
**Vibrations mécaniques — Mesurage
et évaluation des vibrations de
machines —**

**Partie 4:
Turbines à gaz à paliers à film fluide,
excédant 3 MW**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine
vibration —*

Part 4: Gas turbines in excess of 3 MW, with fluid-film bearings

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/92e1b106-c05c-4ced-9945-50a87061bc03/iso-20816-4-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 20816-4:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/92e1b106-c05c-4ced-9945-50a87061bc03/iso-20816-4-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +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
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Modes opératoires de mesurage	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Mesurage des vibrations des parties non tournantes.....	3
4.3 Mesurage des vibrations des arbres tournants.....	5
5 Critères d'évaluation	6
5.1 Généralités.....	6
5.2 Critère I: amplitude des vibrations.....	7
5.2.1 Généralités.....	7
5.2.2 Amplitude des vibrations à vitesse nominale dans des conditions de fonctionnement en régime permanent.....	7
5.2.3 Limites de fonctionnement en régime permanent.....	9
5.2.4 Amplitude des vibrations dans des conditions de régime non permanent (fonctionnement en régime transitoire).....	11
5.3 Critère II: variation de l'amplitude des vibrations dans des conditions de régime permanent à vitesse nominale.....	14
5.4 Modes opératoires/critères supplémentaires.....	14
5.5 Évaluation fondée sur les informations relatives aux vecteurs de vibrations.....	15
Annexe A (normative) Limites des zones d'évaluation des vibrations des parties non tournantes	16
Annexe B (normative) Limites des zones d'évaluation des vibrations des arbres tournants	17
Annexe C (informative) Exemple de positionnement des valeurs d'ALARME et de DÉCLENCHEMENT	19
Annexe D (informative) Notes de mise en garde relatives à l'utilisation des critères de vitesse de vibrations à des vitesses de rotation faibles	20
Annexe E (informative) Limites des zones d'évaluation et jeu des paliers	22
Bibliographie	23

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 (IEC) 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/IEC, 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/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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 dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré 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 première édition de l'ISO 20816-4 annule et remplace l'ISO 7919-4:2009 et l'ISO 10816-4:2009, qui ont fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également les amendements ISO 7919-4/Amd.1:2017 et ISO 10816-4/Amd.1:2017.

La modification principale est que le domaine d'application a été réduit pour exclure les turbines à gaz de grande taille avec des puissances utiles excédant 40 MW et des vitesses nominales de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min et 3 600 r/min. Ces turbines à gaz sont désormais traitées dans l'ISO 20816-2.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 20816 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Introduction

Les documents de la série ISO 20816 ont été et sont élaborés en vue de fusionner et remplacer les séries des ISO 7919 et ISO 10816.

L'ISO 20816-1 est la partie de référence de la série ISO 20816 qui fournit les exigences générales pour l'évaluation des vibrations de divers types de machines lorsque les mesurages des vibrations sont effectués sur des parties tournantes et non tournantes. L'ISO 20816-2 traite des mesurages et de l'évaluation des vibrations de turbines à gaz ayant certaines vitesses de rotations.

Le présent document fournit des dispositions spécifiques concernant l'évaluation des vibrations des corps ou supports de paliers et des arbres tournants des turbines à gaz qui ne sont pas traitées dans l'ISO 20816-2. 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. Dans les cas où le rapport entre la masse des supports de paliers et celle du rotor est élevé, l'utilisation de valeurs de vibrations inférieures peut être appropriée pour les corps ou supports de paliers.

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, des critères différents sont fournis pour les conditions de fonctionnement transitoire.

