

NORME
INTERNATIONALE

ISO
7919-1

Deuxième édition
1996-07-15

**Vibrations mécaniques des machines non
alternatives — Mesurages sur les arbres
tournants et critères d'évaluation —**

Partie 1:
(Directives générales)

ISO 7919-1:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1f1c06b4-7364-434a-acaf-73e850654f72/iso-7919-1-1996>
*Mechanical vibration of non-reciprocating machines — Measurements on
rotating shafts and evaluation criteria —*

Part 1: General guidelines



Numéro de référence
ISO 7919-1:1996(F)

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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7919-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

Cette deuxième édition de l'ISO 7919-1 annule et remplace la première édition (ISO 7919-1:1986), dont elle constitue une révision technique.

L'ISO 7919 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations mécaniques des machines non alternatives — Mesurages sur les arbres tournants et critères d'évaluation*:

- *Partie 1: Directives générales*
- *Partie 2: Turbo-alternateurs installés sur fondation radier*
- *Partie 3: Machines industrielles couplées*
- *Partie 4: Turbines à gaz*
- *Partie 5: Machines équipant les centrales hydroélectriques et les stations de pompage (DIS distribué en version anglaise seulement)*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 7919. Les annexes B, C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1996

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

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Introduction

Les machines sont utilisées actuellement à des vitesses de plus en plus élevées et pour des charges de plus en plus fortes, et sont soumises à des conditions de fonctionnement de plus en plus sévères. Une partie importante de ces progrès est une conséquence de l'utilisation plus efficace des matériaux, bien que celle-ci se soit quelquefois traduite par une marge plus faible autorisée pour les erreurs de conception et d'application.

Il est actuellement de pratique courante de prévoir et d'exiger un fonctionnement continu de 2 ou 3 ans avant les interruptions de maintenance. Il en résulte des spécifications beaucoup plus restrictives pour les valeurs de vibration des machines tournantes en cours de fonctionnement, de façon à assurer une exploitation continue, sûre et fiable.

L'ISO 10816-1 établit une base pour l'évaluation des vibrations mécaniques des machines, en mesurant la réponse de vibration uniquement sur des organes de structure non tournants. Cependant, il existe de nombreux types de machines pour lesquelles des mesurages effectués sur ces organes, comme par exemple les chapeaux de palier, peuvent certes s'avérer utiles, mais risquent de ne pas caractériser d'une manière satisfaisante les conditions de fonctionnement de la machine. En général, ces machines contiennent des systèmes d'arbre à rotor flexible, et l'on pourra obtenir des mesures plus précises et plus sensibles des variations de l'environnement vibratoire si les mesurages sont effectués sur les éléments tournants. On peut citer à titre d'exemples représentatifs des catégories de machines utilisant fréquemment le mesurage des vibrations du rotor, comme des machines ayant des carters relativement raides et/ou lourds par rapport à la masse du rotor.

Dans le cas de certaines machines, telles que les turbines à vapeur, turbines à gaz et turbocompresseurs qui, toutes, peuvent présenter plusieurs modes de vibrations dans la gamme des vitesses de service, les mesurages sur les éléments non tournants peuvent ne pas être totalement suffisants. Dans ce cas-là, il peut être nécessaire de surveiller la machine en effectuant des mesurages sur les éléments tournants et non tournants ou sur les éléments tournants seulement.

Les directives données dans l'ISO 10816-1 complètent celles présentées dans la présente partie de l'ISO 7919. Si les procédures des deux normes s'appliquent, en principe la procédure la plus restrictive est appliquée.

Les mesurages des vibrations sur les arbres sont utilisés dans un grand nombre de cas, qui vont des opérations de routine (surveillance en cours d'utilisation, essais de réception) aux essais expérimentaux à la pointe du progrès, à quoi il faut ajouter les recherches du point de vue diagnostic et analyse. Ces différents objectifs de mesurage conduisent à de nombreuses différences au niveau des méthodes d'interprétation et d'évaluation. Pour limiter le nombre de ces différences, la présente partie de l'ISO 7919 est conçue de façon à fournir un guide, essentiellement pour la surveillance en cours de fonctionnement et pour les essais de réception.

