

NORME INTERNATIONALE

ISO
5198

Première édition
1987-07-01



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices — Code d'essais de fonctionnement hydraulique — Classe de précision

Centrifugal, mixed flow and axial pumps — Code for hydraulic performance tests — Precision grade

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5198:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/45798929-934e-404c-8ea1-64f66a0e77f7/iso-5198-1987>

Numéro de référence
ISO 5198:1987 (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 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 5198 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 115 *Pompes*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Sommaire

	Page
0 Introduction	1
1 Objet	1
2 Domaine d'application	1
3 Références	2
Section un : Recommandations générales	
4 Définitions et symboles	3
5 Régime spécifié	10
6 Caractéristiques générales des essais	10
Section deux : Méthodes de mesure	
7 Mesurage du débit	17
8 Mesurage de la hauteur énergétique totale	23
9 Mesurage de la vitesse de rotation	38
10 Mesurage de la puissance absorbée par la pompe	38
11 Mesurage du rendement par la méthode thermodynamique	41
12 Essais de cavitation	51
Annexes	
A Évaluation et analyse des incertitudes	58
B Comparaison des résultats d'essai avec les valeurs spécifiées	62
C Propriétés thermodynamiques de l'eau et évaluation de l'exactitude des mesures de rendement par la méthode thermodynamique	66
D Autres essais de cavitation	79
E Pertes par frottement	81

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5198:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/45798929-934e-404c-8ea1-64f66a0e77f7/iso-5198-1987>

Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices — Code d'essais de fonctionnement hydraulique — Classe de précision

0 Introduction

La présente Norme internationale est la première d'une série de Normes internationales concernant les essais de fonctionnement des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices (désignées dans le texte sous le terme « pompes »). Elle décrit les essais de classe de précision (ancienne classe A). Les essais de classes I et II industrielles (anciennes classes B et C) feront l'objet d'une Norme internationale ultérieure¹⁾.

Le but de ces classes est tout à fait différent.

La classe de précision est principalement utilisée pour la recherche, le développement et les buts scientifiques en laboratoire lorsqu'une précision très grande dans les mesures est nécessaire.

Les classes industrielles s'appliquent en général aux essais de réception.

Dans la plupart des cas, la classe II industrielle est suffisante pour les essais de réception. L'utilisation de la classe I industrielle est réduite aux cas spéciaux lorsqu'il est nécessaire d'obtenir les caractéristiques de la pompe avec plus de précision. Cependant, il peut y avoir des cas importants pour lesquels même un essai de réception fait selon la classe I industrielle peut ne pas être jugé suffisant vis-à-vis de la précision nécessaire pour la définition des caractéristiques de la pompe; dans ces cas, l'utilisation d'une méthode de précision peut être exceptionnellement nécessaire pour un essai de réception.

L'attention est attirée sur le fait qu'un essai fait avec la précision requise pour la classe de précision revient à un prix beaucoup plus élevé qu'un essai de classe I ou II industrielle.

Les essais de la classe de précision ne sont pas toujours réalisables même au prix de grands efforts et de grandes dépenses. Les essais de fonctionnement de la classe de précision ne seront donc exigés, et ne sont donc possibles, que dans des circonstances spéciales. L'acheteur et le constructeur doivent par conséquent examiner sérieusement la manière dont on peut obtenir la précision requise pour cette classe de précision: in situ, sur banc d'essai chez le constructeur ou dans un laboratoire choisi par accord mutuel. À noter que la précision de la classe de précision ne peut pas toujours être garantie avant les essais.

Le but de la présente Norme internationale est d'être un guide pour effectuer un essai avec une précision extrêmement grande.

La présente Norme internationale ne prescrit aucune tolérance de construction, ni aucune tolérance globale en vue de la réception. Elle se borne à spécifier des méthodes permettant de définir avec précision les caractéristiques de fonctionnement d'une pompe dans les conditions dans lesquelles celle-ci est essayée. L'interprétation contractuelle des résultats d'essai doit faire l'objet d'un accord spécial entre les parties. (Voir annexe B).

Le fonctionnement d'une pompe dépend dans une large mesure des conditions d'installation; celles-ci doivent donc être examinées avec soin lors de la rédaction du contrat si l'on envisage un essai de la classe de précision.

1 Objet

La présente Norme internationale spécifie les essais de fonctionnement des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices de la classe de précision.

