
**Vibrations mécaniques — Évaluation des
vibrations des machines par mesurages
sur les arbres tournants**

**Partie 4:
Turbines à gaz à paliers à film fluide**

*iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)*
*Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by
measurements on rotating shafts
Part 4. Gas turbine sets with fluid-film bearings*

ISO 7919-4:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7919-4:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

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'ISO à l'adresse ci-après ou du 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

Version française parue en 2010

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Modes opératoires de mesurage	2
4 Critères d'évaluation	4
4.1 Généralités	4
4.2 Critère I: Amplitude des vibrations	4
4.3 Critère II: Variation de l'amplitude des vibrations dans des conditions de régime permanent à une vitesse normale de fonctionnement	10
4.4 Modes opératoires/critères supplémentaires	11
4.5 Évaluation fondée sur les informations relatives aux vecteurs de vibrations	11
Annexe A (normative) Limites des zones d'évaluation	12
Annexe B (informative) Limites des zones d'évaluation et jeu de palier	14
Bibliographie	15

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 7919-4:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009>

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 7919-4 a été élaborée par le comité technique 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*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 7919-4:1996), qui fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications sont:

- la clarification du fait que le document ne s'applique qu'aux ensembles de turbines à gaz avec paliers à film fluide;
- l'insistance sur le fait que les spécifications d'acceptation fassent toujours l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur de l'ensemble de turbines à gaz avant installation.
- l'ajout de dispositions pour évaluer les vibrations des ensembles de turbines à gaz couplées durant un fonctionnement transitoire;
- un meilleur alignement entre la présente partie de l'ISO 7919 et l'ISO 7919-2, l'ISO 10816-2 et l'ISO 10816-4.

L'ISO 7919 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants*:

- *Partie 1: Directives générales*¹⁾
- *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*
- *Partie 3: Machines industrielles couplées*

1) Il est anticipé que, lors de la révision de l'ISO 7919-1, elle aura le même titre général que les autres parties de l'ISO 7919.

- *Partie 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide*
- *Partie 5: Machines équipant les centrales hydroélectriques et les stations de pompage*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7919-4:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009>

Introduction

L'ISO 7919-1 est la partie de référence de l'ISO 7919 qui fournit les exigences générales pour l'évaluation des vibrations de divers types de machines lorsque les mesurages des vibrations sont effectués sur des arbres tournants. La présente partie de l'ISO 7919 donne des dispositions spécifiques concernant l'évaluation de la sévérité vibratoire radiale des arbres mesurée au droit ou à proximité des paliers des ensembles de turbines à gaz. Les mesurages effectués à ces endroits reflètent l'état vibratoire de manière raisonnablement acceptable. Les critères d'évaluation présentés, fondés sur l'expérience passée, peuvent être utilisés pour l'évaluation du régime vibratoire des machines de ce type.

Deux critères sont fournis pour évaluer les vibrations des machines lorsqu'elles fonctionnent dans des conditions de régime permanent. Le premier tient compte de l'amplitude des vibrations observées, alors que le second tient compte des variations d'amplitude. De plus, différents critères sont fournis pour des conditions de fonctionnement transitoire. Cependant, les vibrations des arbres ne constituent pas l'unique référence d'évaluation de la sévérité vibratoire. Pour les ensembles de turbines à gaz, il est également courant d'évaluer les vibrations en fonction des mesurages effectués sur les parties non tournantes. Pour des exigences sur ces mesurages des vibrations, voir l'ISO 10816-1 et l'ISO 10816-2.

Les modes opératoires d'évaluation présentés dans la présente partie de l'ISO 7919 sont basés sur des mesurages en bande large. Cependant, grâce aux progrès de la technologie, l'utilisation de mesurages en bande étroite ou de l'analyse spectrale est de plus en plus répandue, en particulier pour l'évaluation des vibrations, pour la surveillance et aux fins de diagnostics. Les spécifications de critères relatifs à ces mesurages ne relèvent pas du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 7919. Ceux-ci sont traités plus en détail dans l'ISO 13373 (toutes les parties), qui fournit des dispositions pour la surveillance de l'état vibratoire des machines.

[ISO 7919-4:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6f46c7b29/iso-7919-4-2009>

Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants

Partie 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7919 établit des dispositions pour évaluer la sévérité in situ des vibrations en bande large des arbres, mesurées radialement (c'est-à-dire transversalement) par rapport à l'axe de l'arbre au droit ou à proximité des paliers principaux. Il s'agit:

- des vibrations dans des conditions normales de fonctionnement en régime permanent;
- des vibrations dans d'autres conditions (en régime non permanent), lorsque des fluctuations transitoires interviennent, notamment pendant la montée en vitesse ou le ralentissement, le chargement initial et les variations de charge;
- des changements de vibrations susceptibles de se produire durant un fonctionnement normal en régime permanent.