Lors de la préparation de la présente partie de l'ISO 7919 il a été reconnu la nécessité d'établir des critères quantitatifs pour l'évaluation des vibrations des arbres des machines. Cependant, faute de données disponibles sur ce sujet actuellement, la présente partie de l'ISO 7919 a été structurée de façon à permettre d'y inclure de telles données au fur et à mesure de leur disponibilité.

Des critères spécifiques concernant les divers types et catégories de machines seront donnés dans les parties correspondantes de l'ISO 7919 au fur et à mesure de leur élaboration.

iTeh STANDARD PREVIEW **(standards.iteh.ai)**

ISO 7919-1:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1fdc06b4-7364-434a-aca1-73c850654f26/iso-7919-1-1996>

Vibrations mécaniques des machines non alternatives — Mesurages sur les arbres tournants et critères d'évaluation —

Partie 1: Directives générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7919 établit des directives générales pour le mesurage et l'évaluation des vibrations des machines, par l'intermédiaire de l'utilisation de mesurages effectués directement sur des arbres tournants, l'objectif étant de déterminer les vibrations de l'arbre pour ce qui est.

- a) des vibrations des amplitudes de vibrations;
- b) d'une force tournante excessive;
- c) de la surveillance des jeux radiaux.

Elle s'applique aux mesurages des vibrations radiales des arbres, tant en valeur absolue qu'en valeur relative, mais ne prend pas en compte les vibrations axiales et en torsion des arbres. Les procédures sont applicables à la fois à la surveillance en cours de fonctionnement, et aux essais de réception sur banc d'essai et après l'installation. Les directives sont également présentées pour fixer des limites de fonctionnement.

NOTES

1 Les critères d'évaluation pour les différentes classes de machines seront inclus dans les parties additionnelles de l'ISO 7919 lorsqu'ils seront disponibles. En attendant, des directives sont données en annexe A.

2 Le terme «vibrations de l'arbre» est utilisé tout au long de l'ISO 7919 car, dans la plupart des cas, les mesurages seront effectués sur l'arbre des machines; cependant, l'ISO 7919 s'applique aussi aux mesurages effectués sur

d'autres organes tournants lorsqu'il s'avère que ces organes conviennent mieux au mesurage, à condition que les lignes directrices soient respectées.

Dans le cadre de l'ISO 7919, la surveillance en cours de fonctionnement est considérée comme étant les mesurages des vibrations effectués pendant l'utilisation normale de la machine. L'ISO 7919 permet d'utiliser diverses grandeurs et méthodes de mesurage, à condition qu'elles soient parfaitement définies et que leurs limites soient fixées, de façon à bien comprendre l'interprétation des mesurages.

La présente partie de l'ISO 7919 ne s'applique pas aux machines alternatives.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 7919. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 7919 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 10816-1:1995, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Partie 1: Directives générales.*

3 Mesurages

3.1 Grandeurs de mesurage

3.1.1 Déplacement

La grandeur de mesurage préférée, pour le mesurage des vibrations des arbres, est le déplacement. L'unité de mesure est le micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$).

NOTE 3 Le déplacement est une grandeur vectorielle et, quand on compare deux déplacements, il peut donc s'avérer nécessaire de considérer l'angle de phase entre eux (voir aussi annexe D).

Comme la présente partie de l'ISO 7919 s'applique au mesurage des vibrations des arbres tant en valeur relative qu'en valeur absolue, il faut en outre distinguer les deux types de déplacement suivants:

- déplacement relatif, qui est le déplacement vibratoire entre l'arbre et la structure appropriée, par exemple un carter de palier ou le carter de la machine;
- déplacement absolu, qui est le déplacement vibratoire de l'arbre par rapport à un trièdre de référence fixe.

NOTE 4 Il convient d'indiquer clairement si les valeurs de déplacement sont relatives ou absolues.

Le déplacement absolu et le déplacement relatif sont en outre définis par plusieurs grandeurs de déplacement différentes, dont chacune est maintenant largement utilisée. On peut citer:

$S_{(p-p)}$ valeur du déplacement vibratoire, crête à crête, dans la direction de mesurage;

S_{max} déplacement vibratoire maximale dans le plan de mesurage.

On peut utiliser pour mesurer les vibrations des arbres chacune de ces grandeurs de déplacements. Cependant, les grandeurs doivent être clairement désignées de façon à assurer une interprétation correcte des mesurages selon les critères de l'article 5. On trouvera sur les figures B.1 et B.2 les relations qui existent entre ces différentes grandeurs.

