
**Surveillance et diagnostic d'état
des machines — Surveillance
des vibrations —**

**Partie 1:
Procédures générales**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration
condition monitoring —
Part 1: General procedures*

ISO 13373-1:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002>



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 13373-1:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002>

© ISO 2002

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 2003

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 Surveillance des vibrations	2
4.1 Généralités	2
4.2 Types de systèmes de surveillance des vibrations	2
4.3 Collecte de données	5
4.4 Programme de surveillance	6
5 Mesurages	8
5.1 Généralités	8
5.2 Types de mesurages	8
5.3 Grandeurs de mesure	15
5.4 Précision et répétabilité des mesurages	17
6 Capteurs	18
6.1 Types de capteurs	18
6.2 Sélection du capteur	18
6.3 Fixation du capteur	22
7 Formats de présentation des données	23
7.1 Généralités	23
7.2 Mesurages des données de référence	24
7.3 Détermination des tendances des vibrations	25
7.4 Vibrations à fréquence discrète	32
8 Analyse et communication des données	33
Annexe A (informative) Principes directeurs pour les types de mesurages et leurs emplacements	35
Annexe B (informative) Exigences relatives à l'enregistrement des informations	42
Annexe C (informative) Causes potentielles des sources de vibrations	44
Annexe D (informative) Conventions pour l'identification des emplacements de mesurage des vibrations	48
Bibliographie	56

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 de la présente partie de l'ISO 13373 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 13373-1 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*.

L'ISO 13373 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations*:

- *Partie 1: Procédures générales*
- *Partie 2: Traitement des données, analyse, diagnostic, affichage et vibrations générales*

Les annexes A, B, C et D de la présente partie de l'ISO 13373 sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

L'objectif principal de la surveillance des vibrations des machines est de fournir des informations sur l'état de fonctionnement des machines à des fins de protection et de maintenance prévisionnelle. L'évaluation de l'état vibratoire de la machine sur le temps de fonctionnement fait partie intégrante de ce processus. Le but de la présente partie de l'ISO 13373 est de promouvoir l'utilisation de principes directeurs admis relatifs à l'acquisition et à l'évaluation des mesurages des vibrations pour la surveillance.

Par opposition aux essais de vibrations strictement utilisés pour des besoins de diagnostic et de réception, la surveillance implique l'acquisition de données qui peuvent être comparées sur un court espace de temps, et elle met l'accent sur les changements du comportement vibratoire plutôt que sur tout comportement particulier en soi.

Les changements du comportement vibratoire peuvent être généralement le résultat de

- variation de l'état d'équilibre,
- variation de l'alignement,
- l'usure ou de l'endommagement du palier lisse ou du roulement antifriction,
- défauts d'engrenage ou d'accouplement,
- fissures dans les composants critiques,
- transitoires de fonctionnement,
- perturbations du débit de fluide dans les machines hydrauliques,
- excitations transitoires dans les machines électriques,
- frottements,
- desserrages mécaniques.

La surveillance des vibrations peut fournir des informations pour les besoins suivants:

- augmentation de la protection de l'équipement;
- amélioration de la sécurité du personnel;
- amélioration des procédures de maintenance;
- détection précoce des problèmes;
- évitement de pannes catastrophiques;
- prolongement de la vie de l'équipement;
- amélioration du fonctionnement.

ISO 13373-1:2002(F)

Les mesurages des vibrations liés à la surveillance peuvent être de différents types, du plus simple au plus complexe, et peuvent inclure des mesurages continus ou périodiques. Toutefois, ils partagent tous un même but, celui d'apprécier de façon précise et fiable l'état des machines. L'instrumentation et les procédures recommandées dans la présente partie de l'ISO 13373 aideront à atteindre cet objectif.

Les méthodes de mesure décrites dans la présente partie de l'ISO 13373 reflètent les méthodes communes et courantes de mesure utilisant des capteurs de vibrations sismiques et sans contact. Toutefois, il est reconnu que d'autres méthodes d'évaluation de l'état vibratoire des machines sont en développement. Bien qu'elles ne soient pas incluses pour le moment, la présente partie de l'ISO 13373 n'écarte pas l'utilisation de ces techniques de mesurage.