Elle définit les termes et grandeurs utilisés et fixe les méthodes d'essai et de mesure de ces grandeurs selon les critères de la classe de précision, de manière à évaluer le fonctionnement de la pompe et à pouvoir comparer ainsi les résultats obtenus aux caractéristiques spécifiées dans le contrat.

La présente Norme internationale ne concerne ni les détails de construction de la pompe, ni les propriétés mécaniques de ses parties constituantes.

Elle ne spécifie pas les tolérances de construction qui sont purement contractuelles.

2 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des recommandations permettant d'effectuer les essais de fonctionnement hydraulique des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices lorsque ces essais doivent répondre à des exigences très spéciales de recherche, de développement ou de réception de pompes industrielles de haute technicité ou lorsqu'une connaissance très précise des caractéristiques de fonctionnement revêt une importance primordiale.

La présente Norme internationale s'applique également aux modèles et aux prototypes, que ces pompes soient essayées sur une installation d'essai ou in situ si les conditions d'installation le permettent.

1) Actuellement, ils font l'objet de l'ISO 2548 et de l'ISO 3555.

Elle s'applique

- soit à la pompe elle-même, sans aucun de ses accessoires, ce qui exige que la pompe ait ses extrémités accessibles,
- soit à l'ensemble de la pompe et de tout ou partie de ses accessoires amont et aval, ce qui est nécessairement le cas pour les pompes à extrémités inaccessibles (pompes submersibles, etc.).

NOTES

- 1 L'attention est attirée sur le fait que la presque totalité des besoins industriels est couverte par les codes d'essais de réception de classes I et II industrielles.
- 2 Les essais de réception des pompes d'accumulation in situ et sur modèle font l'objet des Publications CEI 198 et CEI 497.

3 Références

ISO 31, *Grandeurs, unités et symboles.*

ISO 555, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution pour le mesurage du débit en régime permanent —*

Partie 1: Méthode d'injection à débit constant.

Partie 2: Méthode par intégration (injection instantanée).

Partie 3: Méthode d'injection à débit constant et par intégration, utilisant des traceurs radioactifs.

ISO 1438, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi et canaux Venturi.*

ISO 1438/1, *Mesure de débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux Venturi — Partie 1: Déversoirs en mince paroi.*

ISO 2186, *Débit des fluides dans les conduites fermées — Liaisons pour la transmission du signal de pression entre les éléments primaires et secondaires.*

ISO 2548, *Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélicoïdes — Code d'essais de réception — Classe C.*

ISO 2975, *Mesure du débit de l'eau dans les conduites fermées — Méthodes par traceurs —*

Partie 1: Généralités.

Partie 2: Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs non radioactifs.

Partie 3: Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs.

Partie 6: Méthode du temps de transit, utilisant des traceurs non radioactifs.

Partie 7: Méthode du temps de transit, utilisant des traceurs radioactifs.

ISO 3354, *Mesure du débit d'eau propre dans les conduites fermées — Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de moulinets.*

ISO 3534, *Statistique — Vocabulaire et symboles.*

ISO 3555, *Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélicoïdes — Code d'essais de réception — Classe B.*

ISO 3846, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs à largeur de crête finie et à déversement dénoyé (déversoirs rectangulaires à seuil épais).*

ISO 3966, *Mesure du débit des fluides dans les conduites fermées — Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles.*

ISO 4185, *Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par pesée.*

ISO 4359, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U.*

ISO 4360, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs. Déversoirs à profil triangulaire.*

ISO 4373, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Appareils de mesure du niveau de l'eau.*

ISO 5167, *Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire.*

ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

ISO 7194, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Mesure de débit dans les conduites circulaires dans le cas d'un écoulement giratoire ou dissymétrique par exploration du champ des vitesses au moyen de moulinets ou de tubes de Pitot doubles.*

ISO 8316, *Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par jaugeage d'un réservoir volumétrique.¹⁾*

Publication CEI 34-2, *Machines électriques tournantes — Partie 2: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction).*

Publication CEI 41, *Code international concernant les essais de réception sur place des turbines hydrauliques.*

Publication CEI 193, *Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques.*

Publication CEI 198, *Code international concernant les essais de réception sur place des pompes d'accumulation.*

Publication CEI 497, *Code international concernant les essais de réception sur modèle réduit des pompes d'accumulation.*

1) Actuellement au stade de projet.