Les modes opératoires d'évaluation décrits dans le présent document 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 pour les diagnostics. La spécification des critères relatifs à ces mesurages ne relève pas du domaine d'application du présent document. Ces critères sont fournis plus en détail dans les parties pertinentes de l'ISO 13373, qui fournissent des dispositions concernant la surveillance des vibrations des machines.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/92e1b106-c05c-4ced-9945-50a87061bc03/iso-20816-4-2018>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20816-4:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/92e1b106-c05c-4ced-9945-50a87061bc03/iso-20816-4-2018>

Vibrations mécaniques — Mesurage et évaluation des vibrations de machines —

Partie 4:

Turbines à gaz à paliers à film fluide, excédant 3 MW

1 Domaine d'application

Le présent document est applicable aux turbines à gaz à paliers à film fluide pour applications terrestres, avec des puissances utiles excédant 3 MW et une vitesse de fonctionnement en charge comprise entre 3 000 r/min et 30 000 r/min. Dans certains cas (voir ci-dessous la liste des exclusions), cela comprend les autres machines tournantes, couplées soit directement, soit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages. Les critères d'évaluation fournis dans le présent document sont applicables aux vibrations des paliers principaux d'entrée et de sortie du train d'engrenages, mais ils ne sont pas applicables aux vibrations des paliers de la boîte d'engrenage, ni à l'évaluation des conditions vibratoires de ces engrenages. Les techniques spécialisées nécessaires pour évaluer l'état des engrenages sont en dehors du domaine d'application du présent document.

Le présent document n'est pas applicable aux éléments suivants:

- i) turbines à gaz avec des puissances utiles excédant 40 MW et des vitesses nominales de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min ou 3 600 r/min (voir l'ISO 20816-2);
 - ii) turbines à gaz aérodérivatives (y compris les turbines à gaz avec des propriétés dynamiques similaires à celles des aérodérivatives);
- NOTE L'ISO 3977-3 définit les aérodérivatives comme des générateurs de gaz de propulsion d'aéronef adaptés pour entraîner des équipements mécaniques, électriques ou de propulsion marine. Il existe de grandes différences entre les turbines à gaz en service intensif et les turbines à gaz aérodérivatives, par exemple en termes de souplesse du carter, de conception des paliers, de rapport de masse rotor-stator et de structure de montage. Par conséquent, des critères différents s'appliquent pour ces deux types de turbines.
- iii) turbines à gaz avec des puissances utiles inférieures ou égales à 3 MW (voir l'ISO 7919-3 et ISO 10816-3);
 - iv) générateurs entraînés par des turbines (voir l'ISO 20816-2, ISO 7919-3 et l'ISO 10816-3);
 - v) pompes entraînées par des turbines (voir l'ISO 10816-7);
 - vi) compresseurs rotatifs entraînés par des turbines (voir l'ISO 7919-3 et l'ISO 10816-3);
 - vii) les modes opératoires d'évaluation des vibrations du train d'engrenage (voir le présent article) mais n'empêche pas la surveillance des vibrations du train d'engrenage;
 - viii) les modes opératoires d'évaluation des vibrations de la combustion mais n'empêche pas la surveillance des vibrations de la combustion;
 - ix) vibrations des paliers à roulements.

Le présent document fournit des dispositions concernant l'évaluation de la sévérité *in situ* des vibrations en bande large suivantes:

- a) vibrations de la structure de tous les corps ou supports de paliers principaux, mesurées radialement (c'est-à-dire transversalement) par rapport à l'axe de l'arbre;
- b) vibrations de la structure des corps de paliers de butée, mesurées axialement;

- c) vibrations des arbres tournants, 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 se produisent, y compris 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.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 20816-1:2016, *Vibrations mécaniques — Mesurage et évaluation des vibrations de machines — Partie 1: Lignes directrices générales*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques pour l'utilisation en normalisation aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/92e1b106-c05c-4ced-9945-50a87961bc03/iso-20816-4-2018>
- ISO Online browsing platform: disponible à: <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à: <http://www.electropedia.org/>

4 Modes opératoires de mesurage

4.1 Généralités

Les modes opératoires et les instruments de mesurage doivent être conformes aux exigences générales fournies dans l'ISO 20816-1.

L'ISO 20816-1 ainsi que le présent document couvrent les vibrations des parties non tournantes et des arbres tournants. Toutefois, cela ne signifie pas que les deux séries de mesurages doivent être effectuées sur une machine en particulier. Le choix de mesurer les vibrations des parties non tournantes et/ou des arbres tournants dépend de l'application considérée et doit toujours être convenu entre le fournisseur de la machine et l'acheteur avant l'installation. En règle générale, il convient de noter que les vibrations de support de palier sont plus sensibles lorsque la masse du rotor est élevée et le support flexible, alors que les vibrations relatives de l'arbre sont plus sensibles lorsque le support est de grande raille et que le rotor est léger et flexible.

