

---

---

**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**

**(standards.iteh.ai)**

*Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by  
measurements on non-rotating parts —*

*ISO 10816-7:2009*

*Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including  
measurements on rotating shafts*



**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 10816-7:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b1f48e66-4d4d-4ffb-af96-5c7d97c5d576/iso-10816-7-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b1f48e66-4d4d-4ffb-af96-5c7d97c5d576/iso-10816-7-2009>



**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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2011

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	2
3 <b>Mesurage des vibrations</b> .....	2
4 <b>Évaluation des vibrations</b> .....	7
5 <b>Zones et conditions d'évaluation pour un fonctionnement <i>in situ</i> et essais de réception</b> .....	8
6 <b>Limites de fonctionnement</b> .....	10
<b>Annexe A (normative) Limites des zones d'évaluation pour les vibrations des parties non tournantes</b> .....	11
<b>Annexe B (informative) Critères d'évaluation des vibrations relatives de l'arbre des pompes rotodynamiques à paliers à douille</b> .....	14
<b>Annexe C (informative) Exemple de réglage des valeurs d'ALARME et de DÉCLENCHEMENT</b> .....	16
<b>Annexe D (informative) Considérations relatives à la flexibilité des supports et à l'orientation de l'installation</b> .....	17
<b>Bibliographie</b> .....	18

[ISO 10816-7:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b1f48e66-4d4d-4ffb-af96-5c7d97c5d576/iso-10816-7-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b1f48e66-4d4d-4ffb-af96-5c7d97c5d576/iso-10816-7-2009>

## 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 10816-7 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*, en collaboration avec l'ISO/TC 115, *Pompes*.

L'ISO 10816 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations mécanique — Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes*.

- *Partie 1: Lignes directrices générales*
- *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 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*
- *Partie 4: Turbines à gaz à paliers à film fluide*
- *Partie 5: Groupes générateurs de puissance et installations de pompage hydrauliques*
- *Partie 6: Machines alternatives de puissance nominale supérieure à 100 kW*
- *Partie 7: Pompes rotodynamiques pour applications industrielles, y compris mesurages sur les arbres tournants*

## Introduction

Les mesurages des vibrations des pompes rotodynamiques peuvent être utilisés à de nombreuses fins, par exemple la surveillance en exploitation, l'essai de réception et les recherches analytiques et de diagnostic (surveillance de l'état).

La description générale des principes devant être appliqués pour le mesurage et l'évaluation des vibrations de machines industrielles couplées est donnée dans l'ISO 10816-1 pour les vibrations des parties non tournantes et dans l'ISO 7919-1 pour les vibrations des arbres.

La présente partie de l'ISO 10816 est fondée sur les données relatives aux vibrations recueillies lors d'une étude portant sur environ 1 500 pompes utilisées aussi bien *in situ* que dans différentes installations d'essai. Cette étude concernait des pompes de différents types, vitesses et puissances utilisées sur une vaste gamme de débits. En raison du grand nombre de mesurages des vibrations, ces données sont considérées comme étant représentatives de pompes fonctionnant de manière satisfaisante, bien que l'on manque d'informations sur le temps moyen entre défaillances et sur les conditions de fonctionnement relatives aux valeurs mesurées.

Une évaluation statistique de ces données a été réalisée pour le domaine de fonctionnement préférentiel, à savoir 70 % à 120 % du point de rendement maximal (PRM), ainsi que des évaluations de la dépendance du débit et de la puissance.

Cette étude des vibrations n'a révélé aucune différence significative entre les supports rigides et flexibles, ou entre les orientations horizontales et verticales des pompes, lorsque les mesures sont réalisées aux points définis dans la présente partie de l'ISO 10816, contrairement à d'autres normes traitant du mesurage des vibrations (par exemple l'ISO 10816-1, l'ISO 10816-3 et l'ISO 13709<sup>[10]</sup>) qui font ces distinctions.

L'analyse statistique a montré une légère dépendance des valeurs de vibration à la puissance absorbée par une pompe. En conséquence, la présente partie de l'ISO 10816 fait une distinction entre les pompes de puissance inférieure ou égale à 200 kW et les pompes de puissance supérieure à 200 kW.

