

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9905

Première édition
1994-05-01

**Spécifications techniques pour pompes
centrifuges — Classe I**

iTeh STANDARD PREVIEW
Technical specifications for centrifugal pumps — Class I
(standards.iteh.ai)

ISO 9905:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b17276c3-bd76-4b0a-bce1-532331098768/iso-9905-1994>



Numéro de référence
ISO 9905:1994(F)

Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions	2
4 Conception	5
5 Matériaux	27
6 Contrôles et essais en atelier	29
7 Préparation pour l'expédition	31
8 Responsabilités	32

Annexes

A Pompe centrifuge — Feuilles de spécifications	34
B Forces et moments externes sur les ajutages	40
C Appel d'offres, projet, commande du client	48
D Documentation après commande	49
E Déplacement de crête	50
F Exemples de montage des dispositifs d'étanchéité	51
G Configurations de tuyauteries	53
H Code d'identification des raccordements de fluide	71
J Matériaux et spécifications des matériaux des pièces de pompes centrifuges	72
K Liste récapitulative	74
L Bibliographie	76

© ISO 1994

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

Imprimé en Suisse

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 9905 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 115, *Pompes*, sous-comité SC 1, *Dimensions et spécifications techniques des pompes*.

Les annexes A, B, C et D font partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes E, F, G, H, J, K et L sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente Norme internationale est la deuxième d'une série traitant des spécifications techniques pour pompes centrifuges; ces spécifications techniques correspondent à trois classes, à savoir les classe I, II et III, la classe I (la présente Norme internationale) étant la plus sévère et la classe III (voir ISO 9908) la moins sévère. Les spécifications pour pompes centrifuges de la classe II sont données dans l'ISO 5199.

Le choix d'une classe s'effectue en fonction des prescriptions techniques applicables à l'utilisation de la pompe. **La classe choisie doit être agréée par l'acheteur et le constructeur/fournisseur.**

Des prescriptions complémentaires de sécurité, dont il convient de tenir compte, figurent dans le domaine d'application.

Il n'est cependant pas possible de normaliser une classe de spécifications techniques pour pompes centrifuges dans un certain domaine d'application, chaque domaine ayant des spécifications différentes. Toutes les classes (I, II et III) sont utilisables en fonction des exigences particulières de l'utilisation de la pompe, par exemple raffinerie de pétrole, usine chimique, centrale électrique. Il peut donc se faire que des pompes de classes I, II et III puissent fonctionner ensemble dans la même usine.

Les conditions d'application spécifiques à une utilisation ou à une industrie sont traitées dans des normes séparées.

Les critères de sélection d'une pompe de classe de spécifications adaptée à une utilisation particulière sont, entre autres:

- sa fiabilité,
- les conditions de fonctionnement,
- les conditions environnantes,
- les conditions locales ambiantes.

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les textes écrits en gras indiquent qu'une décision doit être prise par l'acheteur ou qu'un accord doit être conclu entre l'acheteur et le constructeur/fournisseur.

Spécifications techniques pour pompes centrifuges — Classe I

1 Domaine d'application

1.1 La présente Norme internationale couvre les spécifications de la classe I (spécifications les plus sévères) des pompes centrifuges utilisées dans les diverses industries. Elle se compose d'un texte de base regroupant les spécifications générales. Les spécifications techniques ne se rapportent qu'à la pompe elle-même.

Les pompes à accumulation ne sont pas traitées dans la présente Norme internationale. Elles seront normalisées séparément par la CEI.

1.2 La présente Norme internationale comprend les caractéristiques de conception relatives à l'installation, l'entretien et la sécurité de ce type de pompes, y compris le socle, l'accouplement et les tuyauteries auxiliaires.

1.3 Lorsque l'application de la présente Norme internationale est demandée:

- a) et qu'elle spécifie une conception particulière pour certains éléments, des conceptions différentes, répondant à l'esprit de la présente Norme internationale peuvent être proposées, dans la mesure où la variante est décrite en détail;
- b) des pompes ne satisfaisant pas à toutes les exigences de la présente Norme internationale peuvent être proposées, dans la mesure où tous les écarts sont indiqués.

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

Norme internationale. 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 Norme internationale 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 7-1:1982, *Filetages de tuyauterie pour raccordement avec étanchéité dans le filet — Partie 1: Désignation, dimensions et tolérances.*

ISO 76:1987, *Roulements — Charges statiques de base.*

ISO 185:1988, *Fontes grises de moulage — Classification.*

ISO 228-1:1982, *Filetages de tuyauterie pour raccordement sans étanchéité dans le filet — Partie 1: Désignation, dimensions et tolérances.*

ISO 281:1990, *Roulements — Charges dynamiques de base et durée nominale.*

ISO 427:1983, *Alliages cuivre-étain corroyés — Composition chimique et formes des produits corroyés.*

ISO 544:1989, *Produits d'apport pour le soudage manuel — Caractéristiques dimensionnelles.*

ISO 1940-1:1986, *Vibrations mécaniques — Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage des rotors rigides — Partie 1: Détermination du balourd résiduel admissible.*

ISO 2372:1974, *Vibrations mécaniques des machines ayant une vitesse de fonctionnement comprise entre 10 et 200 tr/s — Base pour l'élaboration des normes d'évaluation.*

ISO 2548:1973, *Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélicoïdes — Code d'essais de réception — Classe C (Il est prévu de combiner l'ISO 2548 avec l'ISO 3555 au cours de leur révision pour former une nouvelle Norme internationale).*