NOTE 5 Actuellement, la plus grande des deux valeurs de déplacement crête à crête telle qu'elle est mesurée dans deux directions orthogonales est utilisée pour des critères d'évaluation. À l'avenir et avec l'expérience acquise, la grandeur $S_{(p-p)\text{max}}$, définie dans la figure B.2, peut être préférée.

3.1.2 Gamme de fréquences

Le mesurage des vibrations relatives et des vibrations absolues des arbres doit être effectué en bande large de façon à couvrir convenablement le spectre de fréquences de la machine.

3.2 Types de mesurage

3.2.1 Mesurages des vibrations relatives

Généralement, les mesurages des vibrations relatives sont effectués avec des transducteurs sans contact qui captent le déplacement vibratoire entre l'arbre et un organe fixe (par exemple le carter de palier) de la machine.

3.2.2 Mesurages des vibrations absolues

Les mesurages des vibrations absolues sont effectués selon l'une des méthodes suivantes:

- par une sonde montée en contact avec l'arbre, sur laquelle est monté un transducteur sismique (du type vitesse ou accéléromètre), de façon à mesurer directement les vibrations absolues de l'arbre; ou
- par un transducteur sans contact qui mesure les vibrations relatives de l'arbre en étant combiné à un transducteur sismique (du type vitesse ou accéléromètre) qui lui mesure les vibrations du support. Les deux transducteurs doivent être montés l'un près de l'autre de façon à subir le même déplacement absolu dans la direction de mesurage. Leur sorties, après conditionnement, subissent une sommation vectorielle pour donner un mesurage du mouvement absolu de l'arbre.

3.3 Procédures de mesurage

3.3.1 Généralités

Il est souhaitable de placer les transducteurs en des points tels que l'on puisse évaluer le mouvement latéral de l'arbre en certains points particuliers. Il est recommandé, pour ce qui est des mesurages relatifs ou absolus, de placer deux transducteurs au niveau de chaque palier de machine, ou en son voisinage immédiat. Ils doivent être montés radialement dans le même plan transversal perpendiculaire à l'axe de l'arbre, ou aussi près que possible de ce plan, leurs axes faisant un angle au plus égal à $\pm 5^\circ$ par rapport à un axe radial. De préférence, les deux transducteurs doivent être montés à $90^\circ \pm 5^\circ$ l'un de l'autre, sur le même demi-palier, et les positions choisies devraient être les mêmes au niveau de chaque palier.

On peut utiliser un transducteur unique dans chaque plan de mesure au lieu de la paire plus typique de transducteurs orthogonaux si l'on sait qu'il donne des renseignements suffisants sur les vibrations de l'arbre.

Il est recommandé d'effectuer des mesurages spéciaux pour déterminer les défauts de forme provoqués par des non-homogénéités de surface de l'arbre, des défauts triboélectriques et des défauts mécaniques de l'arbre. Il convient de noter que dans le cas des rotors asymétriques, l'effet de la gravité peut provoquer un faux signal de défaut.

Les recommandations en matière d'appareillage figurent en annexe C.

3.3.2 Procédures pour les mesurages des vibrations relatives

Normalement, les transducteurs de vibrations relatives, du type sans contact, sont montés dans des trous taraudés aménagés dans le carter du palier, ou à l'aide de supports rigides contigus du carter du palier. Quand les transducteurs sont montés dans le palier, ils doivent être placés de façon à ne pas gêner le film d'huile lubrifiant. Cependant, on peut prendre des dispositions spéciales pour monter les transducteurs à d'autres emplacements axiaux, mais il faudra alors utiliser, pour l'évaluation, des critères différents de vibrations. Quand les transducteurs sont montés sur supports, ces derniers doivent être exempts de fréquences propres susceptibles d'affecter d'une manière indésirable l'aptitude du transducteur à mesurer les vibrations relatives des arbres.