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

ISO 10816-7:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b1f48e66-4d4d-4ffb-af96-5c7d97c5d576/iso-10816-7-2009>

# 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

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10816 donne des instructions pour l'évaluation des vibrations des pompes rotodynamiques pour applications industrielles d'une puissance nominale supérieure à 1 kW. Elle définit les exigences particulières applicables à l'évaluation des vibrations lorsque les mesurages des vibrations sont effectués sur les parties non tournantes (vibrations du corps de palier). Elle donne des recommandations spécifiques pour l'évaluation de l'intensité des vibrations mesurées *in situ* sur les corps de palier des pompes rotodynamiques et pour l'essai de réception en usine ou dans les installations d'essai du fabricant. La présente partie de l'ISO 10816 fournit également des informations générales et des lignes directrices pour l'évaluation des vibrations relatives à l'arbre tournant.

La présente partie de l'ISO 10816 spécifie les zones et les limites relatives aux vibrations des pompes horizontales et verticales, quelle que soit la flexibilité de leurs supports. Les critères généraux d'évaluation sont valables pour la surveillance en exploitation des pompes rotodynamiques et pour les essais de réception<sup>1)</sup> *in situ* ou dans les installations d'essai du fabricant si cela est spécifié. Des conditions spéciales sont indiquées pour l'essai de réception dans les installations d'essai du fabricant.

Pour surveiller les valeurs de vibrations pendant un service de longue durée, deux critères sont fournis pour évaluer les vibrations de la machine. Un critère concerne l'amplitude des vibrations observées et l'autre les variations d'amplitude. Les critères d'évaluation sont applicables aux vibrations produites par la pompe elle-même et non aux vibrations qui lui sont transmises par des sources extérieures. Les critères servent essentiellement à garantir un fonctionnement fiable et sûr à long terme de la pompe, tout en réduisant au minimum les effets néfastes sur les dispositifs raccordés. De plus, des recommandations sont données pour définir les limites de fonctionnement et fixer les valeurs d'alarme et de déclenchement.

En ce qui concerne les groupes de pompage à moteurs électriques intégrés (roue montée directement sur l'arbre moteur ou arbre de la roue assemblé de façon rigide à l'arbre moteur), la présente partie de l'ISO 10816 s'applique à l'ensemble de l'unité couplée.

Pour les moteurs à accouplement flexible, la présente partie de l'ISO 10816 est applicable uniquement à la pompe. De plus, les moteurs d'entraînement montés séparément ne relèvent pas du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 10816. Ils sont traités dans l'ISO 10816-3.

Les types de pompes suivants sont exclus de la présente partie de l'ISO 10816:

- pompes volumétriques alternatives et tournantes;
- pompes entraînées par un moteur alternatif;

1) Lorsque des essais de réception sont mentionnés dans la présente partie de l'ISO 10816, il convient de tenir compte du fait que tous les détails concernant le lieu, les dimensions et la forme de ces méthodes d'essai sont facultatifs et doivent être spécifiés et convenus par les deux parties au contrat.

- pompes équipant les groupes générateurs de puissance et installations de pompage hydrauliques de puissance supérieure à 1 MW (voir l'ISO 7919-5<sup>[4]</sup> et l'ISO 10816-5);
- pompes à solides, pompes à boue et pompes immergées.

Les vibrations en torsion ne sont pas traitées dans la présente partie de l'ISO 10816.

## 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 2954, *Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives — Spécifications des appareils de mesure de l'intensité vibratoire*

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

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

## 3 Mesurage des vibrations

### 3.1 Grandeur mesurée et mode opératoire de mesurage

La grandeur de mesurage devant être utilisée pour le mesurage des vibrations des parties non tournantes<sup>2)</sup> des pompes rotodynamiques est la vitesse de vibration efficace (eff) en millimètres par seconde. Pour des vitesses inférieures à 600 r/min, il est également nécessaire de mesurer le déplacement crête à crête en micromètres. Le mode opératoire de mesurage devant être utilisé est spécifié dans l'ISO 10816-1.

### 3.2 Instruments de mesure et gamme de fréquences

#### 3.2.1 Généralités

Les appareils de mesure doivent être conformes aux exigences spécifiées dans l'ISO 10816-1. Les appareils doivent être capables de mesurer la vitesse de vibration efficace dans une vaste gamme de fréquences allant d'au moins 10 Hz à 1 000 Hz et doivent satisfaire aux exigences de l'ISO 2954.