ISO 2858:1975, *Pompes centrifuges à aspiration en bout (pression nominale 16 bar) — Désignation, point de fonctionnement nominal et dimensions.*

ISO 3069:1974, *Pompes centrifuges à aspiration en bout — Dimensions des logements de garnitures mécaniques et de garnitures à tresse.*

ISO 3274:1975, *Instruments de mesurage de la rugosité des surfaces par la méthode du profil — Instruments à palpeur-aiguille, à transformation progressive du profil — Profilomètres à contact du système M.*

ISO 3506:1979, *Éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion — Spécifications.*

ISO 3555:1977, *Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélicoïdes — Code d'essais de réception — Classe B (Il est prévu de combiner l'ISO 3555 avec l'ISO 2548 au cours de leur révision pour former une nouvelle Norme internationale).*

ISO 3744:1981, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes d'expertise pour les conditions de champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant.*

ISO 3746:1979, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode de contrôle.*

ISO 3755:1991, *Aciers au carbone moulés pour construction mécanique d'usage général.*

ISO 4863:1984, *Accouplements élastiques pour arbre de transmission — Informations à fournir par les utilisateurs et les fabricants.*

ISO 7005-1:1992, *Brides métalliques — Partie 1: Brides en acier.*

ISO 7005-2:1988, *Brides métalliques — Partie 2: Brides en fonte.*

ISO 7005-3:1988, *Brides métalliques — Partie 3: Brides en alliages de cuivre et brides composites.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 conditions normales: Conditions dans lesquelles le fonctionnement est habituel.

3.2 conditions nominales: Conditions dans lesquelles le fonctionnement correspondant au point de garantie est spécifié en termes de débit, hauteur énergétique totale, puissance, rendement, hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration, pression à l'aspiration, température, masse volumique, viscosité et vitesse.

3.3 conditions de fonctionnement: Tous les paramètres de fonctionnement (par exemple température et pression) déterminés pour une utilisation et un liquide pompé donnés.

Ces paramètres influent sur le type et les matériaux de construction.

3.4 plage de fonctionnement admissible: Plage des débits, définie par le constructeur, aux conditions de fonctionnement spécifiées avec la roue fournie, limitée par la cavitation, l'échauffement, les vibrations, le bruit, la flexion de l'arbre et autres critères similaires; les limites supérieure et inférieure de cette plage sont caractérisées par le débit continu maximal ou minimal, respectivement.

3.5 pression maximale admissible de service du corps de pompe: Pression la plus élevée au refoulement que le corps de pompe peut supporter à la température de fonctionnement spécifiée.

3.6 pression de calcul de base: Pression déterminée à partir des valeurs des contraintes admissibles des matériaux utilisés pour des éléments sous pression à 20 °C.

3.7 pression maximale de service au refoulement: Somme de la pression maximale à l'aspiration et de la pression différentielle maximale dans les conditions nominales de masse volumique, avec la roue fournie.

3.8 pression nominale au refoulement: Pression de la pompe au refoulement, au point de garantie correspondant au débit nominal, à la vitesse nominale, à la pression nominale à l'aspiration et à la masse volumique.

3.9 pression maximale à l'aspiration: Pression la plus élevée à l'aspiration à laquelle la pompe sera soumise pendant son fonctionnement.

3.10 pression nominale à l'aspiration: Pression à l'aspiration dans les conditions de fonctionnement correspondant au point de garantie.

3.11 température maximale admissible: Température continue maximale admissible que le matériel (ou la pièce à laquelle le terme se rapporte) peut supporter lorsqu'il transporte le fluide de fonctionnement spécifié à la pression de fonctionnement spécifiée.

3.12 puissance nominale absorbée: Puissance requise par la pompe dans les conditions nominales.

3.13 pression dynamique maximale de colmatage: Pression la plus élevée prévue au niveau des joints d'étanchéité de l'arbre dans les conditions de fonctionnement spécifiées au démarrage et à l'arrêt.

NOTE 1 Pour déterminer cette pression, il convient de tenir compte de la pression maximale à l'aspiration, de la pression de circulation ou d'injection et de l'effet des variations du jeu interne.

3.14 débit minimal admissible

(1) En écoulement stable: Le plus petit débit auquel la pompe peut fonctionner sans dépasser les limites de bruit et de vibration imposées par la présente Norme internationale.

(2) En écoulement thermique: Le plus petit débit auquel la pompe peut fonctionner en maintenant la température du liquide pompé en dessous de celui où la hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration disponible est égale à la hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration requise.

3.15 surépaisseur de corrosion: Partie de l'épaisseur des pièces mouillées par le liquide pompé qui excède l'épaisseur théorique requise pour résister à la pression dans les limites indiquées en 4.4.2.2 et 4.4.2.4.

3.16 vitesse continue maximale admissible: La plus grande vitesse à laquelle il est permis, par le constructeur, de faire fonctionner la pompe de manière continue.

3.17 vitesse nominale: Nombre de tours par unité de temps requis pour que la pompe respecte les conditions nominales.

NOTE 2 Les moteurs à induction fonctionnent à une vitesse qui est fonction de la charge imposée.

3.18 vitesse de déclenchement: Vitesse à laquelle se déclenche le mécanisme d'arrêt d'urgence de la machine d'entraînement.

3.19 première vitesse critique: Vitesse de rotation à laquelle la première fréquence latérale propre (mini-

male) de vibration des parties tournantes correspond à la fréquence de rotation.