Il convient de connaître les caractéristiques du système de mesurage en ce qui concerne les effets de l'environnement. Il convient de s'assurer que le matériel de mesurage ne subit pas l'influence néfaste de sources externes, parmi lesquelles:

- a) les écarts de température;
- b) les champs électromagnétiques;

- c) les bruits aériens et les bruits solidiens, provenant par exemple de la vibration des engrenages ou de la vibration de la combustion ou des machines avoisinantes;
- d) les variations de la source d'énergie du transducteur;
- e) l'impédance des câbles;
- f) la longueur du câble du transducteur;
- g) l'orientation du transducteur; et
- h) les caractéristiques structurales de la fixation du transducteur.

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.

Si les valeurs résultant de mesurages effectués sur des machines différentes ou à des moments différents sont comparées, il convient de s'assurer que la même gamme de fréquences a été utilisée et de relever les données lorsque la machine fonctionne dans des conditions stables avec la même vitesse de rotation et la même charge.

4.2 Mesurage des vibrations des parties non tournantes

Pour la surveillance, le système de mesurage doit pouvoir mesurer les vibrations en bande large dans une gamme de fréquences allant de 10 Hz à au moins trois fois la fréquence normale de fonctionnement maximale ou 500 Hz, la valeur la plus élevée étant retenue. Toutefois, si les instruments servent également au diagnostic, une gamme de fréquences plus étendue et/ou une analyse spectrale peuvent être nécessaires. Par exemple, si la fréquence correspondant à la première vitesse de résonance (vitesse critique) des rotors couplés est inférieure à 10 Hz, la limite inférieure de la plage linéaire du système de mesurage doit être abaissée en conséquence.