Pour les pompes ayant des vitesses de fonctionnement inférieures à 600 r/min, la fréquence limite inférieure des appareils de mesure doit normalement être de 2 Hz afin que la fréquence de la composante de vibration à la vitesse de fonctionnement se situe dans les limites de la gamme des fréquences mesurées. De plus, les appareils de mesure doivent mesurer la vitesse de vibration efficace (en millimètres par seconde) et le déplacement crête à crête (en micromètres).

Étant donné que le déplacement crête à crête à large bande dans la gamme des basses fréquences peut être fortement influencé par des excitations stochastiques impulsives dues à l'écoulement du fluide, des valeurs supérieures à la normale peuvent parfois être observées. Il convient alors de les analyser et de les expliquer, par exemple par un filtrage des fréquences. En conséquence, il est recommandé de mesurer le déplacement crête à crête pour les valeurs filtrées à 0,5 fois, 1 fois et 2 fois la vitesse de fonctionnement avec une largeur de bande inférieure ou égale à 1 Hz pour évaluer la qualité d'une pompe.

---

2) Pour les mesurages sur les arbres tournants, voir l'Annexe B.



Pour les pompes à très grande vitesse ou à des fins de diagnostic (voir, par exemple, l'ISO 13373-1<sup>[8]</sup> qui spécifie une analyse plus détaillée), il peut être nécessaire d'utiliser des appareils de mesure couvrant une gamme de fréquences plus étendue, allant généralement jusqu'à 2,5 fois la fréquence de rotation des aubes afin que les composantes de fréquence de rotation des aubes soient prises en compte de manière adéquate.

### 3.2.2 Précautions

Des précautions doivent être prises pour s'assurer que les appareils de mesure ne sont pas influencés par des facteurs tels que:

- les variations de température,
- les champs magnétiques,
- les champs acoustiques,
- les variations des sources d'énergie,
- les boucles de terre,
- la longueur de câble des capteurs,
- l'orientation des capteurs.

Il convient notamment de s'assurer que les capteurs de vibration sont fixés correctement et que ces fixations n'altèrent pas la précision des mesurages. Si des capteurs de vibration à support magnétique sont utilisés, il convient de préparer la surface d'appui au niveau de l'objet du mesurage afin d'éviter les erreurs de mesurage. Des méthodes de fixation appropriées sont représentées à la Figure 1.

NOTE L'ISO 5348<sup>[2]</sup> contient des informations sur la fixation mécanique des accéléromètres qui, en général, sont également applicables aux capteurs de vitesse.

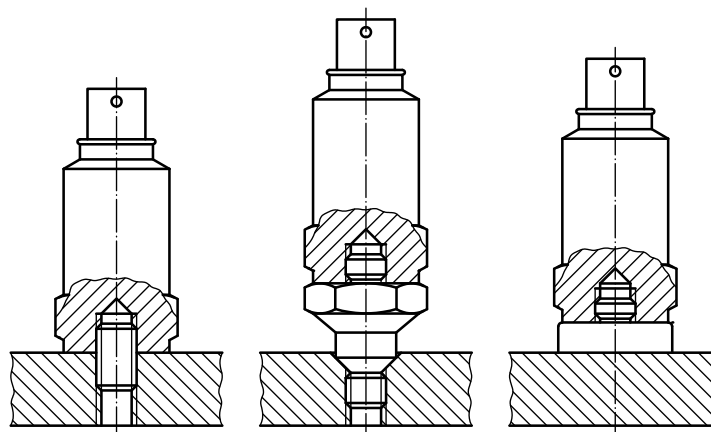


Figure 1 — Méthodes de fixation des capteurs de vibrations

### 3.2.3 Surveillance continue et périodique

Sur les pompes critiques ou de grandes dimensions, il est d'usage d'installer à demeure une instrumentation permettant une surveillance en ligne et en continu des vibrations en des points de mesure clés. Pour un grand nombre de pompes, principalement celles de faibles dimensions ou de faible puissance, il est inutile de réaliser une surveillance en continu des vibrations. Les variations du balourd, les performances des paliers, l'alignement, etc. peuvent être détectés avec une fiabilité suffisante par des mesurages périodiques des vibrations à l'aide d'appareils portatifs.