En outre, l'ISO/TC 108 est actuellement en voie de développer de nouvelles Normes internationales dans le domaine du diagnostic des machines. Ces Normes internationales sont destinées à fournir des indications sur la surveillance globale de la «santé» des machines, y compris des facteurs tels que les vibrations, la pureté de l'huile et la thermographie.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13373-1:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002>

Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations —

Partie 1: Procédures générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13373 fournit des principes directeurs généraux pour les fonctions de mesurage et de collecte de données des vibrations des machines, liées à la surveillance. Elle est destinée à promouvoir une cohérence des modes opératoires de mesure et des pratiques de mesurage, concernant généralement les machines tournantes.

Étant donné la diversité des approches liées à la surveillance, des recommandations spécifiques à un type particulier de programme de surveillance seront abordées dans les parties supplémentaires de l'ISO 13373.

La présente partie de l'ISO 13373 est un document de base qui présente des recommandations de nature générale, incluant les sujets suivants

- méthodes de mesurage; [ISO 13373-1:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002)
- paramètres de mesurage; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002>
- sélection du capteur;
- emplacement du capteur;
- fixation du capteur;
- collecte de données;
- conditions de fonctionnement de la machine;
- systèmes de surveillance des vibrations;
- systèmes de conditionnement des signaux;
- interfaces avec les systèmes de traitement des données;
- surveillance continue; et
- surveillance périodique.

Les conditions vibratoires d'une machine peuvent être surveillées par des mesurages des vibrations sur le palier ou la structure de la carcasse et/ou par des mesurages des vibrations des éléments tournants de la machine. De plus, les mesurages peuvent être continus ou non continus. La présente partie de l'ISO 13373 fournit des indications sur les types de mesurages recommandés à la fois dans les modes continu et non continu.

Il est à noter que la présente partie de l'ISO 13373 ne traite que des procédures de surveillance des vibrations des machines. Dans de nombreux cas, la surveillance et le diagnostic complets d'une machine peuvent également inclure d'autres paramètres, tels que la thermographie, l'analyse de l'huile, la ferrographie, les variations du procédé, les températures et les pressions. Ces paramètres non vibratoires seront inclus dans d'autres Normes internationales.

La présente partie de l'ISO 13373 couvre les machines tournantes. Cependant, un certain nombre de procédures incluses peut être appliqué à d'autres types de machines, par exemple, les machines alternatives.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 13373. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 13373 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 1925, *Vibrations mécaniques — Équilibrage — Vocabulaire*

ISO 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002>

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 13373, les termes et définitions donnés dans l'ISO 1925 et l'ISO 2041 s'appliquent.

4 Surveillance des vibrations

4.1 Généralités

La surveillance des vibrations est effectuée pour permettre l'évaluation de la «santé» de la machine durant un fonctionnement soutenu. Selon le type de machine et les composants critiques à surveiller, un ou plusieurs paramètres de mesure et un système de surveillance adéquat doivent être sélectionnés. L'objectif d'un tel programme est de reconnaître rapidement un état «maladif» afin d'entreprendre une action corrective avant que certains défauts des pièces de la machine n'affectent de façon significative le fonctionnement de l'équipement ou la durée de vie prévue de la machine, ou ne tombent en panne complètement, et d'établir de cette façon un plan de maintenance rentable.

Plusieurs types de systèmes de surveillance sont décrits ci-dessous; selon la machine, son état et d'autres facteurs, l'un de ces systèmes, ou des combinaisons de ces derniers, peuvent être sélectionnés.

4.2 Types de systèmes de surveillance des vibrations

4.2.1 Généralités

Il existe plusieurs types de systèmes de surveillance. Ils peuvent utiliser des équipements de mesure installés de façon permanente, semi-permanente ou des équipements portatifs.