La présente partie de l'ISO 7919 est applicable aux ensembles de turbines à gaz en service intensif utilisées dans des applications à commande électrique et mécanique, avec paliers à film fluide, des puissances développées supérieures à 3 MW et une gamme de vitesses de fonctionnement en charge comprises entre 3 000 r/min et 30 000 r/min. Cela comprend les turbines à gaz couplées à d'autres machines tournantes, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages. Dans certains cas, la présente partie de l'ISO 7919 n'est pas applicable à l'évaluation des vibrations du matériel couplé (voir ci-dessous la liste des exclusions).

EXEMPLE Pour des unités de puissance à cycle combiné à un arbre dans lesquelles une turbine à gaz est couplée à une turbine à vapeur et/ou à une génératrice, l'évaluation des vibrations de la turbine à gaz s'effectue conformément à la présente partie de l'ISO 7919, mais celle de la turbine à vapeur et de la génératrice s'effectue conformément à l'ISO 7919-2 ou l'ISO 7919-3.

La présente partie de l'ISO 7919 n'est pas applicable aux éléments suivants:

- a) turbines à gaz aérodérivatives (y compris les turbines à gaz avec des propriétés dynamiques similaires à celles des turbines à gaz aérodérivatives);

NOTE L'ISO 3977-3 définit les aérodérivatives comme étant des générateurs de gaz de propulsion d'aéronefs adaptés à commander un matériel de propulsion mécanique, électrique ou pour la marine. Il existe de grandes différences entre les turbines à gaz en service intensif et aérodérivatives en ce qui concerne, par exemple, la souplesse du carter, la conception des paliers, le rapport de masse entre rotor et stator et la structure de montage. En conséquence, des critères différents s'appliquent pour ces deux types de turbines.

- b) turbines à gaz avec des puissances développées inférieures ou égales à 3 MW (voir l'ISO 7919-3);
- c) pompes entraînées par des turbines à gaz (voir l'ISO 7919-3);
- d) turboalternateurs et/ou alternateurs avec des puissances développées inférieures ou égales à 50 MW (voir l'ISO 7919-3);

- e) turboalternateurs et/ou alternateurs avec des puissances développées supérieures à 50 MW (voir l'ISO 7919-2);
- f) embrayages de synchronisation couplant la turbine à gaz à une turbine à vapeur ou à une génératrice (voir l'ISO 7919-2);
- g) compresseurs couplés (voir l'ISO 7919-3);
- h) vibrations des trains d'engrenages (voir cet article);
- i) vibrations des paliers à roulements.

La présente partie de l'ISO 7919 est applicable aux autres matériels entraînés non inclus dans la liste des exclusions.

La présente partie de l'ISO 7919 est applicable aux machines pouvant être couplées à un train d'engrenages, mais ne traite pas de l'évaluation des conditions vibratoires de ces engrenages. Des techniques spécialisées sont nécessaires pour évaluer les conditions vibratoires des engrenages qui sont en dehors du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 7919.

Les valeurs numériques spécifiées ne constituent pas l'unique référence d'évaluation de la sévérité vibratoire. Pour les ensembles des turbines à gaz, il est également courant d'évaluer les vibrations en fonction des mesurages effectués sur les parties non tournantes. Pour des exigences sur ces mesurages des vibrations, voir l'ISO 10816-1 et l'ISO 10816-2.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

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).

ISO 7919-1:1996, *Vibrations mécaniques des machines non alternatives — Mesurages sur les arbres tournants et critères d'évaluation — Partie 1: Directives générales*

ISO 10816-4:2009, *Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes — Parties 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide*

3 Modes opératoires de mesurage

Les modes opératoires et les instruments de mesurage doivent être conformes aux exigences générales de l'ISO 7919-1 et sont comme suit.

Pour les turbines à gaz, les vibrations de l'arbre au droit des paliers sont normalement mesurées. C'est pourquoi, sauf indications contraires, les déplacements des vibrations auxquels se réfère la présente partie de l'ISO 7919 sont conformes à cette convention. En raison des vitesses de fonctionnement relativement grandes des ensembles de turbines à gaz, les méthodes de mesurage à l'aide de transducteurs sans contact sont les plus couramment utilisées et sont en général préférables pour les rotors dont les vitesses de fonctionnement sont de 3 000 r/min et au-delà.

