
**Vibrations mécaniques —
Méthodologie pour la sélection des
normes appropriées relatives aux
vibrations des machines**

*Mechanical vibration — Methodology for selecting appropriate
machinery vibration standards*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Numéro de référence
ISO/TR 19201:2013(F)

© ISO 2013

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Normes internationales	1
2.1 Normes de base relatives aux vibrations des machines	1
2.2 Normes connexes relatives aux vibrations des machines	2
2.3 Normes supplémentaires relatives aux vibrations des machines	2
3 Termes et définitions	3
4 Évaluation des vibrations des machines	3
4.1 Généralités	3
4.2 Normes relatives aux vibrations des machines et critères d'évaluation	3
4.3 Classification de la sévérité des vibrations de machines	4
4.4 Modes opératoires et instruments de mesurage	4
4.5 Résumés des normes relatives aux vibrations	5
5 Mesurages effectués sur des parties non tournantes	5
6 Mesurages effectués sur des parties tournantes	8
7 Normes connexes	10
8 Lignes directrices d'analyse afin de sélectionner la norme de vibrations la plus appropriée à des machines spécifiques	12
8.1 Généralités	12
8.2 Relations de base pour les vibrations des arbres tournants et de la chaise	16
Annexe A (informative) Dynamique des paliers	18
Annexe B (informative) Raideur dynamique de la chaise	22
Annexe C (informative) Exemples de valeurs types de raideur dynamique pour les paliers et les chaises	23
Annexe D (informative) Raideur dynamique de la partie palier combinée avec la chaise	25
Annexe E (informative) Normes internationales relatives aux vibrations des machines présentées par domaine d'application	28
Bibliographie	33

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2, www.iso.org/directives.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, www.iso.org/patents.

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

get full document from standards.iteh.ai

Vibrations mécaniques — Méthodologie pour la sélection des normes appropriées relatives aux vibrations des machines

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique fournit des lignes directrices pour le choix de normes de vibration appropriées à des types de machines spécifiques, permettant ainsi le choix de la méthode de mesurage et d'évaluation des vibrations la plus appropriée. Des résumés de l'ISO 10816 (Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes) et de l'ISO 7919 (Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants) sont fournis, ainsi que des résumés d'autres Normes internationales liées aux machines.

Le présent Rapport technique fournit une vue d'ensemble des Normes internationales concernées, en présentant un résumé de leur domaine d'application. Il fournit également une base d'analyse théorique afin d'établir s'il convient que des mesurages de vibrations soient réalisés sur les parties non tournantes, sur les arbres tournants ou sur ces deux types d'éléments, pour les machines au sujet desquelles on ne dispose pas d'expérience antérieure. Il n'est pas destiné à remplacer l'expérience pratique reconnue des fabricants ou des utilisateurs pour des types de machines spécifiques: il peut exister, pour une machine donnée, une expérience ou des caractéristiques spécifiques se traduisant par un choix différent d'un mode opératoire de mesurage plus approprié.

Le but du présent Rapport technique n'est pas de donner au lecteur tous les détails techniques fournis dans les Normes internationales nécessaires pour effectuer une tâche de mesurage ou d'évaluation sur une machine particulière: il s'agit plutôt de guider le lecteur vers les Normes internationales appropriées. Ce sont ces Normes internationales qui fournissent les détails nécessaires. Ensuite, après avoir suivi une formation adaptée, le lecteur est en mesure de réaliser la tâche de mesurage ou d'évaluation.

2 Normes internationales

NOTE 1 Les Normes internationales auxquelles le présent Rapport technique fait référence sont revues de manière périodique. L'utilisation des Normes internationales présentées nécessite de s'assurer que l'on dispose des dernières éditions (y compris les éventuels amendements et rectificatifs).

NOTE 2 Un certain nombre de Normes internationales évoquées dans le présent Rapport technique, ainsi que d'autres Normes internationales, sont résumées selon leur domaine d'application au [Tableau E.1](#).

NOTE 3 Le présent Rapport technique fournit un instantané des normes pertinentes actuelles. Toutefois, de façon inévitable, de nouvelles normes seront élaborées au fil du temps. De plus, il peut exister d'autres normes disponibles pour des types de machines spécifiques qui n'ont pas été référencées. Il convient que l'absence de telles références ne soit pas interprétée comme un signe de non validité des normes concernées.