3.20 charge radiale de calcul: Charge hydraulique radiale maximale sur la plus grande roue (diamètre et largeur) fonctionnant dans les limites précisées par le constructeur sur sa courbe de vitesse maximale avec le liquide de calcul (normalement $1\ 000\ \text{kg/m}^3$).

3.21 charge radiale maximale: Charge hydraulique radiale maximale sur la plus grande roue (diamètre et largeur) fonctionnant en n'importe quel point de sa courbe de vitesse maximale avec un liquide de masse volumique maximale.

3.22 faux-rond de l'arbre (battement radial): Déviation radiale totale indiquée par un dispositif mesurant la position de l'arbre par rapport au corps de palier lorsqu'on fait tourner l'arbre manuellement en position horizontale dans ses paliers.

3.23 voile de la face (battement axial): Déviation axiale totale indiquée au niveau de la face radiale extérieure de la boîte à garnitures, par un dispositif fixé à l'arbre et tournant avec lui lorsqu'on fait tourner l'arbre manuellement en position horizontale dans ses paliers.

La face radiale est celle qui détermine l'alignement d'un élément de garniture.

3.24 flexion de l'arbre: Déplacement d'un arbre à partir de son centre géométrique en réponse aux forces hydrauliques radiales sur la roue.

NOTE 3 La flexion de l'arbre ne comprend pas le mouvement de l'arbre dû à l'inclinaison dans les paliers sous l'effet d'un mauvais équilibrage de la roue ou au battement radial de l'arbre.

3.25 circulation: Retour du liquide pompé de la zone de haute pression vers le logement de la garniture par une tuyauterie externe ou par un passage interne, utilisé pour évacuer la chaleur produite par la garniture ou conçu pour améliorer les conditions de fonctionnement de la garniture.

NOTE 4 Dans certains cas, il peut être souhaitable que la circulation se fasse du logement de la garniture vers une zone de pression inférieure (par exemple à l'aspiration de la pompe).

3.26 injection: Introduction, à partir d'une source externe, d'un liquide approprié (propre, compatible, etc.) dans le logement de la garniture puis dans le liquide pompé.

3.27 balayage: Introduction continue ou intermittente d'un liquide approprié (propre, compatible, etc.)

du côté atmosphère de la garniture principale de l'arbre. Le balayage est utilisé pour remédier à la pénétration d'air ou d'humidité, pour éviter ou nettoyer les dépôts (y compris le givre), lubrifier une garniture auxiliaire, éteindre un début d'incendie, diluer, réchauffer ou refroidir les fuites.

3.28 liquide de barrage (régulateur): Liquide approprié (propre, compatible, etc.) introduit entre deux garnitures (garniture mécanique et/ou garniture à tresse).

NOTE 5 La pression du liquide de barrage dépend de la disposition des garnitures. Le liquide de barrage peut être utilisé pour éviter la pénétration d'air dans la pompe. Il est en général plus facile à arrêter par une garniture que le liquide pompé et/ou engendre un risque moindre en cas de fuite.

3.29 douille de laminage: Douille à jeu étroit entourant l'arbre (ou le manchon) à l'extrémité extérieure d'un joint mécanique pour réduire la fuite en cas de rupture du joint.

3.30 douille du col: Douille à jeu étroit entourant l'arbre (ou le manchon), placée entre le joint (ou la garniture d'étanchéité) et la roue.

3.31 corps sous pression; enveloppe sous pression: Ensemble de toutes les parties sous pression stable de l'unité de pompage, y compris les piquages et autres fixations auxiliaires.

3.32 enveloppe double: Type de construction dans lequel l'enveloppe du corps sous pression est distincte et séparée des éléments de pompage qu'elle contient.

3.33 enveloppe «tonneau»: Se rapporte de manière spécifique aux pompes à enveloppe double.

3.34 pompe verticale à gaine: Pompe verticale introduite dans une enveloppe extérieure (caisson ou gaine) aspirant le liquide dans une chambre annulaire.

3.35 pompe verticale à gaine à moteur: Ensemble de pompage sans presse-étoupe dont le stator du moteur (électrique) est enfermé de façon étanche dans une gaine alors que le rotor tourne dans le milieu pompé ou dans un autre liquide.

3.36 turbine de récupération de la puissance hydraulique: Pompe fonctionnant en débit inversé pour alimenter l'accouplement en énergie mécanique récupérée de l'énergie dégagée par la réduction de pression du fluide (à laquelle vient parfois s'ajouter

l'énergie produite par un dégagement de vapeur ou de gaz dans le fluide).

NOTE 6 Pour les piquages des turbines de récupération de la puissance hydraulique, toutes les références à l'aspiration ou au refoulement de la présente Norme internationale sont interprétées comme des références à l'entrée ou à la sortie.

3.37 fente radiale: Se rapporte aux joints de corps de pompe perpendiculaires à l'axe de l'arbre.

3.38 fente axiale: Se rapporte aux joints de corps de pompe parallèles à l'axe de l'arbre.

3.39 hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration (NPSH): Hauteur énergétique totale absolue à l'aspiration au-dessus de la hauteur énergétique équivalant à la pression de vapeur rapportée au plan de référence de la NPSH.

NOTE 7 La NPSH se rapporte au plan de référence alors que la hauteur énergétique totale à l'aspiration se rapporte au plan de référence. Le plan de référence de la NPSH est le plan horizontal passant par le centre du cercle décrit par les points extérieurs des arêtes d'attaque des pales de la roue. Dans le cas des pompes à double aspiration à axe vertical ou incliné, c'est le plan passant par le centre le plus élevé. Le constructeur doit indiquer la position de ce plan par rapport à des points de référence précis sur la pompe.

