

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**7919-5**

Première édition  
1997-02-15

---

---

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

iTeh STANDARD PREVIEW

**Partie 5:**

Machines équipant les centrales  
hydroélectriques et les stations de pompage

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997>

*Mechanical vibration of non-reciprocating machines — Measurements on  
rotating shafts and evaluation criteria —*

*Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants*



Numéro de référence  
ISO 7919-5:1997(F)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

La Norme internationale ISO 7919-5 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*.

ISO 7919-5:1997

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

- *Partie 1: Directives générales*
- *Partie 2: Turbo-alternateurs installés sur fondation radier*
- *Partie 3: Machines industrielles couplées*
- *Partie 4: Turbines à gaz*
- *Partie 5: Machines équipant les centrales hydroélectrique et les stations de pompage*

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

© ISO 1997

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

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet central@iso.ch  
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

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

## Partie 5:

Machines équipant les centrales hydroélectriques et les stations de pompage

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7919 donne des directives concernant les critères d'évaluation des vibrations des arbres, dans les conditions normales de fonctionnement. Les vibrations sont mesurées au droit ou au voisinage des paliers des machines ou des groupes générateurs de puissance équipant les centrales hydroélectriques et installations de pompage. Ces directives concernent les vibrations stationnaires ainsi que les variations d'amplitude susceptibles d'affecter ces valeurs. Les valeurs numériques spécifiées ne sont pas destinées à être utilisées comme base unique pour l'évaluation des vibrations, étant donné qu'en général, les critères qui concernent les vibrations d'une machine sont évalués en prenant en compte les vibrations à la fois de l'arbre et des structures qui lui sont associées (voir ISO 7919-1).

La présente partie de l'ISO 7919 s'applique aux machines ou aux groupes générateurs de puissance équipant les centrales hydroélectriques et installations de pompage dont les vitesses sont comprises entre 60 tr/min et 1 800 tr/min, ayant des paliers à demi-coussinets ou coussinets, et dont la puissance utile est au moins égale à 1 MW. La position de l'axe de l'arbre peut être verticale, horizontale, ou faire un angle arbitraire entre ces deux directions.

Les groupes générateurs traités dans la présente partie de l'ISO 7919 peuvent être associés à des

- turbines et générateurs hydrauliques,
- pompes et machines électriques fonctionnant comme des moteurs,
- turbopompes et groupes convertisseurs,

y compris le matériel auxiliaire (par exemple les turbines de démarrage ou les excitatrices se situant sur l'axe de l'arbre).

La présente partie de l'ISO 7919 est également applicable aux turbines ou aux pompes reliées à des générateurs ou à des moteurs électriques par l'intermédiaire de transmissions et/ou d'accouplements à articulation radiale. Toutefois, il convient d'évaluer conformément aux critères spécifiés dans l'ISO 7919-3 les machines électriques dont les vitesses se situent entre 1 000 tr/min et 1 800 tr/min.

La présente partie de l'ISO 7919 n'est pas applicable

- aux pompes des centrales thermiques ou des installations industrielles (pour ces machines, voir ISO 7919-3);
- aux machines ou groupes générateurs hydrauliques comportant des roulements;
- aux machines hydrauliques comportant des paliers à lubrification à eau.

Conformément à l'ISO 7919-1, les vibrations des arbres des machines ou groupes générateurs de puissance équipant les centrales hydroélectriques ou installations de pompage peuvent être déterminées par rapport aux missions suivantes:

- mission A: variations du comportement vibratoire;
- mission B: force tournante excessive;
- mission C: surveillance du jeu radial.

## 2 Références normatives

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

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

ISO 10817-1:—<sup>1)</sup>, *Systèmes de mesure des vibrations des arbres tournants — Partie 1: Capteurs des signaux relatifs et absolus des vibrations radiales produites par les arbres tournants.*

CEI 994:1991, *Guide pour la mesure in situ des vibrations et fluctuations sur machines hydrauliques (turbines, pompes d'accumulation et pompes-turbines).*

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 7919-5:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997)

**3 Procédures de mesurage** [standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997)

Les procédures de mesurage à suivre et les instruments à utiliser doivent être comme décrit dans l'ISO 7919-1 et dans la CEI 994.