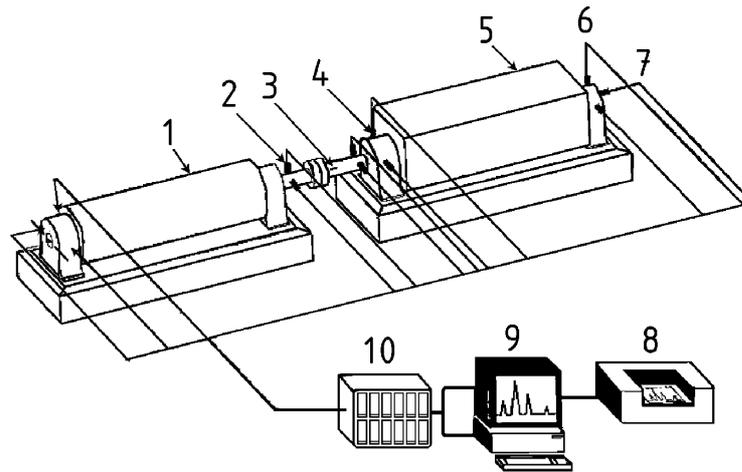
La décision quant au choix du système de mesure approprié dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que

- la criticité du fonctionnement de la machine,
- le coût du temps d'arrêt de la machine,
- le coût d'une panne catastrophique,
- le prix de la machine,
- la vitesse de progression du mode de défaillance,
- l'accessibilité en ce qui concerne la réparation/maintenance (par exemple pour les centrales nucléaires ou d'autres sites éloignés),
- l'accessibilité relative à des positions de mesurage appropriées,
- la qualité du système de mesure/diagnostic,
- les modes d'exploitation de la machine (par exemple vitesse ou puissance),
- le prix du système de surveillance,
- la sécurité, et
- l'impact environnemental.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.2.2 Systèmes installés de façon permanente

Dans ce type de système, les capteurs, les conditionneurs de signaux, l'équipement de traitement et de stockage des données sont installés de façon permanente. Les données peuvent être collectées soit de façon continue, soit de façon périodique. L'utilisation de systèmes installés de façon permanente est généralement limitée aux machines coûteuses et critiques. La Figure 1 montre un système type en ligne installé de façon permanente.



Légende

- 1 Machine d'entraînement
- 2 Capteurs de déplacement (types)
- 3 Référence de phase
- 4 Capteurs (types) sur une structure à paliers fixes
- 5 Machine du procédé entraînée
- 6 Radial
- 7 Axial
- 8 Imprimante
- 9 Ordinateur avec stockage des données
- 10 Conditionneur de signaux

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13373-1:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/13373-1-2002)

NOTE Cette figure montre une description courante. D'autres systèmes sont admis (par exemple ceux à base de microprocesseurs ont souvent un conditionnement du signal intégral qui peut être exécuté après la conversion courant alternatif/courant continu).

Figure 1 — Système type en ligne de surveillance des vibrations, installé de façon permanente

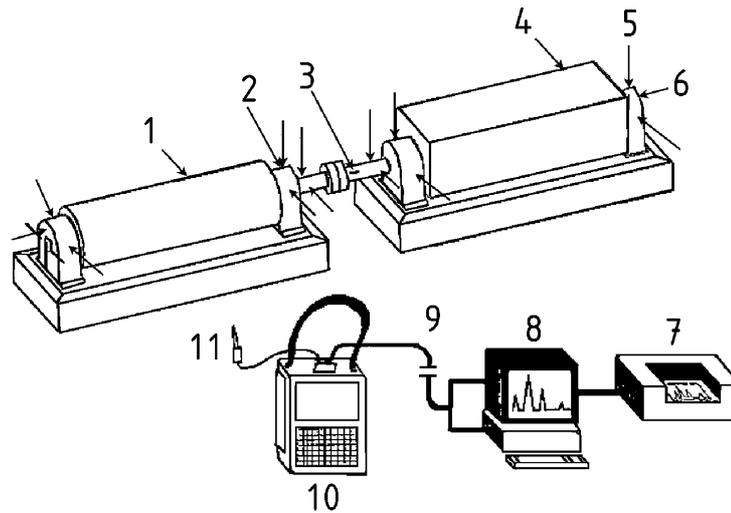
4.2.3 Systèmes semi-permanents

Le système semi-permanent est à mi-chemin entre le système permanent et le système portable. Dans ce type de système, les capteurs sont généralement installés de façon permanente, alors que les matériels électroniques d'acquisition des données sont connectés de façon intermittente.