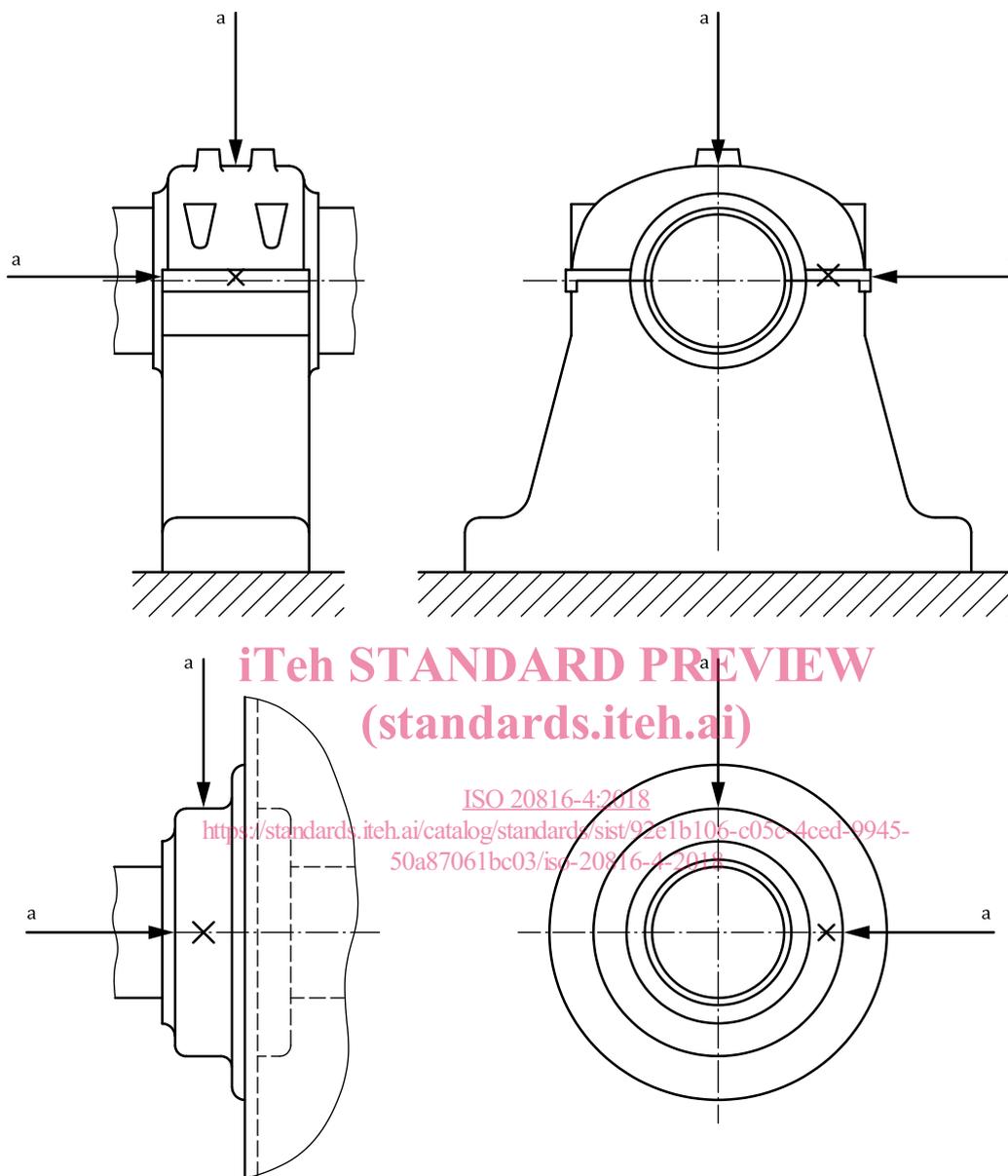
Si le mesurage est effectué à l'aide d'un transducteur de vitesse et que des mesurages en deçà de 10 Hz sont nécessaires, il est important de linéariser le signal de vitesse. Cela est particulièrement important lors de l'évaluation de la vitesse de vibrations à des vitesses de rotation inférieures (voir l'ISO 2954).

Il convient d'effectuer le mesurage des vibrations à des endroits offrant une sensibilité suffisante aux forces dynamiques de la machine. Cela implique généralement un mesurage dans deux directions radiales sur chaque chapeau ou support de palier principal avec une paire de transducteurs orthogonaux, comme illustré à la [Figure 1](#) et à la [Figure 2](#). Les transducteurs peuvent être placés dans n'importe quelle position angulaire sur les corps ou supports de paliers, mais il est d'usage de suivre les directions horizontale et verticale (c'est-à-dire les principaux axes de rigidité).

Il est admis d'utiliser un transducteur radial unique sur un chapeau ou support de palier à la place de la paire de transducteurs orthogonaux, plus courante, s'il est établi que celui-ci donne des renseignements suffisants sur l'amplitude des vibrations de la machine. Toutefois, en général, il convient de prendre des précautions au moment d'évaluer 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 raisonnable de la valeur maximale au niveau de ce plan.

Il n'est pas d'usage de mesurer les vibrations axiales sur les paliers principaux portant la charge radiale dans le cadre de la surveillance continue du fonctionnement. Ce type de mesurage est principalement utilisé pour les contrôles périodiques des vibrations ou à des fins de diagnostic. De ce fait, dans le présent document, les critères de vibrations axiales ne sont indiqués que pour les paliers de butée dont il est possible de déterminer la sévérité vibratoire en utilisant les mêmes critères que pour les vibrations radiales (voir [Tableau A.1](#)). Pour les autres paliers, pour lesquels il n'existe pas de contrainte axiale, il est admis d'utiliser une exigence moins stricte pour évaluer les vibrations axiales, à condition que les tuyauteries et équipements auxiliaires ne subissent pas de répercussions négatives.

Il convient d'accorder une attention particulière au fait que les transducteurs de détection de vibrations soient correctement montés et que la configuration de montage n'altère pas la précision du mesurage (voir par exemple l'ISO 2954 et l'ISO 5348).