### 3.1 Types de mesurage

Les mesurages relatifs et absolus des vibrations des arbres sont effectués sur les groupes générateurs hydrauliques en utilisant des transducteurs sans contact. La gamme de fréquences de l'équipement de mesurage nécessaire pour les machines hydrauliques lentes étant très basse, on ne peut généralement pas utiliser des sondes montées en contact avec l'arbre sur lesquelles sont montés des transducteurs sismiques.

Pour les mesurages relatifs, il convient de monter les transducteurs directement sur le demi-coussinet ou sur le coussinet du palier. Si les transducteurs sont placés sur le palier supportant la structure ou dans le carter du palier, comme c'est l'habitude pour les machines verticales, on doit veiller à ce que le mouvement relatif entre le demi-coussinet ou les patins du palier et le transducteur lui-même soit faible par rapport au mouvement de l'arbre. Sinon, le signal mesuré ne peut être considéré comme représentatif du mouvement relatif entre l'arbre et le demi-coussinet ou le coussinet du palier. Cette exigence peut être évaluée par une analyse statique de la structure ou un mesurage supplémentaire, ce dernier étant en général difficile et coûteux.

Pour les mesurages absolus des vibrations, les transducteurs sans contact doivent être placés sur des ossatures rigides fixées sur la paroi du corps de la turbine ou du générateur. Les signaux fournis par ces transducteurs ne peuvent être considérés comme représentatifs des vibrations absolues de l'arbre que si la vibration absolue du support lui-même au point de fixation du transducteur est inférieure à 10 % de la valeur mesurée crête à crête, 25 µm étant la limite supérieure.

1) À publier.

En ce qui concerne les supports du transducteur, il est recommandé que la fréquence propre inférieure des modes de vibrations créant des changements importants de la direction de fonctionnement des transducteurs de déplacement de l'arbre soit supérieure à sept fois la fréquence de rotation synchrone et ne soit pas un multiple direct de la fréquence de rotation synchrone.

Il convient de toujours mesurer les vibrations absolues du support en utilisant des transducteurs sismiques placés sur le support, aussi près que possible du transducteur des mouvements de l'arbre et dans la même direction d'action. Après conversion en déplacements, les relevés des transducteurs sismiques peuvent être utilisés pour évaluer le déplacement absolu de l'arbre.

NOTE — Outre les vibrations de l'arbre, les vibrations du support des paliers sont également souvent surveillées. Le mesurage des vibrations au niveau des paliers guides inférieurs des machines verticales peut, toutefois, être mal interprété; le niveau de vibrations mesuré sur les paliers et leurs supports scellés de manière rigide dans les bâtiments est parfois produit par des forces hydrauliques directement transmises de la machine hydraulique par l'intermédiaire des fondations et non par les vibrations radiales de l'arbre.

### 3.2 Plans de mesurage

Les missions A et B de l'article 1 nécessitent des mesurages au niveau de tous les paliers principaux du groupe générateur. Il convient, si possible, de placer les transducteurs en ligne au niveau des différents paliers. Pour les machines verticales, les directions de mesurage préférées sont, dans le plupart des cas, vers l'amont et à 90° dans le sens de rotation. Pour les machines horizontales, les directions de mesurage sont souvent choisies à  $\pm 45^\circ$  de la verticale, pour des raisons pratiques.

À des fins de surveillance uniquement (mission A), les plans de mesurage peuvent, dans certains cas, être limités aux plus importants, principalement sur les groupes générateurs comportant quatre paliers ou plus. Il convient de faire reposer la sélection sur les analyses des performances des vibrations, en simulant tous les types de défauts et de perturbations. Il convient de privilégier les plans de mesurage où les perturbations éventuelles produisent des amplitudes importantes de l'arbre.