3.40 hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration disponible (NPSHA): NPSH déterminée par les conditions de l'installation pour un liquide, une température et un débit spécifiés.

3.41 hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration requise (NPSHR): NPSH minimale pour une pompe assurant un fonctionnement spécifié, au débit et à la vitesse spécifiés (apparition de cavitation visible, augmentation du bruit due à la cavitation, apparition d'une chute de hauteur énergétique ou de rendement d'une ampleur donnée, etc.).

3.42 vitesse spécifique à l'aspiration: Paramètre sans dimension rapprochant la vitesse de rotation, le débit et la NPSHR, déterminé au point de rendement optimal.

3.43 palier hydrodynamique: Palier dont les faces sont orientées de telle sorte que leur mouvement relatif forme un coin d'huile qui permet de supporter la charge sans contact de métal à métal.

3.44 palier hydrodynamique radial: Palier de type radial lisse et à patins oscillants.

3.45 butée hydrodynamique: palier de type à segments multiples ou à patins oscillants.

3.46 valeurs de calcul: Valeurs théoriques utilisées dans le calcul de la pompe pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement, les épaisseurs minimales admissibles de paroi et les caractéristiques physiques des différentes pièces de la pompe.

NOTE 8 L'usage de l'expression «de calcul» associée à un terme quelconque (pression, puissance, température ou vitesse) est à éviter dans les spécifications de l'acheteur. Cette terminologie est réservée au projecteur de l'équipement et au constructeur/fournisseur de pompes.

3.47 facteur de service de l'accouplement: Facteur k , par lequel est multiplié le couple nominal T_N de la machine d'entraînement pour obtenir le couple fictif $T_K = kT_N$ et qui tient compte des fluctuations cycliques du couple de la pompe ou de sa machine d'entraînement, assurant ainsi une durée de vie satisfaisante de l'accouplement.

4 Conception

4.1 Généralités

Lorsque les documents comprennent des spécifications techniques contradictoires, ils doivent être pris en considération dans l'ordre suivant:

- a) commande d'achat (ou appel d'offres, s'il n'y a pas de commande passée) (voir annexes C et D);
- b) feuilles de spécifications (voir annexe A);
- c) la présente Norme internationale;
- d) les autres normes auxquelles il est fait référence dans la commande (ou dans l'appel d'offres, s'il n'y a pas de commande passée).

Les codes nationaux et locaux, les réglementations, décrets et règles applicables doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur/fournisseur.

4.1.1 Courbe caractéristique

4.1.1.1 La courbe caractéristique de la roue fournie doit indiquer la hauteur énergétique totale, le rendement, la NPSHR et la puissance absorbée exigés en fonction du débit. Elle doit aussi indiquer la plage de fonctionnement admissible de la pompe. Des

courbes de hauteur énergétique totale en fonction du débit (fondées sur le calcul ou les essais) correspondant aux diamètres maximal et minimal de roue, doivent être tracées obligatoirement pour les pompes à un seul étage ou sur demande pour les pompes à plusieurs étages.

4.1.1.2 Les pompes ayant des courbes hauteur énergétique totale/débit stables, ascendantes en continu jusqu'à l'arrêt de la pompe, sont préférées pour la majorité des utilisations et requises lorsque l'acheteur spécifie un fonctionnement en parallèle. Les pompes à courbes instables ou à courbes présentant des creux (du type des courbes des pompes hélices) peuvent être offertes si elles conviennent à l'utilisation envisagée et si l'on indique les écarts de forme de la courbe. Lorsque les conditions de service sont telles qu'il est techniquement impossible d'avoir une courbe stable, d'autres moyens doivent être utilisés pour assurer le (les) débit(s) désiré(s). Si l'on spécifie un fonctionnement en parallèle, l'augmentation de hauteur énergétique totale au débit normal doit avoir une pente suffisante pour éviter l'instabilité de l'écoulement.

4.1.1.3 Le point de rendement optimal de la roue fournie doit de préférence se situer entre le point nominal et le point normal (voir 3.1).

4.1.1.4 Lorsque leur conception le permet, des pompes à machine d'entraînement à vitesse constante peuvent donner une augmentation de la hauteur énergétique totale d'environ 5 % dans les conditions nominales si l'on installe une ou plusieurs roues neuves.

4.1.1.5 Les caractéristiques de fonctionnement des pompes véhiculant les liquides newtoniens plus visqueux que l'eau doivent être corrigées à l'aide de facteurs de conversion à convenir entre l'acheteur et le constructeur/fournisseur. Les liquides non newtoniens requièrent un traitement spécial.

4.1.2 Hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration (NPSH)

La NPSHR doit être basée, sauf convention contraire, sur une circulation d'eau froide, comme spécifié dans l'ISO 2548 et/ou dans l'ISO 3555¹⁾.

Une courbe de la NPSHR doit être fournie pour l'eau en fonction du débit.

1) Il est prévu de combiner l'ISO 2548 et l'ISO 3555 au cours de leur révision pour former une nouvelle Norme internationale.

La NPSHA doit, dans les conditions nominales, être supérieure à la NPSHR d'au moins 10 % et en tout cas d'au moins 0,5 m. La base des courbes de fonctionnement est la NPSH correspondant à une perte de 3 % par rapport à la hauteur énergétique totale du premier étage de la pompe (NPSH3).