2.1 Normes de base relatives aux vibrations des machines

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

ISO 7919-2, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants — Partie 2: Turbines à vapeur et alternateurs pour applications terrestres, excédant 50 MW avec des vitesses normales de fonctionnement de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min et 3 600 r/min*

ISO 7919-3, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants — Partie 3: Machines industrielles couplées*

ISO 7919-4, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants — Partie 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide*

ISO 7919-5, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants — Partie 5: Machines équipant les centrales hydroélectriques et les stations de pompage*

ISO 10816-1, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 1: Directives générales*

ISO 10816-2, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 2: Turbines à vapeur et alternateurs pour applications terrestres, excédant 50 MW avec des vitesses normales de fonctionnement de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min et 3 600 r/min*

ISO 10816-3, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 3: Machines industrielles de puissance nominale supérieure à 15 kW et de vitesse nominale de fonctionnement entre 120 r/min et 15 000 r/min, lorsqu'elles sont mesurées in situ*

ISO 10816-4, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide*

ISO 10816-5, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 5: Groupes générateurs de puissance et installations de pompage hydrauliques*

ISO 10816-6, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 6: Machines alternatives de puissance nominale supérieure à 100 Kw*

ISO 10816-7, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 7: Pompes rotodynamiques pour applications industrielles, y compris mesurages sur les arbres tournants*

ISO 10816-8, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 8: Systèmes de compresseurs alternatifs*

2.2 Normes connexes relatives aux vibrations des machines

ISO 3046-5, *Moteurs alternatifs à combustion interne — Performances — Partie 5: Vibrations de torsion*

ISO 8579-2, *Code de réception des engrenages — Partie 2: Détermination des vibrations mécaniques d'une transmission par engrenages au cours des essais de réception*

ISO 13373-1, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations — Partie 1: Procédures générales*

ISO 13373-2, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations — Partie 2: Traitement, analyse et présentation des données vibratoires*

ISO 13373-3¹⁾, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations — Partie 3: Guidelines for vibration diagnosis*

ISO 14694, *Ventilateurs industriels — Spécifications pour l'équilibrage et les niveaux de vibration*

ISO 14695, *Ventilateurs industriels — Méthode de mesure des vibrations des ventilateurs*

2.3 Normes supplémentaires relatives aux vibrations des machines

ISO 1925, *Vibrations mécaniques — Équilibrage — Vocabulaire* ²⁾

ISO 2041, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance — Vocabulaire*

ISO 2954, *Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives — Exigences relatives aux appareils de mesure de l'intensité vibratoire*

1) Prévue

2) Deviendra l'ISO 21940-2 une fois révisée.

ISO 5348, *Vibrations et chocs mécaniques — Fixation mécanique des accéléromètres*

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

ISO 21940-31, *Vibrations mécaniques — Équilibrage des rotors — Partie 31: Susceptibilité et sensibilité des machines aux balourds*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 1925 et dans l'ISO 2041 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

vibrations absolues de l'arbre

vibrations de l'arbre mesurées à partir des coordonnées absolues

3.2

vibrations relatives de l'arbre

vibrations de l'arbre mesurées à partir du support du transducteur (par exemple, corps de palier)

3.3

vibrations de la chaise

vibrations de la structure de support du palier

3.4

raideur dynamique du palier

raideur dynamique de la partie palier, y compris les effets d'amortissement et de masse

3.5

raideur dynamique de la chaise

raideur dynamique de la structure de support du palier, y compris les effets d'amortissement et de masse

4 Évaluation des vibrations des machines

4.1 Généralités

L'ISO 10816 fournit des lignes directrices pour le mesurage et l'évaluation des vibrations pour différents types de machines, fondés sur des mesurages effectués sur les parties non tournantes des machines.

L'ISO 7919 fournit des lignes directrices pour le mesurage et l'évaluation des vibrations, fondés sur des mesurages effectués sur les arbres tournants des machines.

D'autres recommandations sont fournies dans les normes connexes et supplémentaires relatives aux vibrations des machines, listées en [2.2](#) et [2.3](#).