La surface de l'arbre, au point où le capteur prend en compte le déplacement axial total de l'arbre dû aux dilatations thermiques, doit être lisse et exempte de toutes discontinuités géométriques (par exemple des rainures de clavette, des conduits de lubrification et des filetages) ainsi que de défauts d'homogénéité métallique et de défauts triboélectriques susceptibles de provoquer de faux signaux. Dans certains cas, on peut accepter une surface d'arbre possédant un dépôt électrolytique ou métallisé, mais il convient de noter que l'étalonnage peut être différent. Il est recommandé que les défauts globaux résultant des défauts triboélectriques et mécaniques, tels que mesurés par le transducteur, ne doivent pas dépasser 25 % du déplacement vibratoire admissible spécifié selon l'annexe A, ou $6 \mu\text{m}$, en prenant la valeur la plus élevée. Pour des mesurages effectués sur des machines déjà en service, où rien n'avait été initialement prévu pour mesurer les vibrations de l'arbre, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser d'autres critères.

3.3.3 Procédures pour les mesurages des vibrations absolues à l'aide d'un transducteur combiné, constitué d'un transducteur sismique et d'un transducteur de vibrations relatives sans contact

Lorsqu'on utilise une combinaison de transducteurs sismiques et de vibrations relatives sans contact, les vibrations absolues sont obtenues par la sommation vectorielle des sorties des deux transducteurs. La fixation est les autres spécifications relatives au transducteur sans contact sont celles indiquées en 3.3.2. De plus, le transducteur sismique doit être fixé d'une manière rigide à la structure de la machine (par exemple au carter de palier), au voisinage immédiat du transducteur sans contact, de façon que les deux transducteur soient soumis aux mêmes vibrations absolues du support dans la direction du mesurage. Les axes sensibles des transducteurs (sans contact et sismique) doivent être parallèles de façon que leurs signaux, après conditionnement et sommation vectorielle, donnent une mesure précise des vibrations absolues de l'arbre.

3.3.4 Procédures pour les mesurages des vibrations absolues à l'aide d'une tige et d'un frotteur sur l'arbre avec un transducteur sismique

Le transducteur sismique (du type vitesse ou accéléromètre) doit être monté radialement sur une tige en contact avec l'arbre par un frotteur. Le système ne doit ni brouter, ni se gripper, et donc ne doit modifier en aucune manière les vibrations indiquées de l'arbre. Le mécanisme doit être fixé comme il est décrit pour les transducteurs en 3.3.1.

La surface de l'arbre contre laquelle est en contact la tige avec le frotteur, en prenant en compte le déplacement axial total de l'arbre dû aux dilatations thermiques, doit être lisse et exempte de discontinuités telles que les rainures de clavette et de filetage. Il est recommandé que les défauts mécaniques de l'arbre, ne dépassent pas 25 % du déplacement maximal admissible dû aux vibrations et spécifié selon l'annexe A, ou $6 \mu\text{m}$, en prenant la valeur la plus élevée.

Il peut y avoir des limitations relatives à la vitesse surfacique et/ou à d'autres paramètres pour le frotteur, par exemple la formation de films hydrodynamiques d'huile en dessous de la sonde, qui serait susceptible de donner des lectures erronées, et il convient donc de se mettre en rapport avec les constructeurs pour en avoir connaissance.

3.4 Conditions de fonctionnement de la machine

Le mesurage des vibrations de l'arbre doit être effectué dans des conditions convenues, sur toute la gamme de fonctionnement de la machine. Ces mesurages doivent être effectués après avoir atteint les conditions de fonctionnement et thermiques convenues. En outre, on peut aussi effectuer des mesurages dans certaines conditions, par exemple de roulement lent, de vitesses de montée en température, de vitesses critiques, etc.; cependant, les résultats de ces mesurages peuvent ne pas être appropriés dans le cadre d'une évaluation selon chapitre 5.

3.5 Fondations et structures de la machine

Le type de fondation et de structure de la machine (par exemple les tuyauteries) peut affecter fortement les vibrations mesurées. En général, ce n'est que si les fondations et les structures possèdent des caractéristiques dynamiques analogues que l'on pourra effectuer une comparaison valable des valeurs de vibrations de machines du même type.

3.6 Bruit de fond et évaluation du système de mesurage

Avant de mesurer les vibrations d'une machine en fonctionnement, il convient d'effectuer un contrôle avec le même système et les mêmes instruments de mesurage, mais la machine étant à l'arrêt. Quand ces mesurages donnent des résultats dépassant un tiers des valeurs spécifiées pour la vitesse de fonctionnement, il convient de prendre des dispositions permettant d'éliminer les effets du bruit de fond.