4.2.4 Systèmes de surveillance portatifs

Un système de surveillance portable présente des fonctions similaires à celles du système en ligne «continu», mais il est moins élaboré et normalement moins onéreux. Avec cette configuration, les données sont enregistrées périodiquement, soit automatiquement, soit manuellement, avec un collecteur de données portable. Ce type de système est présenté à la Figure 2.

Les systèmes de surveillance portatifs sont plus communément utilisés pour enregistrer manuellement des mesurages à des emplacements présélectionnés sur la machine, à des intervalles périodiques (hebdomadaire, mensuel, etc.). Les données sont généralement entrées et stockées localement sur un collecteur de données portable. Une analyse préliminaire rapide peut être effectuée immédiatement; toutefois, pour un traitement et une analyse plus détaillés, les données sont téléchargées sur un ordinateur doté du logiciel approprié.



Légende

- 1 Machine d'entraînement
- 2 Points de données (types)
- 3 Référence de phase
- 4 Machine du procédé entraînée
- 5 Radial
- 6 Axial
- 7 Imprimante
- 8 Ordinateur avec stockage des données
- 9 Liaison à l'ordinateur
- 10 Enregistreur de données portatif
- 11 Capteur

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13373-1:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002)

standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6e85bf4-e231-4ea2-9fcc-0df757bcc783/iso-13373-1-2002

Figure 2 — Système portatif type de surveillance

4.3 Collecte de données

4.3.1 Généralités

Les données peuvent être collectées de façon continue ou périodique; l'analyse des données peut être réalisée ponctuellement (événement) ou par intervalles.

4.3.2 Collecte continue de données

Dans un système de collecte continue de données, les capteurs de vibrations sont installés de façon permanente aux emplacements clés de la machine (comme le montre la Figure 1), et les mesures des vibrations sont généralement enregistrées et stockées de façon continue, pendant l'exploitation de la machine. Ce système peut inclure des systèmes automatiques de surveillance des vibrations avec des connexions multiplex, à condition que le taux de multiplexage soit suffisamment rapide pour qu'aucune donnée ou tendance significative ne soit perdue. Les données peuvent être traitées pour fournir des informations à large bande ou des informations spectrales relatives à la machine, qui peuvent être comparées à des données préalablement acquises. En fixant des «limites d'alerte» sur les données stockées, il est possible d'informer l'opérateur que le comportement vibratoire de la machine a changé (le niveau a augmenté ou diminué), et que par conséquent des procédures de diagnostic sont recommandées.

Un système de collecte continue de données peut être installé sur le site de la machine pour une utilisation directe par l'équipe chargée de l'exploitation de cette dernière ou il peut être installé sur des sites distants, les données étant transmises à un centre d'analyse des données. L'avantage évident d'un système «continu» est la disponibilité de l'état en ligne de la machine, en temps réel.

Dans un système automatique, les capteurs de vibrations permanents sont installés sur la machine pratiquement de la même façon qu'avec le système continu de surveillance. Le système est programmé pour enregistrer et stocker automatiquement les données. Les dernières données sont comparées aux données préalablement stockées de façon à déterminer s'il y a une ALARME.

Un système de collecte continue de données peut être justifié lorsque les facteurs énumérés en 4.2.1 sont pris en considération.

4.3.3 Collecte périodique de données

La collecte périodique de données peut être effectuée avec des systèmes en ligne permanents ou portatifs. Les systèmes périodiques en ligne peuvent inclure des systèmes automatiques de surveillance des vibrations avec des connexions à un multiplexeur. Dans ce cas, tous les canaux sont balayés de façon cyclique l'un après l'autre en tenant compte des conditions hors limites. Le système de mesure est en fonctionnement de façon permanente, mais il y a des vides dans la surveillance des points de mesure individuels, qui dépendent du nombre de canaux surveillés et de la période de mesurage par canal. Ces systèmes sont parfois appelés systèmes de «balayage» ou «intermittents».

Pour les machines qui ne peuvent justifier l'utilisation de systèmes en ligne permanents, des systèmes portatifs sont généralement utilisés et sont, dans la plupart des cas, adaptés à la surveillance périodique.

4.4 Programme de surveillance (standards.iteh.ai)

Après la sélection de l'équipement à surveiller et la détermination du type de système de mesure approprié, il est recommandé qu'un organigramme relatif au programme de surveillance soit développé. La Figure 3 montre un organigramme type. Toutefois, étant donné que chaque installation et chaque système sont uniques, il convient que l'organigramme soit adapté de façon à fournir le maximum d'avantages.