4.2 Normes relatives aux vibrations des machines et critères d'évaluation

Les machines peuvent être subdivisées en quatre catégories pour les besoins du mesurage et de l'évaluation des vibrations:

- a) *Machines alternatives comportant à la fois des composants tournants et des composants alternatifs*, telles que des moteurs diesel et certains types de compresseurs et de pompes. Les vibrations sont habituellement mesurées sur la structure principale de la machine à de basses fréquences, généralement dans la plage allant de 2 Hz à 1 000 Hz.
- b) *Machines rotatives comportant des rotors à comportement rigide*, telles que certains types de moteurs électriques, des pompes monocellulaires et des pompes à vitesse lente. Les vibrations sont habituellement mesurées sur la structure principale (par exemple sur les chapeaux ou chaises de

palier), là où les amplitudes de vibrations sont représentatives des forces d'excitation générées par le rotor à cause d'un balourd, du cintrage thermique, du frottement ou d'autres sources d'excitation.

- c) *Machines rotatives comportant des rotors à comportement flexible*, telles que de grands groupes turbine à vapeur et à gaz-alternateur, des pompes multicellulaires et des compresseurs. La machine peut être réglée sur différents modes de vibration étant donné qu'elle passe par une ou plusieurs vitesses de résonance pour atteindre sa vitesse de fonctionnement. Sur ce type de machine, l'amplitude des vibrations mesurées sur un élément de structure peut ne pas être totalement représentative de la vibration du rotor. Par exemple, un rotor flexible peut subir de très grands déplacements en raison d'une défaillance de la machine, même si l'amplitude des vibrations mesurées sur le chapeau de palier est faible. En conséquence, il peut s'avérer nécessaire de mesurer les vibrations directement sur l'arbre.
- d) *Machines rotatives comportant des rotors à comportement quasi rigide*, telles que certains rotors à turbine à vapeur, des compresseurs à flux axial et des ventilateurs. De telles machines contiennent une catégorie particulière de rotors flexibles pour laquelle les amplitudes de vibrations mesurées sur le chapeau de palier sont représentatives des vibrations de l'arbre.

[L'Article 8](#) fournit les détails d'une approche analytique visant à déterminer la méthode de mesurage des vibrations (ou la Norme internationale) la plus avantageuse à utiliser sur une machine particulière, en se fondant sur les caractéristiques physiques et structurelles de la machine.

4.3 Classification de la sévérité des vibrations de machines

Dans la classification de la sévérité des vibrations de machines, la variable de mouvement utilisée (déplacement, vitesse ou accélération) dépend de la Norme internationale applicable, de la plage de fréquences et d'autres facteurs. C'est ainsi qu'en classant les vibrations de machines dans la plage allant de 10 Hz à 1 000 Hz, on utilise habituellement la vitesse de vibration, car elle produit une mesure simple de la sévérité des vibrations d'une machine. Pour les vibrations de fréquence plus basse et plus élevée, les grandeurs de mesure préférées sont respectivement le déplacement et l'accélération.

Pour un mouvement harmonique simple, la valeur de crête ou la valeur efficace de la variable de mouvement peut être utilisée. Cependant, pour les machines dont le mouvement est complexe, l'utilisation de ces deux mesures produit des résultats nettement différents, principalement à cause de formes d'ondes particulières telles que les ondes pulsées ou les harmoniques de plus haute fréquence, et des coefficients de pondération différents leurs sont attribués. Pour les machines rotatives dont la vitesse de rotation se situe entre 600 r/min et 12 000 r/min, les valeurs efficaces de la vitesse de vibration correspondent le plus à la sévérité des vibrations. Il existe donc une mesure spéciale, la sévérité des vibrations, qui a été définie par le passé comme étant la plus haute valeur de la mesure de la valeur efficace de la vitesse de vibration sur une large bande dans la plage de fréquences allant de 10 Hz à 1 000 Hz, telle qu'évaluée sur la structure aux endroits recommandés et définis dans la norme appropriée à ce type de machine (par exemple, l'ISO 10816-2).

NOTE De nos jours, la sévérité des vibrations est un terme générique désignant la valeur de vibrations maximale mesurée sur les parties non tournantes d'une machine, indépendamment du fait qu'il s'agisse du déplacement, de la vitesse ou de l'accélération (voir l'ISO 2954).

4.4 Modes opératoires et instruments de mesurage

Les Normes internationales référencées comprennent des modes opératoires pour mesurer les signaux relatifs de l'arbre au corps de palier, pour effectuer des mesurages absolus et pour des applications sismiques.