ISO 7919-5:1997

La mission de mesurage C nécessite le montage de transducteurs près des joints ou des labyrinthes de la machine hydraulique ou à l'intérieur, ou encore en des points où il est possible de reconstituer la déflexion de l'axe de l'arbre dans la machine, pour tous les modes de vibration concernés. Dans des cas particuliers, des mesurages appropriés font partie de la mise en service d'un groupe générateur. Ils peuvent entraîner des fonctions de transfert pour les différents plans de mesurage permanents.

NOTE — Lors de l'appréciation du comportement de l'ensemble de la machine, il importe d'effectuer également des mesurages à une certaine distance des paliers (dans la zone d'accouplement par exemple) afin d'obtenir des informations sur la distribution de l'amplitude le long de l'axe de l'arbre. Si le plan d'un palier se trouve près d'un nœud de vibration, les amplitudes de vibrations et la déflexion effective de l'axe de l'arbre peuvent être sous-estimées.

### 3.3 Équipement de mesurage

Il convient que les performances de l'équipement de mesurage soient conformes aux prescriptions de l'ISO 10817-1 et de la CEI 994.

La plage de fréquences de l'équipement de mesurage doit correspondre au spectre large d'excitation de vibrations de l'arbre sur les machines hydrauliques. Il convient qu'elle aille d'un quart de la fréquence nominale de rotation de la machine à deux fois la fréquence de passage de l'auget ou des pales.

Il convient que la plage d'amplitude du système de mesurage soit au moins égale à deux fois les valeurs de la limite entre les zones C et D (voir article A.2) de manière à pouvoir surveiller exactement les conditions de fonctionnement transitoires.

## 4 Critères d'évaluation

### 4.1 Conditions de fonctionnement des turbines

L'annexe A présente les critères d'évaluation de l'amplitude des vibrations et de ses variations pour les groupes générateurs dans les conditions de fonctionnement des turbines. Ils sont conformes aux directives générales données dans l'ISO 7919-1.

Compte tenu du caractère particulier des orbites des vibrations des machines hydrauliques à arbre vertical, la grandeur de mesurage préférée doit être le déplacement relatif maximal  $S_{\max}$ . La plupart des systèmes de surveillance affichant des amplitudes de déplacement sous forme de valeurs  $S_{(p-p)}$  (déplacement vibratoire crête à crête dans la direction du mesurage; voir l'ISO 7919-1), les critères d'évaluation sont spécifiés pour les deux grandeurs de mesurage. Ces critères s'appliquent aux groupes générateurs dont les vitesses nominales se situent entre 60 tr/min et 1 800 tr/min et qui fonctionnent dans la plage de puissance stationnaire admissible ainsi que dans d'autres conditions de puissance, si la machine a été adaptée à ces conditions particulières.

Les valeurs limites sont applicables à toutes les catégories de groupes générateurs à turbines, indépendamment du type, de la hauteur de charge et de la puissance, sauf restrictions figurant dans l'article 1. Pour les types de turbines à fonctionnement hydromécanique plus doux (par exemple les turbines de Pelton), on peut normalement s'attendre à des amplitudes vibratoires plus faibles de l'arbre.

Dans le cas de turbopompes, les amplitudes des vibrations de l'arbre peuvent être plus importantes que ce que l'on escompte normalement pour la zone A et ce, du fait de la conception de la roue qui est un compromis entre la conception optimale pour une turbine et la roue d'une pompe.

### 4.2 Conditions de fonctionnement des pompes

À l'heure actuelle, on ne dispose pas de données suffisantes pour élaborer des critères concernant les groupes générateurs dans les conditions de fonctionnement des pompes. Ils figureront dans une future édition de la présente partie de l'ISO 7919.

ISO 7919-5:1997

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997)

[1a58a558633c/iso-7919-5-1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f011cdbf-a9d2-4e28-bfc8-1a58a558633c/iso-7919-5-1997)

### 4.3 Conditions de fonctionnement particulières

Il convient de faire tout particulièrement attention aux conditions de fonctionnement suivantes:

- en régime stationnaire avec charge partielle faible, en surcharge et dans les conditions de fonctionnement transitoires fréquentes au démarrage et à l'arrêt;
- en régime transitoire rare tel qu'arrêt d'urgence, absence de refoulement, passage en secteur denté de frein sur les pompes et les turbopompes.