Lorsque seuls des mesurages périodiques sont effectués sur les pompes, les défauts apparaissant brutalement ne seront pas détectés. Cette considération doit être spécialement prise en compte lorsqu'une pompe est liée à la sécurité. Dans ce cas, une surveillance en ligne et en continu est recommandée. L'utilisation d'ordinateurs pour l'analyse des tendances et la notification des dysfonctionnements est également de plus en plus courante. Des informations détaillées sur les modes opératoires et les appareils employés pour la surveillance du régime de vibration sont fournies dans l'ISO 13373-1<sup>[8]</sup>.

### 3.3 Emplacements et directions de mesurage

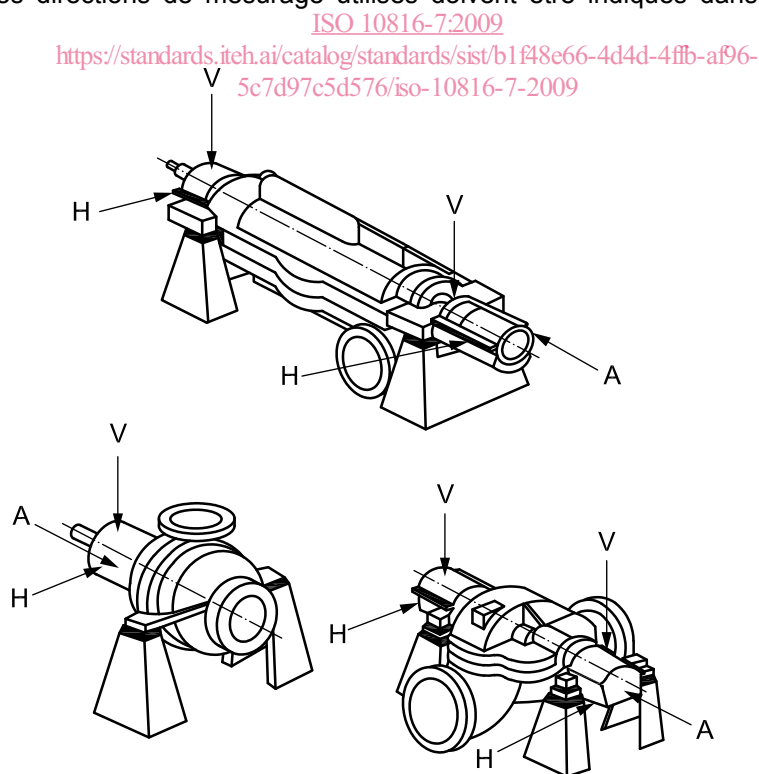
#### 3.3.1 Mesurages généraux

Les vibrations des parties non tournantes des pompes rotodynamiques doivent être mesurées au niveau du corps de palier de la pompe. Les mesurages des vibrations sont normalement effectués sur les parties exposées de la pompe qui sont accessibles (voir Figure 2 et Figure 3).

Il convient de confirmer que les mesurages sont représentatifs des vibrations du corps de palier et qu'ils ne sont pas altérés par une résonance ou une amplification locale. Les emplacements de mesurage et les orientations des capteurs doivent être tels que les forces dynamiques de la pompe soient représentées avec une sensibilité suffisante. Ces emplacements se situent normalement au voisinage de l'axe des paliers. Pour s'en assurer, les mesurages doivent normalement être effectués au niveau de chaque corps de palier dans deux directions orthogonales et, éventuellement, dans une direction axiale (voir 3.3.2), comme représenté à la Figure 2 et à la Figure 3.