Les transducteurs recommandés et décrits comprennent le déplacement, la vitesse et l'accélération; leurs plages et limites d'application, d'amplitude et de fréquences, pour les dispositifs fixés et non fixés, sont incluses. L'ISO 2954 fournit des spécifications relatives aux instruments mesurant la vibration des corps des machines. L'ISO 5348 fournit des recommandations relatives à la fixation des accéléromètres sur le corps des machines qui, dans la plupart des cas, s'appliquent également aux transducteurs de vitesse. L'ISO 10817-1 décrit le capteur (transducteur), le conditionnement du signal, les méthodes de fixation et les modes opératoires d'étalonnage pour l'instrumentation destinée à mesurer les vibrations des arbres.

4.5 Résumés des normes relatives aux vibrations

L'[Article 5](#) et l'[Article 6](#) contiennent de brèves descriptions des normes relatives aux vibrations des machines les plus importantes, qu'elles soient publiées ou en cours d'élaboration. Elles incluent les modes opératoires de mesurage sur large bande, les valeurs limites et les zones. L'[Article 5](#) traite: des mesurages sur parties non tournantes; des machines alternatives; des mesurages sur les arbres tournants non alternatifs; et des machines comportant des transmissions par engrenages. L'[Article 6](#) traite de modes opératoires de mesurage similaires, des valeurs limites et des zones sur les arbres tournants. Les mesurages sur les machines munies de rotors à comportement rigide ou flexible sont également pris en considération. Pour obtenir des détails relatifs au type et à la taille des machines, ainsi qu'aux limites de vibrations pour les zones d'opération, allant de «acceptables» à «critiques», consulter individuellement chacune des Normes internationales.

L'[Article 7](#) comprend de brefs résumés des Normes internationales connexes, fournis en plus de ceux de l'ISO 7919 et de l'ISO 10816.

5 Mesurages effectués sur des parties non tournantes

5.1 L'ISO 10816-1 fournit des lignes directrices générales qui décrivent des modes opératoires pour le mesurage et l'évaluation des vibrations, fondés sur des mesurages effectués sur les parties non tournantes des machines. Il s'agit de la première partie d'une série de Normes internationales qui fournissent des critères individuels pour chaque classe générale de machines couverte, et qui sont propres à ces machines. Ces critères, qui sont présentés en termes à la fois d'amplitude de vibration et de changement de vibration, se rapportent au diagnostic de fonctionnement et aux essais de réception.

L'ISO 10816 vise les objectifs suivants:

- a) couvrir la plage de fréquences à large bande des machines à vitesse lente et à vitesse rapide;
- b) établir les critères vibratoires afin d'inclure diverses zones d'opération;
- c) intégrer des critères vibratoires issus d'une enquête réalisée à l'échelle mondiale;
- d) inclure des critères et des modes opératoires de mesurage uniques pour des types de machines spécifiques.

Des lignes directrices générales visant à établir des zones d'évaluation dans des conditions de fonctionnement en régime permanent et dans des conditions transitoires sont décrites. Elles fournissent la base des critères d'évaluation spécifiques aux machines qui figurent dans les parties suivantes de l'ISO 10816. Ces zones sont définies comme suit:

Zone A: Les vibrations des machines nouvellement mises en service appartiennent normalement à cette zone.

Zone B: Les machines dont les vibrations se situent dans cette zone sont normalement considérées comme acceptables pour un service de longue durée sans la moindre restriction.

Zone C: Les machines dont les vibrations appartiennent à cette zone sont normalement considérées comme non satisfaisantes pour un fonctionnement continu à long terme. D'une manière générale, la machine peut être exploitée dans ces conditions pendant une période limitée dans l'attente d'une occasion permettant d'y apporter une action corrective.

Zone D: Les valeurs de vibrations appartenant à cette zone sont normalement considérées comme suffisamment importantes pour endommager la machine.

Les limites de vibrations définissant les limites des zones constituent des lignes directrices permettant d'éviter des insuffisances graves ou des exigences irréalistes. Les critères de réception doivent toujours faire l'objet d'un accord entre le fournisseur de la machine et son acquéreur avant l'installation. Les zones d'évaluation fournissent une base afin de définir les critères d'acceptation de machines neuves ou

remises à neuf. Historiquement, les critères de réception ont été spécifiés dans la zone A ou la zone B, mais ils ne devraient normalement pas dépasser 1,25 fois la limite de zone A/B.