Dans le cas où le constructeur/fournisseur de la pompe considère qu'en raison du matériau de construction et du liquide pompé, une NPSH plus grande est nécessaire, il doit le mentionner dans le projet et fournir la courbe appropriée.

Le constructeur/fournisseur doit spécifier sur la feuille de spécifications la hauteur énergétique nette absolue à l'aspiration requise (NPSHR) de la pompe lorsque celle-ci fonctionne avec de l'eau au débit nominal et à la vitesse nominale.

Aucune réduction ni aucune correction n'est autorisée pour les hydrocarbures.

Pour les essais de NPSH, voir 6.3.5.

4.1.3 Conception de la pompe

4.1.3.1 Les unités de pompage peuvent être conçues à un ou à plusieurs étages. Lorsque la pression nominale à l'aspiration est positive (pression relative) ou lorsque la pression différentielle est supérieure à 3,5 bar, la pompe doit être conçue de manière à réduire au maximum la pression s'exerçant sur la garniture d'étanchéité d'arbre, à moins que les exigences d'équilibrage de poussée n'en décident autrement. Sur les modèles mono-étagés montés en porte-à-faux, on peut pour ce faire placer des bagues ou des ailettes de pompage à l'arrière de la roue. Sur les modèles multi-étagés, on peut soit monter les roues en opposition en les combinant avec une douille de laminage à jeu étroit, soit monter les roues en ligne avec des pistons ou des disques d'équilibrage.

D'autres moyens sont également possibles par accord entre l'acheteur et le constructeur/fournisseur.

4.1.3.2 Les pompes à haute énergie (hauteur énergétique totale supérieure à 200 m par étage et puissance supérieure à 225 kW par étage) demandent un traitement spécial. Il convient en particulier de dimensionner la distance radiale entre le bec et la volute (y compris pour les volutes doubles) ou l'aube du diffuseur et la périphérie de la roue, de manière à éviter les vibrations et le bruit provoqués par le passage des pales à fréquence normale ou à basse fréquence aux petits débits.

4.1.3.3 Les pompes verticales à accouplements d'arbres en ligne filetés qui pourraient être endommagées par une inversion du sens de rotation doivent être munies d'un cliquet antiretour ou d'un autre système agrégé.

4.1.3.4 Tous les équipements doivent être conçus de manière à permettre un entretien rapide et économique. Les pièces essentielles (telles qu'éléments du corps de pompe ou logements de paliers) doivent être conçues de manière à pouvoir être réalignées avec précision au remontage (épaulements ou chevilles).

4.1.3.5 Le contrôle du niveau acoustique de tout le matériel fourni doit faire l'objet d'un effort conjoint entre l'acheteur et le constructeur/fournisseur. Sauf spécification contraire, le matériel fourni par le constructeur/fournisseur doit être conforme aux réglementations locales et ne doit pas dépasser le niveau acoustique maximal admissible fixé par l'acheteur.

NOTE 9 L'objet de la présente Norme internationale exclut la machine d'entraînement, mais celle-ci doit être prise en compte à ce niveau.

4.1.4 Installation extérieure

L'acheteur doit spécifier si l'installation se fait à l'intérieur (avec ou sans chauffage) ou à l'extérieur (sous abri ou non), et indiquer les conditions locales ambiantes dans lesquelles le matériel doit fonctionner (y compris les températures maximales et minimales, une corrosion humide insolite de l'air ou des problèmes de poussière). L'unité et ses organes auxiliaires doivent être aptes au fonctionnement dans des conditions spécifiées. Pour guider l'acheteur, le constructeur/fournisseur doit mentionner dans son offre les systèmes spéciaux de protection que l'acheteur sera amené à fournir.

4.2 Machines d'entraînement

4.2.1 Généralités

4.2.1.1 Exigences concernant la détermination des caractéristiques nominales de l'entraînement

Ce qui suit doit être pris en considération pour déterminer les caractéristiques nominales de l'entraînement:

- utilisation et mode de fonctionnement de la pompe; par exemple, dans le cas d'utilisation en parallèle de plusieurs pompes, il faut tenir compte du domaine de fonctionnement possible avec une

- seule pompe en service, compte tenu de la caractéristique du circuit;
- position du point de fonctionnement sur la courbe caractéristique de la pompe;
 - perte par frottement dans la garniture d'étanchéité d'arbre;
 - débit de circulation dans la garniture mécanique (en particulier, pour les pompes à faible débit);
 - propriétés du liquide pompé (viscosité, solides en suspension, masse volumique);
 - perte de puissance et glissement dus à la transmission;
 - conditions atmosphériques sur le lieu d'installation de la pompe.

Les moteurs utilisés pour entraîner toutes les pompes auxquelles se rapporte la présente Norme internatio-

nale doivent fournir une puissance nominale au moins égale, en pourcentage de la puissance absorbée nominale de la pompe, à la valeur donnée à la figure 1, qui ne doit jamais être inférieure à 1 kW. S'il apparaît que ceci conduit à un surdimensionnement inutile de l'entraînement, une contre-proposition doit être soumise au client pour approbation.