Il convient que des descriptions claires des conditions de fonctionnement, telles que la vitesse, la charge ou la température, accompagnent toute donnée collectée relative aux vibrations. Il convient que ces descriptions incluent, au minimum, la vitesse de l'arbre (tr/min), la charge de la machine (puissance, débit, pression, etc.) et tout autre paramètre de fonctionnement qui peut affecter les vibrations mesurées.

En général, durant l'acquisition des données, il est important de souligner qu'il convient que les conditions de fonctionnement se rapprochent le plus possible des conditions de fonctionnement normales de la machine, pour garantir une cohérence et une comparabilité valable des données. En cas d'impossibilité, les caractéristiques de la machine doivent être bien déterminées de façon à évaluer toute différence au niveau des données.

Étant donné que la procédure de surveillance inclut le processus de «détermination des tendances», qui examine la vitesse à laquelle les valeurs des vibrations changent par rapport au temps de fonctionnement, il est particulièrement important que les conditions de fonctionnement durant les mesurages successifs restent les mêmes, de façon que la détermination des tendances soit valable. Par exemple, dans le cas des pompes, les valeurs des vibrations peuvent varier de façon significative, des charges de service «normales» à «hors de la normale». Par conséquent, un changement dans la réponse vibratoire dû à un changement des conditions de fonctionnement peut facilement être interprété de façon erronée comme un changement dû à un problème imminent.

De plus, la vitesse d'acquisition des données nécessite d'être constante. Comme il est souligné en 7.3, elle dépend de l'état courant de la machine.