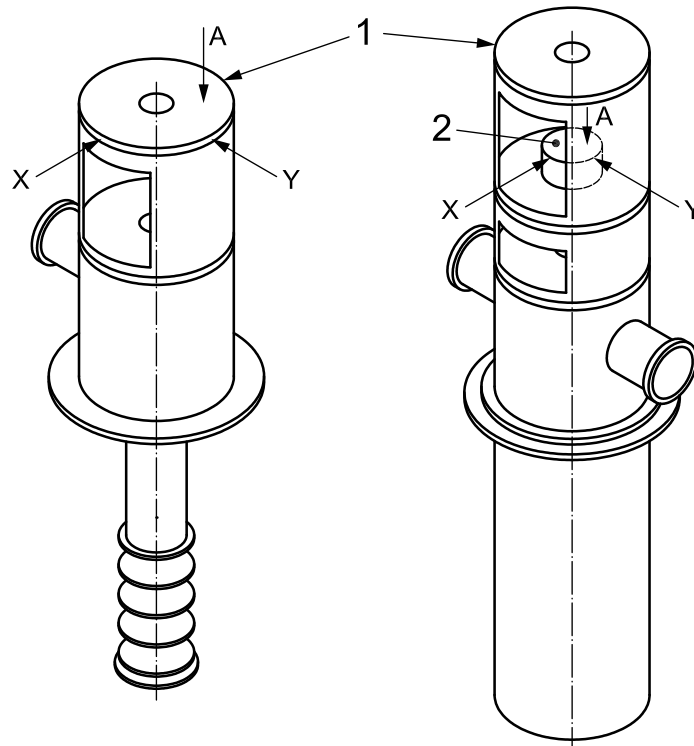
Pour les pompes à arbres horizontaux, les directions horizontale et verticale sont généralement préférées en ajoutant, si possible, la direction axiale. Pour les pompes dont les arbres ont une configuration verticale ou inclinée, les emplacements de mesurage doivent être choisis de manière à garantir la lecture maximale. Dans la plupart des cas, les mesurages seront effectués dans la direction de la plus grande flexibilité et perpendiculairement à celle-ci.

Les emplacements et les directions de mesurage utilisés doivent être indiqués dans le compte rendu de mesurage.



NOTE H, V (horizontal, vertical) sont les deux directions radiales orthogonales de mesurage; A est la direction axiale de mesurage.

Figure 2 — Emplacements de mesurage sur les pompes horizontales



#### Légende

- 1 surface de montage du moteur d'entraînement/palier inférieur du moteur  
 2 corps de palier de la pompe. Il est préférable de choisir cet emplacement s'il est accessible; sinon, le corps de palier inférieur du moteur peut être utilisé

NOTE X, Y sont les deux directions radiales orthogonales de mesure; A est la direction axiale de mesure.

Figure 3 — Emplacements de mesure sur les pompes verticales

### 3.3.2 Mesurages axiaux spéciaux

Pendant une surveillance en continu du fonctionnement, il n'est pas courant de mesurer les vibrations axiales sur les paliers principaux supportant la charge radiale. De tels mesurages axiaux sont principalement utilisés lors d'études périodiques des vibrations ou à des fins de diagnostic. Toutefois, certains défauts sont plus aisément détectés dans la direction axiale. À l'heure actuelle, les critères relatifs aux vibrations axiales ne sont donnés que pour les paliers de butée où les vibrations axiales sont en corrélation avec la pulsation axiale susceptible d'endommager les surfaces supportant la charge axiale. Les critères indiqués dans le Tableau A.1 et le Tableau A.2 s'appliquent aux vibrations radiales sur tous les paliers et aux vibrations axiales sur les paliers de butée.

### 3.4 Conditions d'installation et de fonctionnement

En ce qui concerne l'installation des pompes, il est important que le concepteur du système, le fabricant de la pompe et l'utilisateur prennent des mesures particulières pour éviter toute résonance dans les tuyauteries raccordées et les fondations avec les principales fréquences d'excitation (par exemple fréquence de rotation, double de la fréquence de rotation ou fréquence de rotation des aubes), car une telle résonance peut engendrer des vibrations excessives.

Les mesurages doivent être effectués lorsque le moteur et les paliers principaux ont atteint leur température de fonctionnement normale en régime permanent. La pompe doit être utilisée dans les conditions de fonctionnement spécifiées, c'est-à-dire aux valeurs nominales de débit, de hauteur de refoulement et de vitesse, situées dans la plage de fonctionnement préférentielle (voir Figure 4). La présente partie de l'ISO 10816 donne également des lignes directrices relatives au fonctionnement dans la totalité de la plage de fonctionnement admissible.