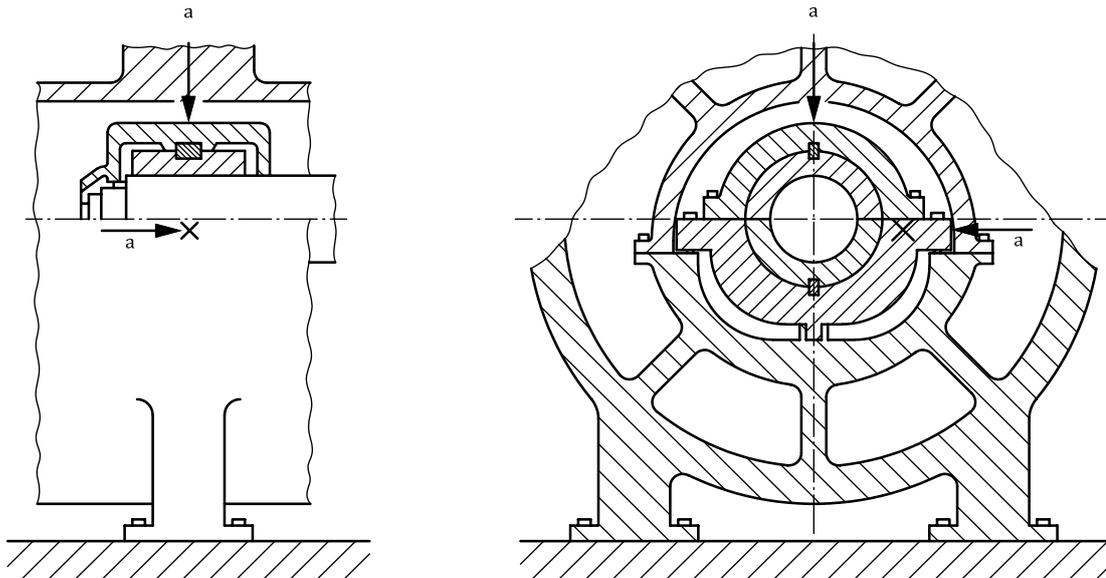


Légende

a Direction de mesurage.

NOTE Les critères d'évaluation du présent document sont applicables aux vibrations radiales de tous les paliers principaux et aux vibrations axiales des paliers de butée.

Figure 1 — Points et directions de mesurage types sur supports et chapeaux de palier



Légende

a Direction de mesure.

NOTE Les critères d'évaluation du présent document sont applicables aux vibrations radiales de tous les paliers principaux et aux vibrations axiales des paliers de butée.

Figure 2 — Points et directions de mesure types sur un palier de turbine à gaz
(standards.iteh.ai)

4.3 Mesurage des vibrations des arbres tournants

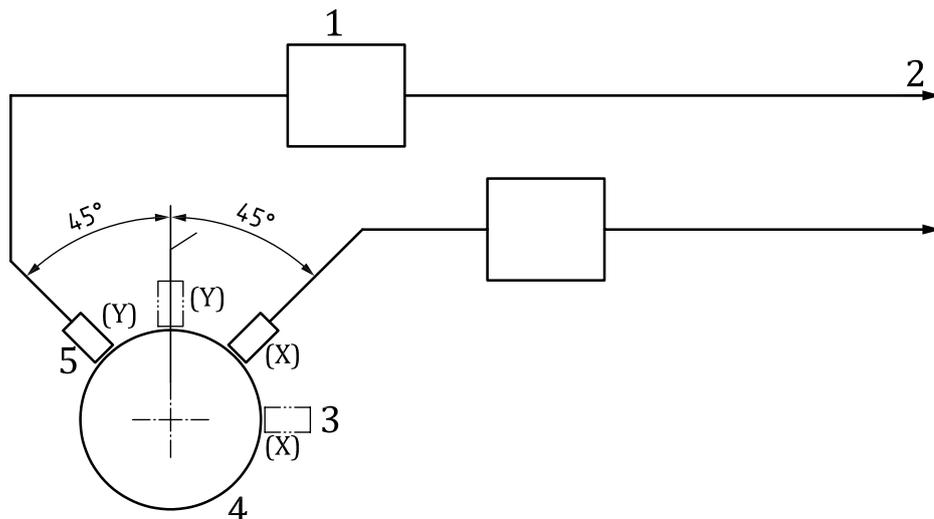
Les mesurages des vibrations relatives des arbres (c'est-à-dire, des vibrations de l'arbre tournant par rapport à la structure de support) sont privilégiés pour les vibrations des arbres des turbines à gaz.