Le mesurage des vibrations est à large bande et la plage de fréquences est suffisante pour garantir que la machine en question est couverte de manière adéquate, ce qui dépend du type de machine considéré. Par exemple, il convient que la plage de fréquences nécessaire pour évaluer l'intégrité d'une machine comportant des paliers à roulement inclue des fréquences plus élevées que celles des machines comportant des paliers à film fluide. En plus des mesurages de vitesse de vibration, qui étaient les critères fondamentaux des premières Normes internationales en raison de leur rapport avec l'énergie vibratoire, l'ISO 10816 inclut d'autres critères tels que le déplacement, l'accélération et les valeurs de crête au lieu des valeurs efficaces, car ces critères peuvent être préférés lorsque l'on considère des machines conçues pour une vitesse de fonctionnement ultralente ou ultrarapide.

5.2 L'ISO 10816-2 donne des lignes directrices spécifiques concernant l'évaluation de la sévérité des vibrations mesurées sur les paliers ou les chaises de grands groupes turbine à vapeur-alternateur. Les mesurages effectués à de tels endroits spécifiés caractérisent raisonnablement l'état vibratoire global de ces machines.

Il convient que le système de mesurage des vibrations soit capable de mesurer les vibrations efficaces à large bande sur une plage de fréquences allant au moins de 10 Hz à 500 Hz. Toutefois, si les instruments doivent également être utilisés à des fins de diagnostic, ou pour la surveillance durant les phases de montée en vitesse ou de ralentissement de la machine, ou en cas de survitesse, une plage de fréquences plus large peut s'avérer nécessaire.

L'ISO 10816-2 inclut les critères vibratoires fondés sur la vitesse de vibration efficace du corps ou de la chaise de palier pour les groupes turbine à vapeur-alternateur excédant 50 MW avec des vitesses nominales de fonctionnement de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min et 3 600 r/min. Ces valeurs s'appliquent in situ dans des conditions de régime permanent et concernent diverses zones d'opération. La description des zones est la même que dans l'ISO 10816-1. Les conditions de régime transitoire, telles que les fluctuations de vitesse ou de charge, sont également couvertes.

5.3 L'ISO 10816-3 fournit des lignes directrices spécifiques pour évaluer la sévérité des vibrations sur les paliers, les chaises de palier ou les corps de machines industrielles couplées lors de mesurages in situ. L'ISO 10816-3 couvre les turbines à vapeur jusqu'à 50 MW et les ensembles turbine à vapeur présentant une puissance supérieure à 50 MW et une vitesse inférieure à 1 500 r/min ou supérieure à 3 600 r/min. Sont également inclus: les compresseurs, les turbines à gaz industrielles dont la puissance n'excède pas 3 MW, les générateurs (autres que ceux couverts par l'ISO 10816-2), les moteurs électriques de tous types, et tous les ventilateurs et souffleries dont la puissance dépasse 300 kW, ainsi que les autres ventilateurs qui ne sont pas fixés de manière trop flexible. Elle couvre également les pompes qui ne sont pas traitées par l'ISO 10816-7.

Des différences significatives dans la conception, le type de paliers et le type de structures de support nécessitent que l'ISO 10816-3 soit divisée en deux groupes de machines, à savoir:

- a) Groupe 1: grandes machines présentant une puissance nominale supérieure à 300 kW ou machines électriques présentant des hauteurs d'arbre supérieures ou égales à 315 mm;
- b) Groupe 2: machines de taille moyenne présentant une puissance nominale comprise entre plus de 15 kW et 300 kW (inclus) ou machines électriques présentant des hauteurs d'arbre comprises entre 160 mm et 315 mm (exclus).

Les plus grandes machines comportent normalement des paliers à coussinets et la plage de vitesses de fonctionnement ou nominales est relativement large, allant de 120 r/min à 15 000 r/min.

Les classifications des zones de sévérité des vibrations pour les grandes machines industrielles présentant une puissance nominale comprise entre 300 kW et 50 MW (Groupe 1) sont incluses. Les classifications des zones de sévérité des vibrations pour les machines industrielles de taille moyenne présentant une puissance nominale comprise entre 15 kW et 300 kW (Groupe 2) sont également incluses. La description des zones est la même que dans l'ISO 10816-1.

5.4 L'ISO 10816-4 donne des lignes directrices spécifiques concernant l'évaluation de la sévérité des vibrations mesurées sur les corps ou chaises de paliers des turbines à gaz à paliers à film fluide.