Pour la surveillance, le système de mesurage doit pouvoir mesurer les vibrations en bande large sur une plage de fréquences allant de 1 Hz jusqu'à au moins trois fois la vitesse normale de fonctionnement maximale. Toutefois, si les instruments servent également au diagnostic, une gamme de fréquences plus étendue et/ou une analyse spectrale peuvent être nécessaires. Dans certains cas particuliers où des vibrations significatives à basse fréquence peuvent être transmises à la machine, par exemple dans les zones sismiques, il peut être nécessaire de filtrer la réponse basse fréquence des instruments et/ou d'introduire un retard approprié. Si les

valeurs résultant des mesurages effectués sur des machines différentes sont comparées, il convient de s'assurer que la même gamme de fréquences a été utilisée.

Il convient que les emplacements des mesurages de vibrations soient tels que l'on puisse évaluer le mouvement transversal de l'arbre en certains points particuliers. Il convient de veiller à éviter de placer les positions de mesurage sur des nœuds de vibrations et de s'assurer que le matériel de mesurage ne subit pas l'influence néfaste de sources externes, telles que la vibration de la combustion, la vibration des engrenages, les bruits aériens et les bruits solidiens. Cela nécessite généralement un mesurage dans deux directions radiales avec une paire de transducteurs orthogonaux au droit de chaque palier principal ou adjacents à chacun. Les transducteurs peuvent être placés dans n'importe quelle position angulaire, mais il est d'usage de choisir des positions sur la même moitié de palier qui sont soit à $\pm 45^\circ$ par rapport à la verticale, soit proches de la verticale et de l'horizontale.

On peut utiliser un transducteur radial unique au lieu de la paire plus typique de transducteurs orthogonaux, si l'on sait qu'il donne des renseignements suffisants sur l'amplitude des vibrations de l'arbre. Toutefois, en général, il convient de prendre des précautions lorsqu'on évalue les vibrations avec un seul transducteur au niveau d'un plan de mesurage, puisque le transducteur risque de ne pas être orienté de manière à donner une approximation suffisante de la valeur maximale au niveau de ce plan.

Il n'est pas habituel de mesurer les vibrations axiales des arbres sur des ensembles de turbines à gaz.

Il convient de connaître les caractéristiques du système de mesurage en ce qui concerne les effets de l'environnement; elles comprennent:

- a) les écarts de température;
- b) les champs magnétiques;
- c) les bruits aériens et les bruits solidiens;
- d) les variations de la source d'énergie;
- e) l'impédance des câbles;
- f) la longueur de câble du transducteur;
- g) l'orientation du transducteur;
- h) la rigidité de la fixation du transducteur.

Il convient d'accorder une attention particulière au fait que les transducteurs de détection de vibrations soient correctement montés et que l'agencement de montage n'altère pas la précision du mesurage (voir par exemple l'ISO 10817-1).

La surface de l'arbre à l'emplacement du transducteur doit être lisse et exempte de toute discontinuité géométrique, défaut d'homogénéité métallurgique et magnétisme local résiduel, susceptibles de provoquer de faux signaux (dits défauts électriques). Il convient que les défauts électriques et mécaniques combinés à «faible vitesse», mesurés par le transducteur, ne dépassent pas 25 % de la limite de zone A/B à la vitesse normale de fonctionnement (voir la Figure A.1 et le Tableau A.1).

Avant que les ensembles de turbines à gaz n'atteignent leur vitesse, des mesurages de déplacement d'arbre à faible vitesse peuvent être effectués. Dans ce cas les caractéristiques à basse fréquence du système de mesurage doivent être convenables. On ne peut généralement pas considérer que ces mesurages fournissent une indication valable du faux-rond des arbres dans les conditions normales de fonctionnement, car ces conditions peuvent être affectées par, par exemple, des flèches transitoires, des mouvements irréguliers du tourillon dans le coussinet et des déplacements axiaux. Il convient de ne pas effectuer une soustraction vectorielle des mesurages à faible vitesse par rapport aux mesurages de vibrations à vitesse de

fonctionnement sans étudier précisément ces facteurs, car les résultats peuvent fournir une interprétation trompeuse des vibrations de la machine (voir l'ISO 7919-1).

4 Critères d'évaluation

4.1 Généralités

L'ISO 7919-1 donne une description générale des deux critères d'évaluation utilisés pour évaluer les vibrations des arbres sur diverses catégories de machines. Le premier critère tient compte de l'amplitude des vibrations en bande large des arbres observées, le second tient compte des modifications d'amplitude, qu'il s'agisse d'augmentations ou de diminutions.

Les valeurs ici définies résultent de l'expérience avec des machines de ce type et, lorsque celles-ci sont convenablement entretenues, elles permettent un fonctionnement acceptable.