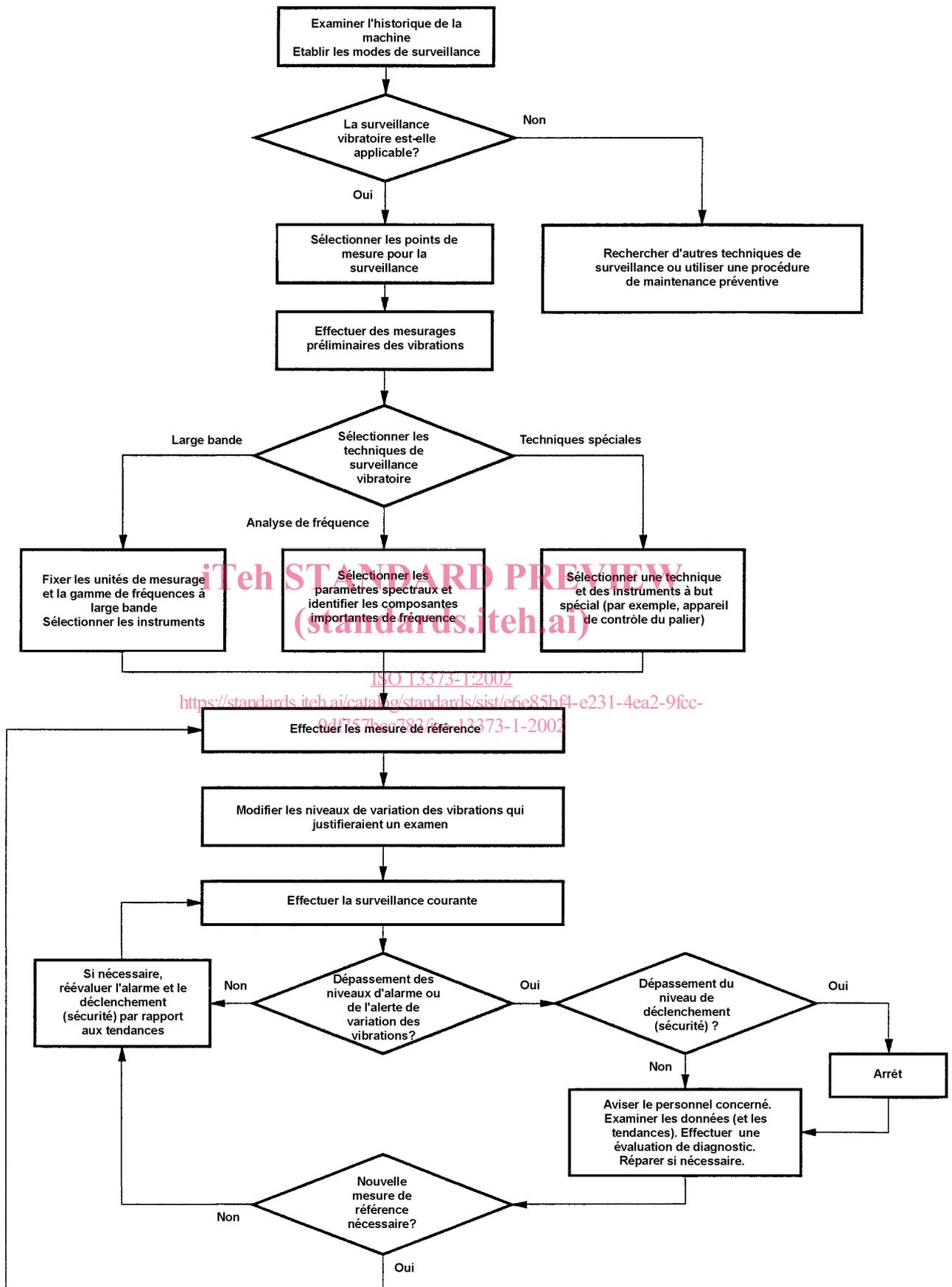


Figure 3 — Organigramme de surveillance des vibrations

Il peut également être nécessaire de collecter des données pour d'autres conditions, selon la complexité de la machine et le but du mesurage. Par exemple, lorsque des problèmes avec un balourd, un frottement, des fissures de l'arbre ou une instabilité d'huile sont suspectés, l'essai durant le démarrage et l'arrêt, pour les conditions transitoires, est recommandé.

5 Mesurages

5.1 Généralités

Cet article fournit des informations sur les types de mesurages et les grandeurs de mesure recommandés pour la surveillance des vibrations. L'Annexe B donne une liste des informations couramment requises à enregistrer pour chaque machine et mesurage.

5.2 Types de mesurages

5.2.1 Considérations générales

En général, il existe les trois types de mesurages suivants, qui peuvent être utilisés pour la surveillance des vibrations des machines:

- a) mesurages des vibrations effectués sur la partie non tournante de la machine, telle que les logements de palier, la carcasse de la machine ou l'embase de la machine;
- b) mouvement relatif entre le rotor et les paliers fixes ou la carcasse;
- c) mouvement vibratoire absolu des parties tournantes.

Les mesurages des vibrations sur les structures utilisent normalement une combinaison de la vitesse efficace avec le déplacement efficace ou avec l'accélération efficace (voir l'ISO 10816-1). Si les vibrations sont essentiellement sinusoïdales, le déplacement vibratoire (zéro à crête ou crête à crête) peut également être utilisé.

Pour les machines/engrenages à haute vitesse et les machines avec des roulements antifriction, l'accélération de crête est souvent utilisée pour la surveillance, en combinaison avec la vitesse efficace. De plus, il est fait un usage accru d'autres techniques plus sophistiquées, qui permettent de faire une meilleure exploitation des informations contenues dans le signal des vibrations.

Le déplacement absolu et relatif des composants tournants est défini plus en détail par plusieurs grandeurs de déplacement différentes, chacune étant aujourd'hui utilisée couramment et définie dans l'ISO 7919-1. Elles incluent