Section un : Recommandations générales

4 Définitions et symboles

4.1 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

4.1.1 système de mesure: Système composé d'un instrument de mesure comprenant un transducteur qui relève l'information physique et d'un ou plusieurs éléments en série qui transmettent ou transforment le signal résultant.

Un tel système a une fonction de réponse qui peut être représentée par une courbe de réponse en gain ou en phase dans une bande de fréquences. En particulier, un effet de filtrage apparaît entre la grandeur physique relevée et le signal observé. Cet effet de filtrage est essentiellement caractérisé par une fréquence de coupure. Dans la plupart des systèmes de mesurage qui sont utilisés, la composante continue du signal peut passer et la fréquence de coupure est alors fortement liée au temps de réponse du système.

4.1.2 instrument de mesure: Instrument inclus dans un système de mesure, et qui permet de transformer toute grandeur physique (pression, vitesse, intensité, etc.) en un signal qui peut être observé directement (niveau de mercure, graduation sur un cadran, lecture digitale, etc.).

4.1.3 moment statistique du premier ordre: valeur moyenne d'un signal: Caractérisation d'un processus aléatoire $x(t)$ par un moment statistique du premier ordre qui est généralement la moyenne μ_x calculée sur une période de temps T et exprimée par

$$\mu_x = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} x(t) dt$$

NOTE — Pour calculer la valeur moyenne d'un signal ou d'une grandeur physique, on choisit en général une période T beaucoup plus longue que le temps de réponse du système de mesure correspondant.

Afin de déterminer simultanément la valeur moyenne de plusieurs signaux de plusieurs grandeurs physiques correspondant au même point de fonctionnement, la période T est choisie en prenant en considération le temps de réponse le plus long parmi ceux de tous les systèmes de mesure utilisés.

En fonction de la valeur de la période T choisie pour calculer la valeur moyenne des signaux, on vérifiera que les conditions de fonctionnement sont stables ou instables.

4.1.4 moment statistique du second ordre: variance et fonction d'autocorrélation: Un processus aléatoire $x(t)$ est caractérisé par un moment statistique de second ordre calculé sur une période de temps T et pour lequel on peut choisir soit la variance, σ_x^2 , exprimée par

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} [x(t) - \mu_x]^2 dt$$

soit la fonction d'autocorrélation, R_{xx} , exprimée par

$$R_{xx}(t, T) = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} x(t) [x(t+T)] dt$$

4.1.5 processus stationnaire et instationnaire: Un processus aléatoire $x(t)$ est dit **faiblement stationnaire** ou **stationnaire au sens large** lorsque son moment statistique du premier ordre (moyenne μ_x) et son moment statistique du second ordre [variance σ_x^2 ou fonction de corrélation $R_{xx}(t, T)$] ne dépendent ni du temps t auquel l'observation commence, ni de la période de temps T durant laquelle l'observation est faite.

À l'inverse, lorsque les moments statistiques dépendent de t ou de T , les phénomènes physiques sont dits **instationnaires**.

Lorsque tous les moments statistiques du processus $x(t)$ (au-delà du second ordre) qui décrivent complètement la propriété statistique de $x(t)$ ne dépendent ni de t ni de T , le processus est alors dit **fortement stationnaire** ou **stationnaire au sens strict**.

NOTE — D'un point de vue pratique et dans le cadre de la présente Norme internationale, ne sont pris en considération que les processus faiblement stationnaires (moments statistiques du premier et du second ordre). On notera que lorsque le processus considéré suit une loi de distribution normale de Gauss, les moments statistiques du premier et du second ordre suffisent pour décrire complètement les propriétés statistiques du processus, et les concepts de stationnarité forte ou faible sont alors équivalents.