NOTE Ces valeurs sont basées sur des Normes internationales antérieures, sur les résultats d'une étude qui a été effectuée lorsque l'ISO 7919 (toutes les parties) et l'ISO 10816 (toutes les parties) ont été initialement élaborées, et sur le retour des experts de l'ISO/TC 108.

Des critères sont présentés pour les conditions de fonctionnement en régime permanent à la vitesse ou aux vitesses normales de fonctionnement et aux plages de charges spécifiées, incluant les variations lentes normales de la puissance développée. D'autres critères sont également présentés pour d'autres conditions en régime non permanent lorsque des fluctuations transitoires se produisent. Les critères de vibrations représentent des valeurs cibles fournissant des dispositions pour éviter des insuffisances graves ou des exigences irréalistes. En particulier, l'hypothèse de base d'un fonctionnement sûr consiste à éviter tout contact métal sur métal entre l'arbre tournant et les pièces fixes. Elles servent de base pour définir les spécifications d'acceptation (voir 4.2.2.3).

Les critères concernent les vibrations produites par l'ensemble de turbines à gaz et non les vibrations transmises depuis l'extérieur à l'ensemble de machines. Si l'on soupçonne une influence significative due aux vibrations transmises (soit en régime permanent, soit intermittent), il convient d'effectuer des mesurages lorsque l'ensemble de turbines à gaz est à l'arrêt. Si l'amplitude des vibrations transmises est inacceptable, il convient de prendre des mesures pour remédier à cette situation.

Il convient de noter qu'une évaluation globale de l'état vibratoire d'une machine repose souvent sur des mesurages effectués sur les arbres tournants et sur les parties non tournantes.

4.2 Critère I: Amplitude des vibrations

4.2.1 Généralités

Ce critère porte sur la définition des valeurs de l'amplitude des vibrations des arbres cohérentes avec des forces dynamiques acceptables des paliers, des déplacements radiaux (jeux) convenables et une transmission acceptable des vibrations au support et aux fondations.

4.2.2 Amplitude des vibrations à des vitesses normales de fonctionnement dans des conditions de fonctionnement en régime permanent

4.2.2.1 Généralités

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.

4.2.2.2 Zones d'évaluation

Les zones d'évaluation suivantes sont définies pour permettre d'effectuer une évaluation des vibrations des arbres d'une machine donnée dans des conditions de régime permanent à une ou à des vitesses normales de fonctionnement et pour donner des lignes directrices quant aux éventuelles mesures à prendre.

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

Zone B: Les machines dont les vibrations appartiennent à cette zone sont normalement considérées comme acceptables pour un fonctionnement de longue durée sans la moindre restriction.

Zone C: Les machines dont les vibrations appartiennent à cette zone sont normalement considérées non satisfaisantes pour un fonctionnement continu de longue durée. D'une manière générale, la machine peut être exploitée pendant une période limitée dans ces conditions dans l'attente d'une occasion permettant de prendre des mesures correctives.

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

NOTE Pour le fonctionnement en régime transitoire, voir 4.2.4.

4.2.2.3 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation doivent toujours faire l'objet d'un accord entre le fournisseur de la machine et l'acheteur, avant l'installation. Les zones d'évaluation servent de référence pour définir les critères d'acceptation pour des machines nouvelles ou réparées.

NOTE Historiquement, pour les machines nouvelles, les critères d'acceptation ont été spécifiés dans la zone A ou la zone B, mais ne devraient normalement pas dépasser 1,25 fois la limite de la zone A/B.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/48bc9abe-d921-4a95-ae6f-c9a6146c7b29/iso-7919-4-2009>

4.2.2.4 Limites des zones d'évaluation

Pour les turbines à gaz fonctionnant avec des turbines à vapeur et/ou des alternateurs à couplage direct, et à des vitesses normales de fonctionnement de 3 000 r/min ou 3 600 r/min, les valeurs des limites de zones sont données dans le Tableau A.1.

Selon l'expérience acquise en matière de mesurage des vibrations des arbres dans ce domaine, les valeurs recommandées pour les limites de zone, en micromètres, pour d'autres ensembles de turbines à gaz avec des puissances supérieures à 3 MW sont inversement proportionnelles à la racine carrée de la vitesse normale de fonctionnement maximale n (en r/min). Les valeurs recommandées pour de telles turbines à gaz sont données dans les Équations (1), (2) et (3) et illustrées à la Figure A.1. Il convient généralement d'arrondir la valeur réelle utilisée au multiple le plus proche de 5 μm .

Limite de zone A/B

$$S_{(p-p)} = \frac{4\,800}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Limite de zone B/C

$$S_{(p-p)} = \frac{9\,000}{\sqrt{n}} \quad (2)$$