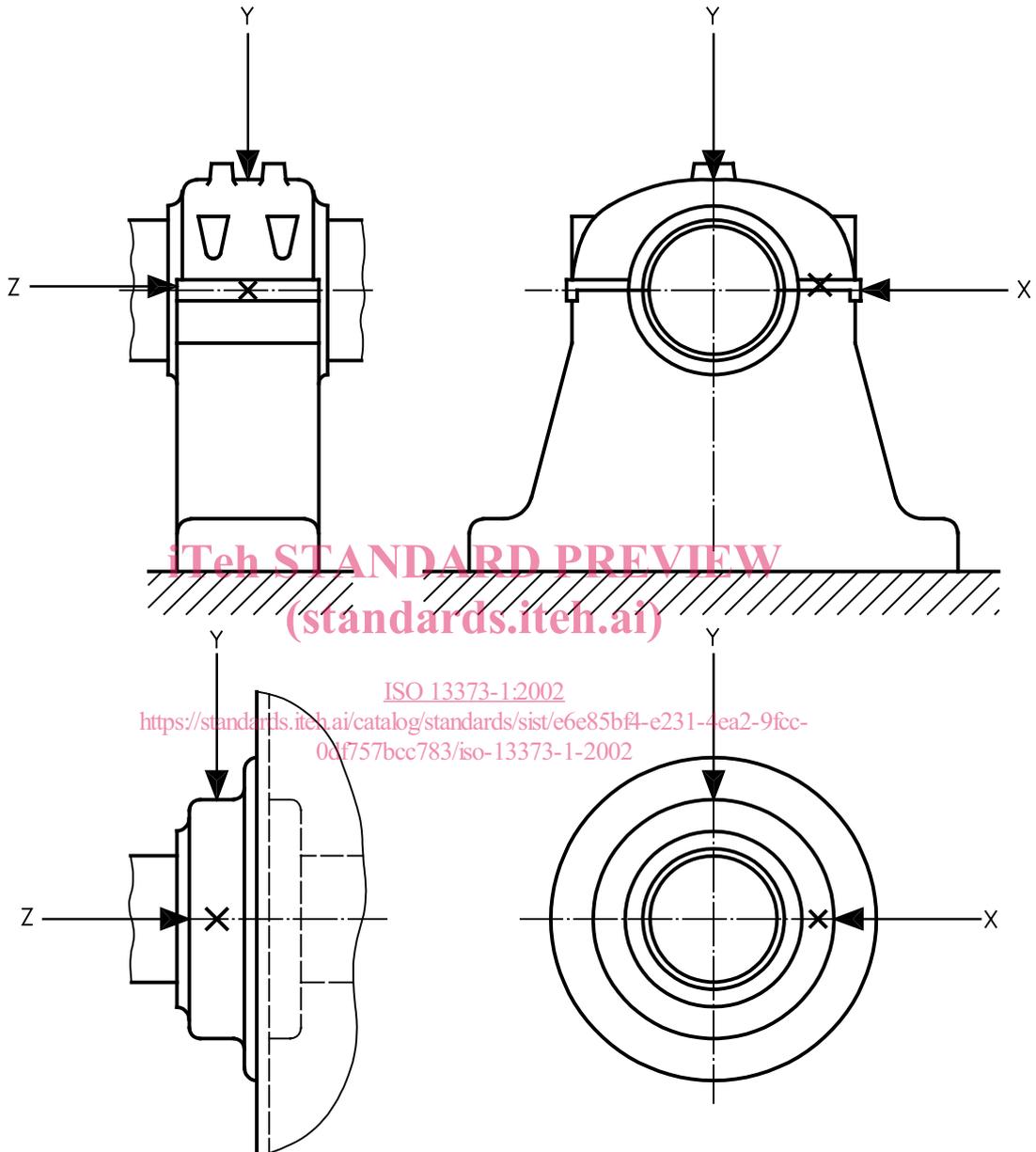
- S_{\max} , valeur maximale du déplacement de l'arbre à partir d'une position moyenne zéro intégrée sur le temps, et
- S_{p-p} , déplacement vibratoire crête à crête dans la direction du mesurage.

Chacune de ces grandeurs de déplacement peut être utilisée pour le mesurage des vibrations de l'arbre. Toutefois, les grandeurs doivent être clairement identifiées de façon à garantir une interprétation correcte des mesurages.

Il convient de noter que l'ISO 7919 et l'ISO 10816 traitent uniquement des mesurages à large bande. Cependant, la surveillance peut inclure des mesurages et analyses des vibrations supplémentaires tels que

- analyse spectrale,
- filtrage,

- formes d'ondes temporelles et orbites,
- analyse vectorielle avec amplitude et phase, et
- analyse de l'enveloppe des vibrations à haute fréquence.



X horizontal
 Y vertical
 Z axial

Figure 4 — Diagramme schématique des emplacements types des capteurs pour les mesurages des vibrations sur les machines horizontales