4 Instrumentation

L'instrumentation utilisée dans le but de conformité avec la présente partie de l'ISO 7919 doit être conçue de façon à prendre en compte la température, l'humidité, la présence d'une atmosphère corrosive, la vitesse superficielle de l'arbre, le matériau de l'arbre et le fini de surface, le fluide de travail (par exemple eau, huile, air ou vapeur) en contact avec le transducteur, les vibrations et les chocs (sur les trois axes principaux), les bruits aériens, les champs magnétiques, les masses métalliques au voisinage de l'extrémité du transducteur, et les fluctuations et phénomènes transitoires de la tension du réseau d'alimentation.

Il est souhaitable que le système de mesurage prévoie un dispositif pour l'étalonnage de l'instrumenta-

tion de lecture en service et qu'il ait, de plus, des points de sortie isolés et convenables permettant une éventuelle analyse supplémentaire.

5 Critères d'évaluation

5.1 Il existe deux facteurs principaux permettant d'évaluer les vibrations des arbres:

- a) la vibration absolue de l'arbre;
- b) la vibration de l'arbre relative aux éléments fixes.

5.2 Si le critère d'évaluation est la variation de la vibration de l'arbre,

- a) quand la vibration du support sur lequel est monté le transducteur, due au mouvement relatif, est faible (c'est-à-dire inférieure à 20 % de la vibration relative de l'arbre), on pourra utiliser en tant que mesure de la vibration de l'arbre soit la vibration absolue de l'arbre soit sa vibration relative;

- b) quand la vibration du support sur lequel est monté le transducteur, due au mouvement relatif, est de 20 %, ou plus, de la vibration relative de l'arbre, la vibration absolue de l'arbre doit être mesurée, et si l'on constate qu'elle est supérieure à la vibration relative de l'arbre, elle doit être utilisée en tant que mesure de la vibration de l'arbre.

5.3 Si le critère d'évaluation est la force tournante sur les paliers, la vibration relative de l'arbre doit être utilisée en tant que mesure de la vibration de l'arbre.

5.4 Si le critère d'évaluation est le jeu au niveau du stator/rotor,

- a) quand la vibration du support sur lequel est monté le transducteur, due au mouvement relatif, est faible (c'est-à-dire inférieure à 20 % de la vibration relative de l'arbre), la vibration relative de l'arbre doit être utilisée en tant que mesure de l'absorption au niveau du jeu;
- b) quand la vibration du support sur lequel est monté le transducteur, due au mouvement relatif, est de 20 %, ou plus, de la vibration relative de l'arbre, on pourra encore utiliser la mesure de la vibration relative de l'arbre en tant que mesure de l'absorption au niveau du jeu, à moins que la vibration du support sur lequel est monté le transducteur, due au mouvement relatif, ne soit pas représentative de la vibration totale du stator. Dans ce dernier cas, il sera nécessaire d'effectuer des mesurages spéciaux.

5.5 La vibration de l'arbre associée à une classification particulière de gammes dépend des dimensions et de la masse du corps vibrant, des caractéristiques du système de fixation, ainsi que du rendement et de l'utilisation de la machine. Il est donc nécessaire de prendre en compte les différentes applications et circonstances chaque fois que l'on spécifie différentes gammes des vibrations de l'arbre pour une classe donnée de machine. Le cas échéant, il conviendra de se reporter aux spécifications du produit.

5.6 L'annexe A donne les principes généraux d'évaluation des vibrations de l'arbre sur différentes machines. Les critères d'évaluation concernent à la fois les essais de fonctionnement, de surveillance et de réception et ne s'appliquent qu'aux vibrations produites par la machine elle-même et non à celles transmises de l'extérieur. Pour certaines catégories de machines, les directives données dans l'ISO 10816-1 complètent celles présentées dans la présente partie de l'ISO 7919 pour les mesurages effectués sur les éléments non tournants. Si les procédures des deux normes s'appliquent, la plus restrictive doit en principe s'appliquer.

Des critères spécifiques concernant les divers types et catégories de machines seront donnés dans les parties correspondantes de l'ISO 7919 au fur et à mesure de leur élaboration.