L'évaluation de ces processus est beaucoup plus difficile que celle d'un fonctionnement dans la plage de puissance spécifiée. L'expérience ne permet pas actuellement de disposer de suffisamment de valeurs pour établir des courbes limites dans ces conditions de fonctionnement. Moins les conditions de fonctionnement correspondent aux conditions nominales, plus l'écoulement est perturbé dans la machine hydraulique; des perturbations telles que séparations et tourbillons provoquent une violente excitation stochastique. Du fait de la masse volumique de l'eau, les forces produites par l'excitation stochastique sont plus fortes que sur les turbomachines thermiques.

Par conséquent, lors d'opérations en dehors de la plage de puissance spécifiée, les vibrations de l'arbre provoquées par les balourds sont, en règle générale, totalement couvertes par les composantes stochastiques. Ces composantes stochastiques importantes dans des conditions de fonctionnement exceptionnelles font qu'il convient de se fier moins à la valeur instantanée et plus à la valeur moyenne sur au moins 10 rotations de l'arbre.

NOTE — Il convient de noter qu'en général, un jugement global sur l'état vibratoire de la machine repose à la fois sur les vibrations relatives de l'arbre définies ci-dessus et sur les mesurages effectués sur les éléments non tournants (voir ISO 10816-1).

## Annexe A (normative)

### Critères d'évaluation des vibrations relatives de l'arbre des groupes de turbines hydrauliques dans les conditions de fonctionnement spécifiées

#### A.1 Généralités

Il convient d'évaluer les vibrations relatives de l'arbre des groupes générateurs hydrauliques au niveau ou à proximité des paliers sur la base des deux critères suivants.

**Critère I:** La marche sûre et fiable d'une machine dans les conditions normales de fonctionnement nécessite de maintenir l'amplitude des vibrations en dessous de certaines limites compatibles, par exemple, avec des forces cinétiques acceptables et des déplacements radiaux convenables. Ce critère servira en général de base pour l'évaluation des machines en l'absence d'autres connaissances établies en matière de caractéristiques de fonctionnement satisfaisant pour les machines de ce type (par exemple de nouveaux modèles de machines).

**Critère II:** Même si les limites spécifiées ne sont pas dépassées, les variations de l'amplitude des vibrations peuvent signaler l'amorce d'une détérioration ou tout autre incident. En conséquence, il convient de ne pas laisser ces variations par rapport à une valeur de référence dépasser certaines limites.

(standards.iteh.ai)

#### A.2 Critère I: Amplitude des vibrations à la vitesse nominale dans des conditions de fonctionnement stationnaires

Les valeurs recommandées sont données à la figure A.1 pour le déplacement vibratoire maximal dans le plan de mesure,  $S_{\max}$ , et à la figure A.2 pour la valeur du déplacement vibratoire, crête à crête, dans la direction de mesure,  $S_{(p-p)}$ , en fonction de la vitesse maximale en service. Les deux grandeurs sont mesurées en direction radiale, au niveau des paliers principaux du tourillon portant la charge, à vitesse(s) nominale(s), dans les conditions de fonctionnement stationnaires définies en 4.1. Des valeurs de vibration supérieures peuvent être admises en d'autres points de mesure et dans les conditions décrites dans l'annexe B.

NOTE 1 Les valeurs indiquées aux figures A.1 et A.2 sont fondées sur des analyses statistiques portant sur plus de 900 séries de données recueillies de par le monde sur des machines de tous types, vitesses et puissances. Les mesurages ont été effectués sur des machines fonctionnant dans des conditions normales d'utilisation, sans difficultés et pendant une longue période. L'analyse a donc été utilisée afin d'établir la limite séparant les zones B et C.

Les amplitudes des vibrations données aux figures A.1 et A.2 renvoient à quatre zones définies ci-après.