4.2.1.2 Poussée axiale

Lorsque la butée ne fait pas partie intégrante de la pompe, et sauf accord contraire de l'acheteur, les entraînements par moteur, par turbine ou par engrenages des pompes verticales, y compris les pompes verticales en ligne, doivent être conçus de manière à résister à la poussée maximale qui peut être exercée par la pompe au démarrage, à l'arrêt ou au régime correspondant à un débit quelconque. La poussée axiale maximale doit être déterminée au double des jeux internes initiaux. Si l'entraînement n'est pas fourni par le constructeur/fournisseur, ce dernier doit avertir l'acheteur de cette exigence.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)



Figure 1 — Puissance de la machine d'entraînement, exprimée en pourcentage de la puissance nominale absorbée de la pompe entre 1 kW et 100 kW

4.2.2 Pompes entraînées par turbine

4.2.2.1 Turbines à vapeur

Les turbines à vapeur choisies doivent être capables de fournir à la pompe soit la puissance absorbée nominale dont elle a besoin dans les conditions nominales en fonction du rendement garanti de la pompe, soit la puissance absorbée maximale requise sur la totalité de la plage de fonctionnement de la pompe. La puissance nominale des turbines à vapeur est fondée sur les conditions spécifiées de vapeur qui sont minimales à l'aspiration et maximales au refoulement.

4.2.2.2 Pompes entraînées par turbine

Les pompes entraînées par turbine doivent être conçues pour fonctionner en continu à 105 % de la vitesse nominale et occasionnellement, dans des conditions d'urgence, jusqu'à 110 % de cette vitesse nominale (vitesse de déclenchement de la survitesse de la turbine).

Pour les turbines à vapeur et les moteurs alternatifs, la vitesse de déclenchement doit correspondre à au moins 110 % de la vitesse continue maximale admissible. Pour les turbines à gaz, elle doit correspondre à au moins 105 % de cette vitesse.

4.3 Vitesse critique, équilibrage et vibrations

4.3.1 Vitesse critique

4.3.1.1 Les vitesses critiques correspondent aux fréquences de résonance du support du rotor. En principe, l'identification des vitesses critiques se fait en fonction des fréquences propres du système et des phénomènes de contrainte. Si la fréquence d'une composante harmonique d'un phénomène périodique de contrainte est égale ou similaire à la fréquence d'un mode quelconque de vibration du rotor, les conditions d'une résonance peuvent être réunies. Si cette résonance se produit à une vitesse finie, cette vitesse est appelée vitesse critique. La présente spécification s'intéresse aux vitesses critiques réelles plutôt qu'aux diverses valeurs calculées en vibration latérale ou en oscillation de torsion.

4.3.1.2 La fréquence du phénomène de contrainte ou la fréquence d'excitation peut être inférieure, égale ou supérieure à la fréquence synchrone du moteur. Parmi ces phénomènes, on retrouve ceux qui sont énumérés ci-dessous, mais la liste n'est pas limitative:

- a) balourd dans le système du rotor,
- b) effets de la pellicule d'huile,
- c) fréquences dues à des frottements internes,
- d) fréquences de passage dans les pales, les aubes, les ajutages, les diffuseurs,
- e) fréquences d'engrènement des engrenages et fréquences de bandes latérales,
- f) fréquences dues au défaut d'alignement de l'accouplement,
- g) fréquences dues aux jeux dans les éléments du rotor,
- h) fréquences dues à l'hystérésis et à la giration par frottement,
- i) fréquences de la couche limite (détachement des tourbillons),
- j) effets acoustiques ou aérodynamiques,
- k) conditions de démarrage, par exemple ralentissements (sous l'effet d'impédances d'inertie) ou flèches de torsion contribuant à créer des résonances de torsion,
- l) nombre de cylindres, angle entre les gradins et, dans le cas des moteurs à combustion interne, fait que le moteur est à deux ou à quatre temps.

ISO 9905:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b17276c3-bd76-4b0a-bce1-532331098708/iso-9905-1994>

4.3.1.3 Les vitesses critiques réelles ne doivent pas empiéter sur les plages de vitesses de fonctionnement spécifiées.

Sauf lorsqu'il n'est pas possible de concevoir une pompe à arbre rigide et avec l'accord de l'acheteur, la première vitesse critique latérale réelle (en flexion) doit de préférence se situer à au moins 20 % au-dessus de la vitesse maximale de fonctionnement.

Pour les pompes à arbre vertical, cette condition est surtout applicable lorsque le liquide contient une part appréciable de particules solides.

Lorsqu'il n'est pas possible de concevoir une pompe à arbre rigide, et avec l'accord de l'acheteur

- la première vitesse critique N_{c1} ne doit pas dépasser 0,37 (= 1/2,7) fois la vitesse minimale de fonctionnement N_{min} .

— la seconde vitesse critique N_{c2} ne doit pas être inférieure à 1,2 fois la vitesse maximale continue N_{max} .

Ces conditions peuvent s'illustrer de la manière indiquée à la figure 2.

4.3.1.4 La marge de séparation spécifiée (marge de non-empiètement) entre tous les modes latéraux (y compris le mode rigide et le mode en flexion), doit être d'au moins

- 20 % au-dessus de la vitesse maximale continue pour les systèmes à rotor rigide, ou
- 15 % au-dessous de toute vitesse de fonctionnement et 20 % au-dessus de la vitesse maximale continue pour les systèmes à rotor flexible.

Les modes de torsion de l'unité complète doivent se situer à au moins 10 % en dessous de toute vitesse de fonctionnement ou à au moins 10 % au-dessus de toute vitesse de déclenchement.

La marge de séparation spécifiée est censée éviter les recouvrements entre l'enveloppe de réponse critique et la plage des vitesses de fonctionnement.

4.3.1.5 Le fonctionnement au ralenti, le démarrage et l'arrêt des éléments en rotation ne doivent pas provoquer de dommages au moment du passage aux vitesses critiques.