5.7 L'évaluation considérée dans le présent document de base se limite aux vibrations en bande large sans faire référence aux composantes de fréquence

ou à la phase. Dans la plupart des cas, ce sera suffisant pour les besoins des essais de réception et de surveillance en fonctionnement. Toutefois, il peut être souhaitable, dans certains cas, d'utiliser l'information vectorielle pour l'évaluation des vibrations sur certains types de machines. L'indication de changement vectoriel est particulièrement utile pour détecter et définir les modifications de l'état dynamique de la machine qui, dans certains cas, pourraient passer inaperçues en utilisant les mesurages des vibrations en bande large. L'annexe D en fait la démonstration.

La spécification des critères concernant les changements vectoriels sort du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 7919.

5.8 Les vibrations mesurées sur une machine particulière peuvent être sensibles aux modifications des conditions de fonctionnement stables. Dans la plupart des cas, ce n'est pas significatif. Dans d'autres cas, la sensibilité des vibrations peut être telle que, même si l'amplitude des vibrations d'une machine particulière est satisfaisante lors du mesurage dans certaines conditions stables, elle peut ne plus l'être si ces conditions changent.

Dans le cas où certains aspects de la sensibilité des vibrations d'une machine sont en question, il est recommandé de rechercher un accord entre le client et le fournisseur sur la nécessité et l'étendue d'essais ou d'évaluation théorique.

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7919-1:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1fd06b4-7364-434a-acaf-1c6550c0-iso-7919-1-1996>

Annexe A (normative)

Principes généraux concernant l'adoption de critères d'évaluation pour différents types de machines

Introduction

La spécification de critères d'évaluation pour les vibrations des arbres dépend d'une grande quantité de facteurs, et les critères adoptés varient fortement selon le type de machine et, dans certains cas, selon le type de rotor, dans la même ligne. Il est donc important de s'assurer que l'on adopte des critères valables pour une machine particulière, et que l'on n'applique pas à certains types de machines des critères qui ont été mis au point pour d'autres types de machines. (Par exemple, les critères d'évaluation concernant un compresseur à grande vitesse travaillant dans une usine pétrochimique sont certainement différents de ceux se rapportant à des turbogénératrices de grandes dimensions).

À l'heure actuelle, il n'existe qu'un nombre limité de normes publiées sur les vibrations des arbres. Plusieurs de ces normes concernent des équipements spéciaux et n'ont que peu d'applications dans d'autres domaines.

La présente annexe établit une base permettant de spécifier des critères d'évaluation en termes de valeurs de vibrations de crête à crête (voir annexe B). Il n'a pas été tenté de spécifier les valeurs de vibrations; ces dernières seront données pour différents types et catégories de machines dans les parties correspondantes de l'ISO 7919 au fur et à mesure de leur élaboration.

A.1 Facteurs affectant les critères d'évaluation

Il existe une large gamme de facteurs différents qu'il est nécessaire de prendre en compte quant on spécifie les critères d'évaluation des mesurages des vibrations des arbres. On peut citer entre autres:

- a) l'objectif du mesurage (par exemple, les spécifications portant sur le maintien des jeux en cours de fonctionnement seront généralement différentes de celles qui portent essentiellement sur la suppression d'une force tournante excessive sur les paliers);

- b) la nature des mesurages: vibration absolue ou relative;
- c) les grandeurs mesurées (voir annexe B);
- d) l'emplacement où est effectué le mesurage;
- e) la fréquence de rotation de l'arbre;
- f) le type, le jeu et le diamètre du palier;
- g) la fonction, le rendement et les dimensions de la machine étudiée;
- h) la souplesse relative des paliers, socles et fondations;
- i) la masse et la souplesse du rotor.

ISO 7919-1:1996

En clair, on voit qu'il est impossible de définir des critères d'évaluation uniques pouvant s'appliquer à l'ensemble des machines. Pour des machines différentes, il sera nécessaire d'utiliser des critères différents, qui ont été obtenus à partir de l'expérience d'exploitation, mais, au mieux, on ne pourra les considérer que comme des directives, et il y aura des cas particuliers où les machines fonctionneront avec sûreté et d'une manière satisfaisante sans tomber dans le cadre des recommandations générales.

A.2 Critères d'évaluation

Deux critères permettent d'évaluer les vibrations des arbres. Le premier considère l'amplitude des vibrations relatives des arbres observées en bande large; le second considère les modifications d'amplitude, qu'il s'agisse d'augmentations ou de réductions.