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

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

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

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

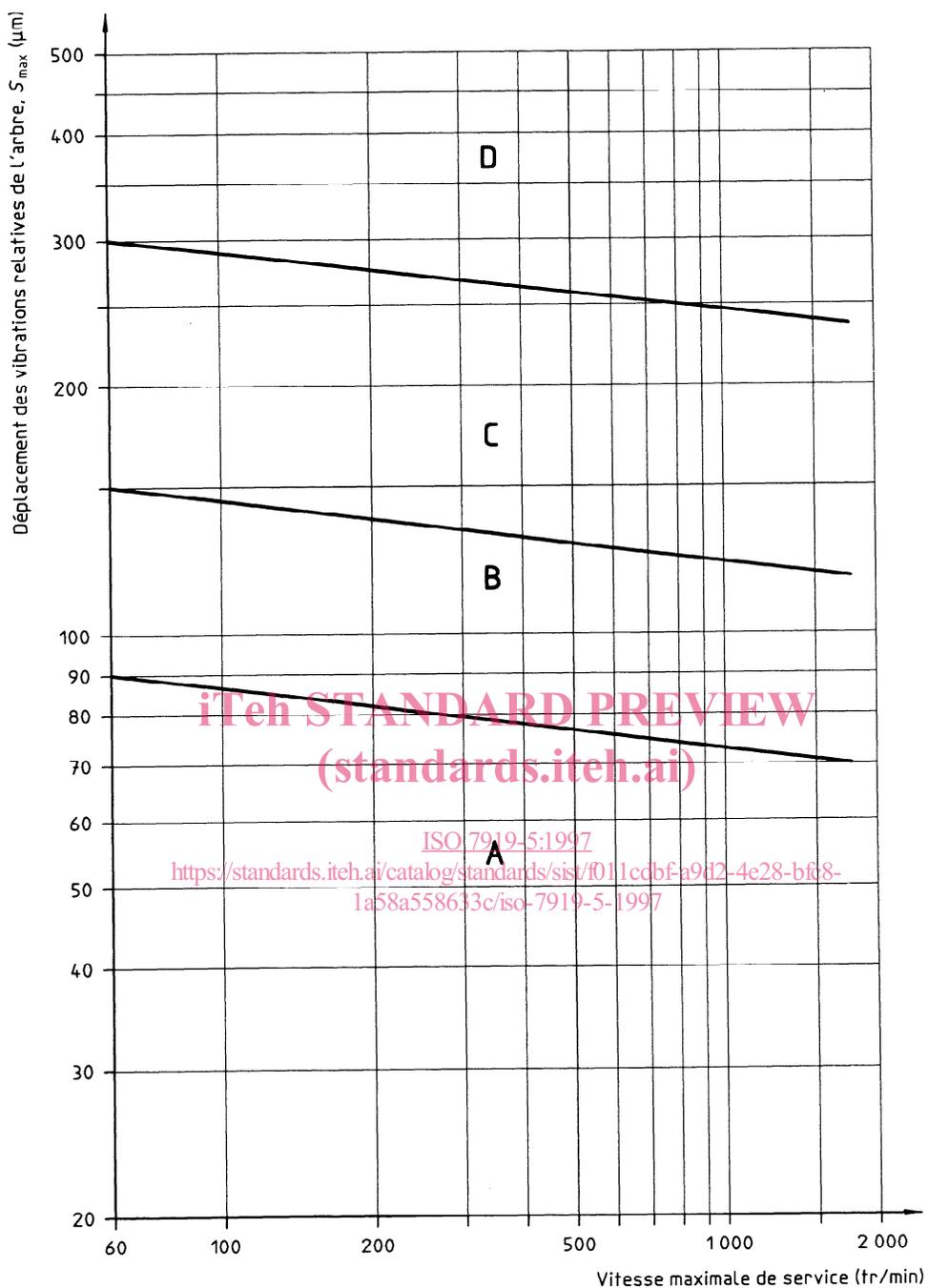
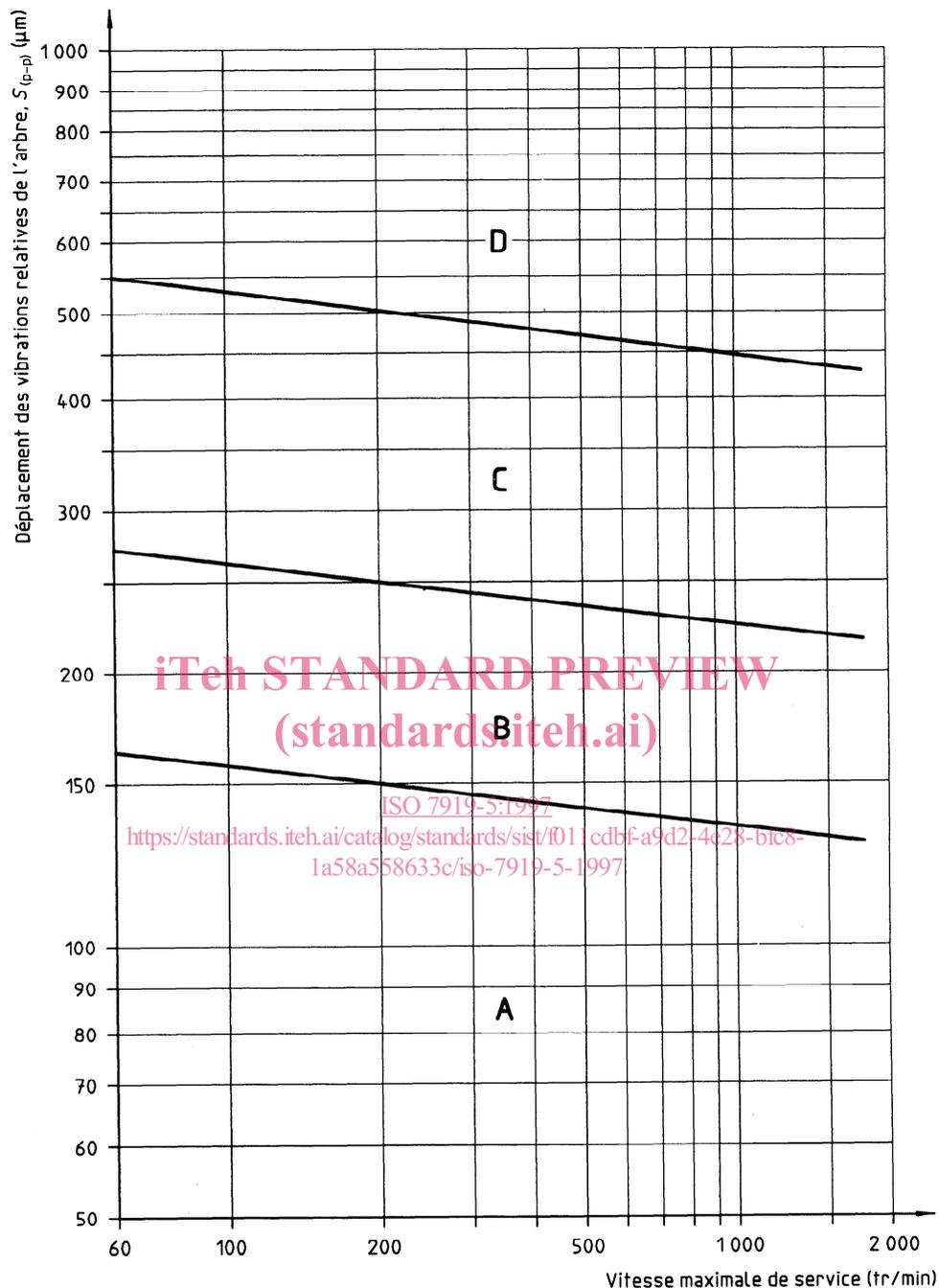


Figure A.1 — Zones d'évaluation recommandées pour le déplacement vibratoire relatif maximal de l'arbre,  $S_{max}$ , des machines ou groupes générateurs hydrauliques, valables pour l'exploitation des turbines dans la gamme de puissance statique admissible selon le contrat



**Figure A.2 — Zones d'évaluation recommandées pour le déplacement vibratoire relatif maximal de l'arbre,  $S_{(p-p)}$ , des machines ou groupes générateurs hydrauliques, valables pour l'exploitation des turbines dans la gamme de puissance statique admissible selon le contrat**