4.3.1.6 Dans la plage des vitesses de fonctionnement spécifiées ou dans les marges de séparation spécifiées, il ne doit pas se produire de résonance dans les supports ou les paliers des machines d'entraînement ou des éléments entraînés.

4.3.1.7 Si l'acheteur le demande, les vitesses critiques doivent être vérifiées au banc d'essai, ou si elles dépassent les vitesses d'essai, elles doivent être

a) soit calculées à partir des valeurs d'amortissement,

b) soit déterminées en appliquant une excitation extérieure au rotor.

4.3.1.8 Les calculs détaillés aux points a) et b) ci-dessous doivent être fournis par le constructeur/fournisseur si l'acheteur le demande. Si l'acheteur fournit la machine d'entraînement, il est de sa responsabilité de fournir les données nécessaires pour ces calculs.

a) Analyse des vitesses critiques latérales visant à déterminer que les vitesses critiques de l'entraînement sont compatibles avec celles de la pompe et que l'ensemble convient à la plage des vitesses de fonctionnement pour ces calculs.

b) Analyse de vibrations de torsion de l'ensemble pompe-entraînement et analyse des vibrations transitoires en torsion pour les systèmes entraînés par un moteur synchrone. Le constructeur/fournisseur est responsable du bon fonctionnement du système. En cas d'entraînement par moteur à combustion interne, c'est le constructeur/fournisseur du moteur qui est responsable de l'analyse.

4.3.2 Équilibrage et vibrations

4.3.2.1 Généralités

4.3.2.1.1 Tous les éléments tournants essentiels doivent être équilibrés. **Les rotors assemblés doivent aussi être équilibrés si l'acheteur le demande.**

4.3.2.1.2 Si l'acheteur le demande, le constructeur/fournisseur doit démontrer que la pompe peut fonctionner au débit minimal stable et continu indiqué sans dépasser les limites de vibrations imposées en 4.3.2.2.

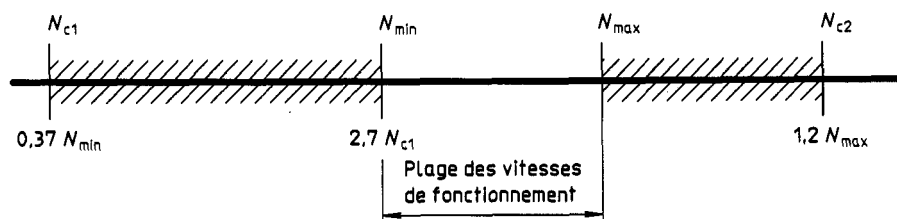


Figure 2 — Conditions de vitesse critique (voir 4.3.1.3)

4.3.2.1.3 Le fonctionnement des pompes doit être régulier sur toute leur plage de vitesses, à l'approche de la vitesse minimale et, pour les pompes entraînées par turbine, à l'approche de la limite de survitesse.

4.3.2.1.4 Le bon fonctionnement de la pompe (et de son entraînement) après installation doit être de la responsabilité conjointe du constructeur/fournisseur et de l'acheteur. Les pompes doivent fonctionner aussi bien sur leur socle permanent que sur le banc d'essai du constructeur/fournisseur.

4.3.2.2 Pompes horizontales

Mesurées sur le banc d'essai du constructeur/fournisseur, les vibrations non filtrées ne doivent pas dépasser les limites d'intensité vibratoire indiquées au tableau 1. Ces valeurs sont mesurées dans un plan radial au niveau du logement des paliers, en un seul point de fonctionnement à la vitesse nominale ($\pm 5\%$) et au débit nominal ($\pm 5\%$) sans cavitation. On aboutit généralement à ce résultat en procédant à un équilibrage en classe G 6.3 de l'ISO 1940-1. Pour de plus amples renseignements, se reporter à l'ISO 5343 et à l'ISO 8821.

Les pompes à roue spéciale, du type à un seul canal par exemple, peuvent dépasser les limites données dans le tableau 1. Ceci doit être indiqué, le cas échéant, par le constructeur/fournisseur dans son offre.

Tableau 1 — Limites de l'intensité vibratoire pour les pompes horizontales à roues à aubage multiple (basé sur l'ISO 2372)

Vitesse de rotation, N	Valeurs efficaces maximales de la vitesse de vibration pour une hauteur d'axe de l'arbre h_1 ¹⁾ (en mm/s)	
	$h_1 \leq 225$ mm	$h_1 > 225$ mm
min-1		
$N \leq 1\ 800$	2,8	4,5
$1\ 800 < N \leq 4\ 500$	4,5	7,1

1) Pour les pompes horizontales montées sur pied, h_1 est la distance entre la partie du socle en contact avec le piétement et l'axe de l'arbre de la pompe.

4.3.2.3 Pompes verticales

4.3.2.3.1 Les mesures de vibration doivent se faire sur la bride supérieure du montage de l'entraînement sur les pompes verticales à accouplement rigide et près du palier supérieur de la pompe pour les pompes verticales à accouplement flexible.

4.3.2.3.2 Les limites de vibration pour les pompes à roulements et les pompes à paliers lisses correspondent à une vitesse qui ne doit pas dépasser 7,1 mm/s pendant les essais en atelier à vitesse nominale ($\pm 5\%$), au débit nominal ($\pm 5\%$) et sans cavitation.

