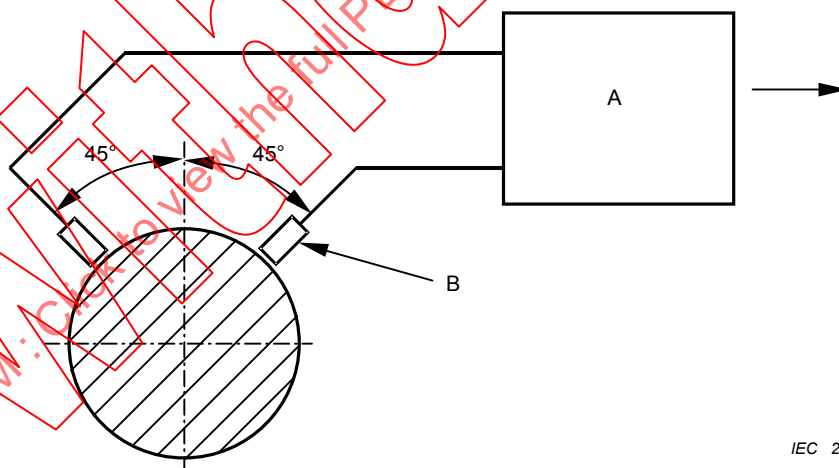


Figure 3 – Measurement positions for those ends of machines where measurements according to figure 2 are not possible without disassembly of parts



IEC 2469/03

Figure 4 – Positions de mesure pour pied support de palier



IEC 2470/03

Légende

- A - conditionneur
- B - capteur

Figure 5 – Installation préférentielle des capteurs pour le mesurage du déplacement relatif de l'arbre

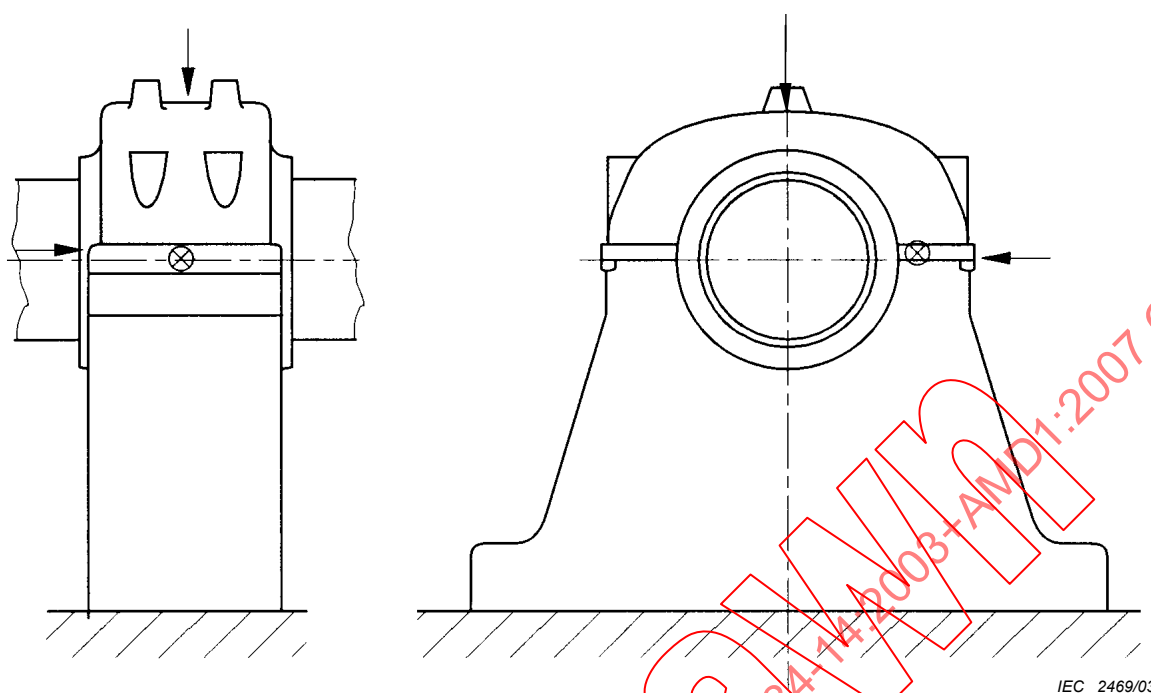
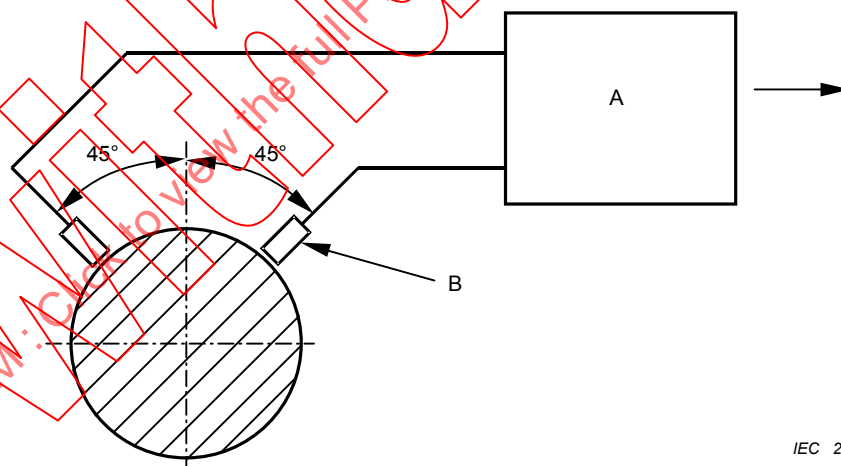


Figure 4 – Measurement positions for pedestal bearing



IEC 2470/03

Key

A signal conditioner

B transducer

Figure 5 – Preferred circumferential position of transducers for the measurement of relative shaft displacement