L'ISO 10816-4 s'applique aux turbines à gaz en service intensif utilisées pour des applications à commande électrique et mécanique couvrant la plage de puissance supérieure à 3 MW et une plage de vitesses en charge située entre 3 000 r/min et 30 000 r/min. Généralement, les critères s'appliquent à la fois aux turbines à gaz et aux équipements commandés. En ce qui concerne les générateurs supérieurs à 50 MW, les critères de l'ISO 10816-2 sont utilisés pour évaluer la sévérité des vibrations et ceux de l'ISO 10816-3 sont utilisés pour les générateurs dont la puissance nominale est inférieure ou égale à 50 MW.

L'évaluation des limites de zone fondée sur les vibrations du corps ou de la chaise de palier pour les turbines à gaz industrielles est incluse. Ces critères supposent que les turbines à gaz comportent des paliers à film fluide et que les mesurages des vibrations sont des valeurs à large bande relevées in situ dans des conditions normales de fonctionnement en régime permanent. Les conditions de régime transitoire, telles que les fluctuations de vitesse ou de charge, sont également couvertes. L'ISO 10816-4 englobe les machines qui peuvent avoir des transmissions par engrenages, mais elle ne concerne pas l'évaluation de l'état de ces transmissions. La description des zones est la même que dans l'ISO 10816-1.

5.5 L'ISO 10816-5 fournit des lignes directrices spécifiques pour évaluer la sévérité des vibrations mesurées sur les paliers, les chaises de palier ou les corps de machines hydrauliques lors de mesurages in situ. Elle s'applique aux groupes générateurs de puissance et installations de pompage hydrauliques lorsque les machines hydrauliques présentent des vitesses comprises entre 120 r/min et 1 800 r/min, comportent des paliers à demi-coussinets ou à coussinets, et dont la puissance du moteur principal est au moins égale à 1 MW. La position de l'axe de l'arbre peut être verticale, horizontale, ou former un angle arbitraire entre ces deux directions.

L'ISO 10816-5 comprend: turbines et générateurs, pompes et machines électriques fonctionnant comme moteurs, turbopompes et groupes convertisseurs, y compris le matériel auxiliaire (par exemple les turbines de démarrage ou les excitatrices se situant sur l'axe de l'arbre). Elle comprend également les turbines ou pompes individuelles reliées à des générateurs ou à des moteurs électriques par l'intermédiaire de transmissions et/ou d'accouplements flexibles.

Les critères vibratoires efficaces recommandés en fonction de la vitesse de rotation d'arbre pour les machines hydrauliques dont la puissance nominale est supérieure à 1 MW et la vitesse nominale comprise entre 120 r/min et 1 800 r/min sont inclus.

5.6 L'ISO 10816-6 établit des modes opératoires et des lignes directrices pour le mesurage et la classification des vibrations mécaniques de machines alternatives. En général, l'ISO 10816-6 se réfère aux mesurages de vibrations effectués sur la structure principale de la machine et les valeurs limites sont définies principalement pour assurer un fonctionnement fiable et sécurisé de la machine, ainsi que pour éviter les problèmes liés aux équipements auxiliaires fixés sur la structure de la machine.

Dans le cas des machines alternatives, les vibrations mesurées sur la structure principale de la machine, et qualifiées selon l'ISO 10816-6, ne peuvent donner qu'une idée approximative des contraintes et des états vibratoires que connaissent les composants se trouvant dans la machine elle-même. Par exemple, les vibrations de torsion des parties tournantes ne peuvent généralement pas être déterminées par des mesurages effectués sur les parties structurales de la machine. Selon l'expérience acquise avec des machines similaires, les dommages pouvant se produire lors du dépassement des valeurs limites sont principalement subis par les composants fixés sur la machine (par exemple, turbocompresseurs, échangeurs thermiques, régulateurs, pompes, filtres), par les éléments de connexion des machines comportant des dispositifs périphériques (par exemple, conduites), ou par les instruments de surveillance (par exemple, manomètres, thermomètres).

Cette Norme internationale s'applique généralement aux machines alternatives à pistons, montées de manière rigide ou flexible et présentant une puissance nominale supérieure à 100 kW. Exemples types d'application: moteurs à propulsion des navires, moteurs auxiliaires des navires, moteurs utilisés dans les groupes électrogènes diesel, compresseurs à gaz et locomotives diesel. Les amplitudes maximales pour le déplacement, la vitesse et l'accélération des vibrations sont données, et un nomogramme de la sévérité des vibrations est inclus.