4.4 Éléments sous pression (voir aussi 5.1)

4.4.1 Relation pression-température

La pression de service maximale admissible dans les conditions d'utilisation les plus sévères doit être définie clairement par le constructeur/fournisseur. En aucun cas, cette pression (dans le corps et l'enveloppe, y compris le logement du dispositif d'étanchéité de l'arbre et la bague-fouloir/couvercle de garniture) ne doit être supérieure à celle autorisée pour les brides.

4.4.2 Corps de la pompe

4.4.2.1 Les pompes utilisées doivent avoir un corps à plan de joint radial si l'une quelconque des conditions de fonctionnement suivantes est spécifiée:

- température de pompage égale ou supérieure à 200 °C (une limite de température inférieure est à considérer en cas de choc thermique probable);
- liquide pompé toxique ou liquide inflammable de densité inférieure à 0,7 kg/dm³ à la température de pompage spécifiée;
- liquide pompé inflammable à une pression nominale (relative) au refoulement supérieure à 70 bars.

NOTE 10 Des pompes à corps à plan de joint axial peuvent être fournies pour fonctionner dans les conditions spécifiées ci-dessus avec l'accord explicite de l'acheteur. (Il est recommandé à l'acheteur d'étudier les détails de conception de la pompe et l'expérience pratique antérieure du constructeur/fournisseur ayant agréé la pompe pour ces conditions. Parmi les facteurs jouant sur la décision, on peut citer le résultat des essais sous pression hydrostatique maximale, la technique garantissant l'étanchéité des joints horizontaux, l'emplacement de la pompe et les qualifications du personnel de maintenance sur place.)

4.4.2.2 L'épaisseur du corps sous pression doit être adaptée à la pression maximale au refoulement et doit tenir compte des augmentations de hauteur énergétique et de vitesse à la température de pompage, et de la pression d'essai hydrostatique à la température ambiante.

La pression maximale de service du corps de la pompe doit être égale ou supérieure à la pression maximale au refoulement.

Les parties des pompes à enveloppe double, horizontales multi-étagées (trois étages ou plus), et à corps à plan de joint axial, normalement soumises à la pression d'aspiration n'ont pas besoin d'être calculées à la pression de refoulement. (L'acheteur doit envisager l'installation de limiteurs de pression du côté de l'aspiration de ces installations.) **L'acheteur doit spécifier si la gaine d'aspiration des pompes verticales à gaine est adaptée à la pression maximale au refoulement.** (Ceci est conseillé lorsque deux pompes ou plus sont raccordées sur un même circuit de refoulement.) Le seuil de contrainte utilisé dans les calculs de matériau ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans les normes des matériaux spécifiés. Les méthodes de calcul des éléments sous pression ainsi que les coefficients de sécurité des matériaux choisis doivent être conformes aux règles nationales correspondantes.

Les parties sous pression doivent avoir une surépaisseur de corrosion de 3 mm, sauf s'il est possible d'admettre une résistance plus faible à la corrosion (par exemple pour le titane).

4.4.2.3 La pression maximale au refoulement s'applique à toutes les pièces entrant dans la définition du corps sous pression (3.31), sauf pour les pompes à enveloppes doubles, horizontales multi-étagées (trois étages ou plus) et à corps à plan de joint axial.

4.4.2.4 L'enveloppe intérieure des pompes à enveloppe double doit être conçue pour supporter soit la pression différentielle interne maximale, soit 3,5 bar selon la valeur la plus élevée.

4.4.2.5 S'il existe un risque de défaut d'alignement entre la pompe et son entraînement en raison des différences de température ou d'autres causes, des précautions doivent être prises pour le combattre en prévoyant, par exemple, un support axial, un socle refroidi ou un préalignement.

4.4.3 Matériaux

Les matériaux utilisés pour les éléments sous pression doivent convenir au liquide pompé, à la configura-

tion de la pompe et à l'utilisation qui en est faite (voir article 5).

4.4.4 Caractéristiques mécaniques

4.4.4.1 Démontage

Les pompes, à l'exclusion des pompes verticales en ligne et des pompes segmentées, doivent de préférence être conçues de façon à permettre le démontage de l'ensemble roue, arbre, dispositif d'étanchéité et paliers, sans déconnecter les brides à l'aspiration et au refoulement.

Pour les pompes à plan de joint axial, des pattes ou anneaux de levage doivent être prévus pour soulever la partie supérieure du corps. La méthode de levage de la pompe assemblée doit être spécifiée par le constructeur/fournisseur.

4.4.4.2 Chevilles d'alignement des vis-vérins et du corps

Des pions de centrage et des vis-vérins doivent être prévus sur le corps pour faciliter le démontage et le remontage. Lorsqu'on utilise des vis-vérins pour séparer deux faces en contact, il faut que l'une des faces présente un chambrage pour pouvoir recevoir la vis-vérin sans provoquer de fuite ou un mauvais ajustage.

4.4.4.3 Chambres

Les chambres de réchauffage ou de refroidissement du corps de la pompe ou du logement du dispositif d'étanchéité, ou des deux, sont facultatives. Les chambres doivent être conçues pour une pression de service d'au moins 6 bar à une température de 170 °C.

Les systèmes de refroidissement à chambre doivent être conçus pour empêcher les fuites de liquide pompé vers le fluide frigorigène. Celui-ci ne doit pas passer dans les joints de corps.

4.4.4.4 Joints du corps de pompe

La conception des joints du corps de pompe doit être adaptée aux conditions de fonctionnement et aux conditions d'essai hydraulique à la température ambiante.

Les joints de couvercle des pompes à plan de joint radial doivent être à emboîtement du côté de l'atmosphère pour éviter toute éjection du joint.