Pour la surveillance, le système de mesure doit pouvoir mesurer les vibrations en bande large dans une gamme de fréquences allant de 1 Hz à au moins trois fois la fréquence normale de fonctionnement maximale ou 500 Hz, la valeur la plus élevée étant retenue. Toutefois, si les instruments servent également au diagnostic, une gamme de fréquences plus étendue (par exemple, jusqu'à six fois la fréquence normale de fonctionnement maximale) et/ou une analyse spectrale peuvent être nécessaires.

Il convient d'effectuer le mesurage des vibrations à des endroits offrant la possibilité d'évaluer le mouvement transversal de l'arbre en certains points stratégiques. Cela implique généralement un mesurage dans deux directions radiales à l'aide d'une paire de transducteurs orthogonaux placés 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 se trouvent soit à $\pm 45^\circ$ de la verticale (point mort haut à 12 heures), soit à proximité de la verticale et de l'horizontale (voir [Figure 3](#)).

Il est admis d'utiliser un transducteur radial unique à la place de la paire de transducteurs orthogonaux, plus courante, s'il est établi que celui-ci donne des renseignements suffisants sur l'amplitude des vibrations de l'arbre. Toutefois, en général, il convient de prendre des précautions au moment d'évaluer les vibrations avec un seul transducteur au niveau d'un plan de mesure, puisque le transducteur risque de ne pas être orienté de manière à donner une approximation raisonnable de la valeur maximale au niveau de ce plan.

Il n'est pas d'usage de mesurer les vibrations axiales des arbres sur les turbines à gaz. Pour les mesurages de la position axiale effectués à l'aide de transducteurs sans contact et inclus dans le système de surveillance des vibrations, l'évaluation du signal n'est pas couverte par le présent document.



Légende

- 1 unités de traitement du signal
- 2 vers le traitement du signal
- 3 orientations facultatives du transducteur
- 4 arbre
- 5 transducteurs sans contact

iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 3 — Représentation schématique du mesurage du mouvement relatif de l'arbre à l'aide de transducteurs sans contact

Une attention particulière doit être accordée au fait que les transducteurs de détection de vibrations soient correctement montés et que la configuration de montage n'altère pas la précision du mesurage (voir par exemple l'ISO 10817-1).

Autant que possible, la surface de l'arbre au niveau de la position 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 «à faible vitesse» combinés, mesurés par le transducteur, ne dépassent pas 25 % de la limite de zone A/B à vitesse nominale (voir [Figure B.1](#)).

Avant de faire fonctionner des turbines à gaz jusqu'à leur vitesse nominale, il est admis d'effectuer des mesurages de déplacement d'arbre à faible vitesse. Dans ce cas, les caractéristiques à basse fréquence du système de mesurage doivent être adéquates. Il n'est généralement pas possible de considérer que ces mesurages fournissent une indication valable du faux-ronde des arbres dans des conditions normales de fonctionnement, car ils peuvent être affectés, par exemple, par des flèches transitoires, des mouvements irréguliers du tourillon dans le palier et des déplacements axiaux. Il convient de ne pas soustraire les mesurages à faible vitesse des mesurages de vibrations à vitesse nominale sans étudier avec attention ces facteurs, car les résultats peuvent fournir une interprétation trompeuse des vibrations de la machine (voir l'ISO 20816-1).

5 Critères d'évaluation

5.1 Généralités

L'ISO 20816-1 fournit une description générale des deux critères d'évaluation utilisés pour évaluer les vibrations de diverses catégories de machines.

- a) Le premier critère tient compte de l'amplitude des vibrations en bande large observées;