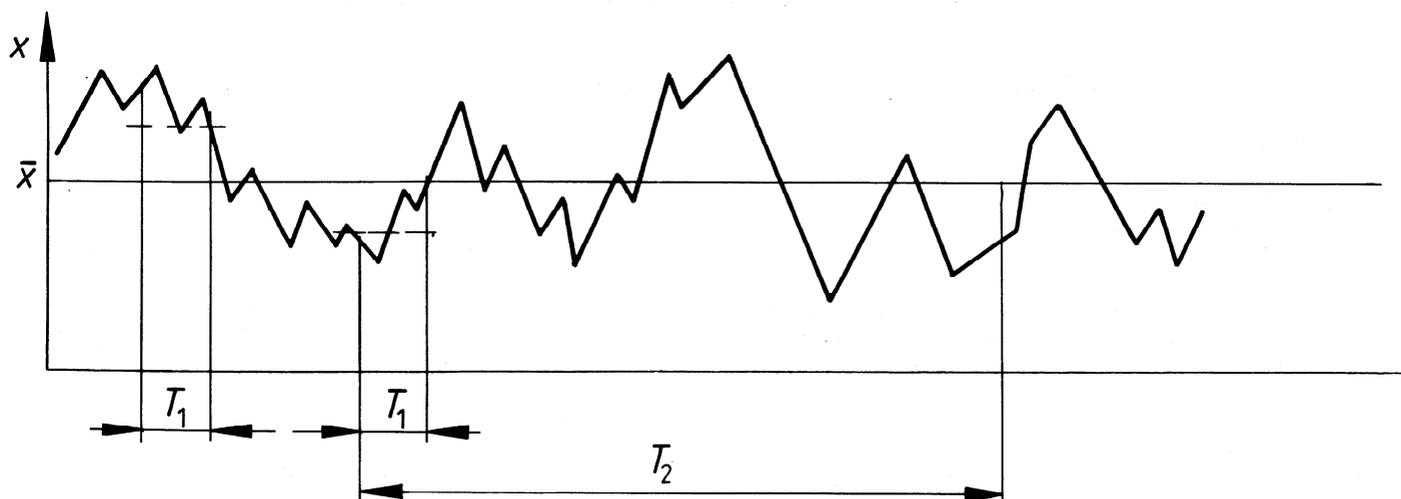
4.1.6 conditions de fonctionnement stables: Les conditions de fonctionnement sont dites stables lorsque des signaux différents délivrés par des systèmes de mesure et les grandeurs physiques calculées à partir de ces signaux ont des moments statistiques du premier ordre (valeur moyenne μ_x) et du second ordre [variance σ_x^2 , ou fonction d'autocorrélation $R_{xx}(t, T)$] qui ne dépendent ni du temps t auquel l'observation commence, ni de la période T pendant laquelle l'observation est faite.

NOTE — Le signal aléatoire délivré par un système de mesure ne peut être considéré comme stable que si la période d'intégration T est suffisamment longue. Ce point est difficile à vérifier, car on n'est jamais sûr que l'intégration est faite sur une durée T suffisamment longue; c'est pourquoi, d'un point de vue pratique, seule une stationnarité avec un certain niveau de confiance est définie.

4.1.7 conditions de fonctionnement instables: Les conditions de fonctionnement sont dites instables si les différents signaux délivrés par les systèmes de mesure et les grandeurs physiques calculées à partir de ces signaux ont un moment statistique du premier ordre (valeur moyenne μ_x) ou du second ordre [variance σ_x^2 , ou fonction d'autocorrélation $R_{xx}(t, T)$] qui dépend du temps t auquel l'observation commence ou de la durée T pendant laquelle l'observation est faite.

NOTE — La composante dynamique (voir figure 1) des signaux relevés a différentes origines:

- une origine aléatoire: turbulence, bruit blanc du système électronique, etc.,



T_1 est une durée d'intégration insuffisamment longue, car la valeur moyenne \bar{x} de x , estimée à partir de T_1 sera variable

T_2 est une durée suffisamment longue

Figure 1 — Graphe montrant l'évolution d'un phénomène (supposé connu)
(standards.iteh.ai)

b) une origine déterministe: fréquence de passage des aubes, vitesse de rotation liée à la fréquence du réseau, singularités dans l'écoulement, modes vibratoires, etc.

Les variations de la valeur moyenne devraient présenter une période ou une pseudo-période supérieure à deux fois le temps d'intégration T choisi pour calculer la valeur moyenne.

Il est admis que les instabilités possibles des conditions de fonctionnement ont des fréquences plus basses que celles correspondant aux phénomènes mentionnés ci-dessus (moins de la moitié de la fréquence la plus basse rencontrée); en conséquence, la durée d'intégration T ne sera pas inférieure à deux fois la période T correspondant à la plus basse fréquence mentionnée ci-dessus.

4.1.8 fluctuations: Évolutions périodiques ou aléatoires d'un phénomène $x(t)$ fonction du temps, variant autour d'une valeur moyenne et décrivant une grandeur physique ou un signal délivré par un système de mesure.