5.7 L'ISO 10816-7 fournit des lignes directrices pour l'évaluation des vibrations sur les pompes rotodynamiques pour applications industrielles présentant une puissance nominale supérieure à 1 kW. Elle décrit les exigences relatives à l'évaluation des mesurages des vibrations sur les parties non tournantes. Elle fournit également des lignes directrices pour évaluer la sévérité des vibrations mesurées sur les paliers, que cela soit effectué in situ, dans les installations d'essai du fabricant ou dans l'usine. Des zones et des limites sont fournies pour les essais de réception réalisés dans les installations d'essai du fabricant, si cela est spécifié, et des critères spéciaux sont donnés. Les limites de zone incluses concernent les vibrations des pompes horizontales et verticales, indépendamment de la flexibilité de leur support.

Pour un service de longue durée, deux critères supplémentaires sont fournis. Le premier tient compte de l'amplitude des vibrations observées et le second tient compte des variations d'amplitude. Les critères s'appliquent aux vibrations produites par la machine elle-même et non pas aux vibrations qui lui sont transmises par des sources externes. Les limites de vitesse des vibrations sont donc fournies pour ces deux catégories, avec les valeurs de réception de zone et d'essai données pour les pompes ≤ 200 kW et > 200 kW. Les valeurs limites de réception de zone et d'essai pour le déplacement sont également fournies.

5.8 L'ISO 10816-8 établit des modes opératoires et des lignes directrices pour le mesurage et la classification des vibrations mécaniques de systèmes de compresseurs alternatifs. Les valeurs vibratoires sont définies principalement afin de classer les vibrations des systèmes de compresseurs et pour éviter les problèmes de fatigue liés à des parties du système de compresseurs alternatifs, à savoir les fondations, le compresseur, les amortisseurs, la tuyauterie et les équipements auxiliaires fixés sur le système de compresseurs. Ces lignes directrices ne sont pas destinées à être utilisées à des fins de surveillance de l'état du système.

L'ISO 10816-8 s'applique aux compresseurs alternatifs montés de manière rigide et dont les vitesses nominales types sont comprises entre plus de 120 r/min et 1 800 r/min (inclus). Des valeurs directrices pour des déplacements, vitesses et accélérations acceptables des vibrations globales liées aux systèmes de compresseurs alternatifs sont données. Les critères d'évaluation généraux concernent les mesurages opérationnels. Les critères sont également utilisés pour s'assurer que les vibrations de la machine n'ont pas d'incidence sur les équipements fixés directement sur la machine, par exemple les amortisseurs de pulsations et le système de tuyauterie.

Il est reconnu que ces critères d'évaluation peuvent n'avoir qu'une application limitée lorsque l'on prend en considération les effets des composants internes de la machine: par exemple, il est peu probable que les problèmes liés aux soupapes, aux pistons ou aux garnitures de piston soient détectés dans les mesurages. L'identification de tels problèmes peut nécessiter des techniques de diagnostic n'entrant pas dans le domaine d'application de cette partie de l'ISO 10816.

L'ISO 10816-8 ne s'applique pas aux hypercompresseurs. Le bruit n'entre pas non plus dans le domaine d'application de l'ISO 10816-8. La description des zones est différente de celle figurant dans l'ISO 10816-1.

6 Mesurages effectués sur des parties tournantes

6.1 L'ISO 7919-1 fournit des lignes directrices spécifiques pour les mesurages de vibrations sur les arbres tournants des machines. En général, ces machines contiennent des systèmes d'arbre à rotor flexible, et l'on peut obtenir des mesures plus précises et plus sensibles des variations de l'environnement vibratoire si les mesurages sont effectués sur ces éléments tournants. Aussi, les machines ayant des corps relativement raides et/ou lourds par rapport à la masse du rotor sont un exemple type de ces catégories de machines pour lesquelles le mesurage des vibrations du rotor est régulièrement préféré.

Des machines telles que les turbines à vapeur, les turbines à gaz et les turbocompresseurs industriels disposent toutes de plusieurs modes de vibrations dans leur plage de vitesses de fonctionnement et des mesurages sur les arbres permettent de mieux observer leurs réponses aux balourds, désalignements, cintrages thermiques, frottements et au déchargement des paliers.

Il existe trois principaux facteurs selon lesquels l'amplitude des vibrations d'une machine est jugée:

— la charge cinétique du palier;