A.2.1 Critère I: Amplitude des vibrations à la vitesse nominale dans des conditions de fonctionnement stables

Ce critère porte sur la définition des limites de l'amplitude des vibrations des arbres cohérentes avec des forces dynamiques acceptables du palier, des dépla-

cements radiaux (jeux) convenables et une transmission acceptable des vibrations au support et aux fondations. L'amplitude maximale des vibrations des arbres, observée au droit de chaque palier, est évaluée par rapport à quatre zones d'évaluation établies par expérience au niveau international.

La figure A.1 présente un graphique de la vibration admissible, exprimée par les vibrations de l'arbre crête à crête par rapport à la gamme de vitesses de fonctionnement. Il est généralement accepté que les valeurs limites de vibrations diminuent au fur et à mesure que la vitesse de fonctionnement augmente, mais les amplitudes réelles et leurs variations en fonction de la vitesse varient selon le type de machine.

A.2.1.1 Zones d'évaluation

Les zones types d'évaluation ci-dessous sont définies pour permettre une évaluation qualitative des vibrations de l'arbre sur une machine donnée et pour fournir des directives en vue d'actions éventuelles.

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

Zone B: Les machines dont les vibrations appartiennent à cette zone sont normalement jugées acceptables pour un fonctionnement à long terme sans restriction.

Zone C: Les machines dont les vibrations appartiennent à cette zone sont normalement jugées inaptes à un fonctionnement continu à long terme. D'une manière générale, la machine peut être exploitée pendant une période limitée dans ces conditions dans l'attente d'une occasion permettant d'effectuer des opérations de maintenance.

Zone D: Les valeurs de vibration appartenant à cette zone sont normalement jugées susceptibles de provoquer des détériorations de la machine.

A.2.1.2 Limites des zones d'évaluation

Les valeurs numériques attribuées aux limites de zone ne sont pas destinées à servir de spécifications de réception qui doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant de la machine et le client. Toutefois, elles fournissent des directives pour éviter des insuffisances graves ou des prescriptions irréalistes. Dans certains cas, il peut y avoir des aspects spécifiques associés à une machine particulière qui nécessiteraient de prendre des valeurs différentes (supérieures ou inférieures) pour les limites de zone. En pareil cas, il serait normalement nécessaire d'en expliquer

les raisons et, en particulier, de confirmer que l'exploitation à des valeurs plus élevées ne menacerait pas la machine.

A.2.2 Critère II: Variation d'amplitude des vibrations

Ce critère fournit une évaluation de la variation d'amplitude des vibrations à partir d'une valeur de référence préalablement établie. Il peut se produire une augmentation ou une diminution significative de l'amplitude des vibrations à large bande nécessitant une action, même si la zone C du critère I n'a pas été atteinte. Ces variations peuvent être virtuellement instantanées ou progressives dans le temps et peuvent indiquer que le dommage est intervenu et avertir d'une défaillance imminente ou de tout autre incident. Le critère II est spécifié en se fondant sur la variation d'amplitude des vibrations à large bande intervenant en régime de fonctionnement permanent.

Lorsque le critère II s'applique, les mesurages des vibrations à comparer doivent être effectués à la même place et avec la même orientation du capteur et approximativement dans les mêmes conditions de fonctionnement de la machine. Il convient de rechercher les changements significatifs par rapport aux amplitudes de vibration normales afin qu'une situation dangereuse puisse être évitée.

Les critères d'évaluation des variations des vibrations à large bande à des fins de contrôle sont donnés dans les parties supplémentaires de l'ISO 7919. Il convient toutefois de noter que certaines variations peuvent ne pas être détectées à moins que les composants de fréquence discrets ne soient contrôlés (voir 5.7).

A.2.3 Limites de fonctionnement

Pour un service de longue durée, il est d'usage, pour certains types de machines, d'établir des limites de vibration en service. Ces limites prennent la forme d'ALARMES et de DÉCLENCHEMENT.

ALARMES: Pour avertir qu'une valeur définie de vibration a été atteinte ou qu'un changement significatif est intervenu où il peut être nécessaire d'intervenir pour y remédier. En général, si une situation d'ALARME se produit, la machine continue à fonctionner pendant une période d'investigations pour identifier la raison de la variation des vibrations et définir le remède à apporter.

DÉCLENCHEMENTS: Pour spécifier l'amplitude des vibrations au-delà de laquelle la poursuite du fonctionnement de la machine peut provoquer un dommage. Si la valeur de DÉCLENCHEMENT est