Sont considérées comme fluctuations toutes évolutions ayant une période ou une pseudo-période inférieure à deux fois la période d'intégration choisie pour calculer la valeur moyenne. Alors, les fluctuations peuvent être considérées comme étant «rapides» en comparaison avec les variations de la valeur moyenne (voir 4.1.9).

NOTE — Seules les fluctuations ayant une période ou une pseudo-période supérieure à deux fois le temps de réponse du système de mesure correspondant peuvent être détectées.

4.1.9 variations de la valeur moyenne (dans les conditions de fonctionnement instables): Évolution de la valeur moyenne d'une grandeur physique ou d'un signal délivré par un système de mesure, entre une lecture et la suivante, dans des conditions de fonctionnement instables.

De ce fait, les variations de la valeur moyenne peuvent être considérées comme étant «lentes» comparativement aux fluctuations (voir 4.1.8).

4.1.10 lectures: Observations visuelles permettant de relever la valeur d'un signal délivré par un système de mesure.

Deux types de lectures sont à considérer:

a) la lecture «quasi-instantanée» du signal, qui est faite pendant un temps aussi court que possible (mais pas inférieur au temps de réponse du système de mesure considéré).

NOTE — La série des lectures «quasi-instantanées» faites pendant la durée d'intégration T permet de calculer les moments statistiques (voir 4.1.3 et 4.1.4).

b) la «lecture moyenne» d'un signal faite pendant ou à la fin de la durée d'intégration T qui dépend du système de mesure. Cette «lecture moyenne» donne directement la valeur moyenne du signal.

4.1.11 série de lectures: Série de lectures quasi-instantanées conduisant à la détermination de la valeur moyenne de chacun des différents signaux ou grandeurs physiques caractérisant un point de fonctionnement.

4.1.12 temps de réponse d'un instrument de mesure :

Intervalle de temps compris entre le moment où un signal d'entrée subit un changement brusque spécifié et le moment où le signal de sortie atteint, dans les limites spécifiées, sa valeur finale en régime établi et s'y maintient.

4.1.13 nombre de Prandtl, Pr :

$$Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$$

où

μ est la viscosité dynamique du fluide;

λ est sa conductivité thermique.

(Définition de l'ISO 31/12.)

4.2 Grandeurs, symboles et unités

Le tableau 1 indique les grandeurs, certaines avec leurs définitions, utilisées dans la présente Norme internationale, ainsi que les symboles et unités qui leur ont été attribués sur la base de l'ISO 31.

Les définitions, notamment celles du coefficient d'énergie cinétique, de l'énergie massique et du NPSH peuvent ne pas être de valeur générale pour toute l'hydrodynamique et ne s'appliquent que dans le cadre de la présente Norme internationale.

Le tableau 2 donne une liste alphabétique des symboles utilisés, et le tableau 3 donne une liste des lettres et chiffres utilisés comme indices.

Tableau 1 — Liste des grandeurs (basées sur l'ISO 31)¹⁾

Grandeur	Définition ²⁾	Symbole	Dimensions ³⁾	Unité
Masse		m	M	kg
Longueur		l	L	m
Temps		t	T	s
Température		θ	Θ	°C
Aire		A	L ²	m ²
Volume		V	L ³	m ³
Vitesse angulaire		ω	T ⁻¹	rad/s
Vitesse		v	LT ⁻¹	m/s
Accélération due à la pesanteur ⁴⁾		g	LT ⁻²	m/s ²
Vitesse de rotation	Nombre de tours par unité de temps	n	T ⁻¹	s ⁻¹
Masse volumique	Masse par unité de volume	ρ	ML ⁻³	kg/m ³
Pression	Force par unité de surface. Sauf indication contraire, toutes les pressions sont effectives, c'est-à-dire mesurées par rapport à la pression atmosphérique.	p	ML ⁻¹ T ⁻²	Pa (1 bar = 10 ⁵ Pa)
Viscosité cinématique		ν	L ² T ⁻¹	m ² /s
Énergie massique	Énergie par unité de masse	E	L ² T ⁻²	J/kg
Puissance (terme général)		P	ML ² T ⁻³	W
Nombre de Reynolds		Re	nombre sans dimension	
Diamètre		D	L	m
Débit-masse	Le débit-masse désigne le débit-masse extérieur de la pompe, c'est-à-dire le débit refoulé dans la conduite à partir de l'orifice de refoulement de la pompe. NOTE — Ne sont pas comptées dans le débit les fuites ou dérivations propres à la pompe, c'est-à-dire : a) débit nécessaire à l'équilibrage hydraulique de la poussée axiale; b) refroidissement des paliers de la pompe elle-même; c) injection dans le joint hydraulique des presse-étoupe; d) fuites des garnitures, fuite interne, etc. Sont par contre ajoutés au débit mesuré, si leur prélèvement se fait en un point situé avant la section de mesurage du débit, tous les débits dérivés utilisés à d'autres fins telles que : e) refroidissement des paliers du moteur; f) refroidissement d'un multiplicateur (paliers, réfrigérateur d'huile) etc.	q_m (q)	MT ⁻¹	kg/s

Tableau 1 — Liste des grandeurs (basées sur l'ISO 31)¹⁾ (suite)

Grandeur	Définition ²⁾	Symbole	Dimensions ³⁾	Unité
Débit-volume	Le débit-volume au refoulement est donné par la formule: $q_v = \frac{q_m}{\rho}$ <p>Dans le cadre de la présente Norme internationale, ce symbole peut aussi désigner le débit-volume dans une section donnée⁵⁾, qui est le quotient du débit-masse dans cette section par la masse volumique. (On peut désigner cette section par les indices prévus).</p>	$q_v(Q)$	$L^3 T^{-1}$	m ³ /s
Vitesse moyenne	Vitesse moyenne de l'écoulement égale au débit-volume divisé par l'aire de la section droite de la conduite ⁵⁾ $U = \frac{q_v}{A}$	U	LT^{-1}	m/s
Vitesse locale	Vitesse du fluide en un point quelconque	v	LT^{-1}	m/s
Pression effective	Toute pression utilisée dans la présente Norme internationale sauf la pression atmosphérique et la tension de vapeur. C'est la pression effective par rapport à la pression atmosphérique. Sa valeur est <ul style="list-style-type: none"> — positive, si cette pression est supérieure à la pression atmosphérique; — négative, si cette pression est inférieure à la pression atmosphérique. 	p_e	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
Pression atmosphérique (absolue)		p_b	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
Tension de vapeur (absolue)		p_v	$ML^{-1} T^{-2}$	Pa
Hauteur	Énergie par unité de masse du fluide divisée par l'accélération due à la pesanteur		L	m
Altitude	Élévation d'un point au-dessus du plan de référence. Si le point est en-dessous du plan de référence, z est négatif.	z	L	m
Plan de référence	Tout plan horizontal peut être utilisé comme référence pour la mesure d'une altitude. Pour effectuer les mesures, un plan de référence matérialisé peut être plus pratique qu'un plan imaginaire.	—	—	—
Altitude de la roue d'aspiration (ou altitude de l'œillard)	Hauteur du centre du cercle décrit par le point externe des bords d'entrée des aubes de la première roue. Dans le cas de pompes à double ouïe d'aspiration, z_s est la hauteur de la roue la plus élevée. Le constructeur devra indiquer la position de ce point par rapport à des points de référence précis de la pompe.	z_s	L	m
Hauteur dynamique	Hauteur correspondant à l'énergie cinétique par unité de masse du fluide divisée par l'accélération due à la pesanteur. Elle s'exprime par $\alpha U^2/2g$		L	m
Coefficient d'énergie cinétique	Coefficient reliant la hauteur dynamique dans la section à la vitesse moyenne dans cette section. Il est défini par $\alpha = \frac{\int_A v^3 dA}{U^3 A}$ <p>Si v est constant, $\alpha = 1$</p>	α	nombre sans dimension	
Hauteur dynamique disponible	Partie de la hauteur dynamique contribuant à la hauteur totale de charge. Sa valeur est calculée à partir de $\alpha_a U^2/2g \quad \text{où} \quad 1 < \alpha_a < \alpha$ <p>Voir 8.1.1.3</p>		L	m
Coefficient d'énergie cinétique disponible	Coefficient reliant la hauteur dynamique disponible dans une section à la vitesse moyenne dans cette section. <p>Voir 8.1.1.3</p>	α_a	nombre sans dimension	

Tableau 1 — Liste des grandeurs (basées sur l'ISO 31)¹⁾ (suite)

Grandeur	Définition ²⁾	Symbole	Dimensions ³⁾	Unité
Hauteur totale de charge (dans la section <i>i</i>)	Dans une section donnée, <i>i</i> , la hauteur totale de charge est normalement calculée par : $H_i = z_i + \frac{p_{ei}}{\rho_i g} + \alpha_{ai} \frac{U_i^2}{2g}$ Cette formule suppose que la pression varie hydrostatiquement dans la section et que la compressibilité du liquide pompé peut être négligée. Voir 8.1.1.2 pour les corrections relatives à cette dernière hypothèse.	H_i	L	m
Hauteur totale de charge à l'aspiration	Hauteur totale de charge dans la section 1 d'aspiration de la pompe	H_1	L	m
Hauteur totale de charge au refoulement	Hauteur totale de charge dans la section 2 de refoulement de la pompe	H_2	L	m
Hauteur énergétique totale (ou hauteur totale d'élévation de la pompe)	Différence algébrique entre la hauteur totale de charge au refoulement H_2 et la hauteur totale de charge à l'aspiration H_1 : $H = H_2 - H_1$ L'évaluation séparée de H_1 et de H_2 n'est pas toujours nécessaire. D'autres méthodes peuvent même être recommandées si la compressibilité doit être prise en compte: Voir 8.1.1.2.	H	L	m
Perte de charge à l'aspiration	Différence entre la hauteur totale du liquide au point de mesure, ou éventuellement du liquide sans vitesse dans le bassin d'aspiration et la hauteur totale du liquide dans la section d'aspiration de la pompe.	H_{J1}	L	m
Perte de charge au refoulement	Différence entre la hauteur totale du liquide dans la section de refoulement de la pompe et la hauteur totale du liquide au point de mesure.	H_{J2}	L	m
Hauteur de charge nette absolue à l'aspiration (NPSH)	Hauteur totale de charge à l'aspiration, augmentée de la hauteur correspondant à la pression atmosphérique et diminuée de la somme de la hauteur correspondant à la tension de vapeur à la température d'aspiration et de l'altitude de la roue d'aspiration : $(\text{NPSH}) = H_1 + \frac{p_b}{\rho_1 g} - \frac{p_v}{\rho_1 g} - z_1$ NOTES 1 Pour assurer la cohérence entre les codes de classes de précision et de classes I et II industrielles, on a donné une même définition arbitraire de (NPSH). Pour calculer les valeurs de (NPSH), on prend donc la valeur de α_{a1} égale à 1 (voir coefficient d'énergie cinétique). 2 La répartition des vitesses locales peut influencer sur le (NPSH) de la pompe. Le chapitre 12 donne les limites de variation de ces vitesses locales. 3 Il est nécessaire de distinguer entre — le (NPSH) requis par une pompe donnée à un débit et une vitesse de rotation donnés; il est spécifié par le constructeur; — le (NPSH) disponible pour le même débit, qui résulte de l'installation; — la valeur du (NPSH) déterminée lors de l'essai de cavitation. Des indices peuvent être utilisés pour différencier ces grandeurs, par exemple (NPSH) _r lorsqu'il s'agit de la valeur requise par la pompe, (NPSH) _a lorsqu'il s'agit de la valeur disponible et (NPSH) _c lorsqu'il s'agit de la valeur déterminée lors de l'essai de cavitation.	(NPSH)	L	m

Tableau 1 — Liste des grandeurs (basées sur l'ISO 31)¹⁾ (fin)

Grandeur	Définition ²⁾	Symbole	Dimensions ³⁾	Unité
(NPSH) critique	Hauteur de charge nette absolue à l'aspiration associée à une chute de $[2 + (K/2)]$ % ou de la hauteur engendrée par le premier étage ou du rendement.	$(NPSH)_c$	L	m
Nombre caractéristique	Grandeur sans dimension définie par la formule suivante: $K = \frac{2\pi n (q'_V)^{1/2}}{(gH')^{3/4}} = \frac{\omega q'_V^{1/2}}{E'^{3/4}}$ où q'_V est le débit-volume par œillard et H' est la hauteur engendrée par le premier étage. Cette grandeur doit être calculée au point de meilleur rendement.	K	nombre sans dimension	
Puissance absorbée par la pompe	Puissance mécanique transmise par l'arbre de la pompe.	P	ML^2T^{-3}	W
Puissance absorbée par le groupe	Puissance fournie à l'entrée de la machine d'entraînement.	P_{gr}	ML^2T^{-3}	W
Puissance utile de la pompe	Puissance communiquée au liquide à son passage à travers la pompe: $P_u = \rho q_V g H = \rho q_V E$	P_u	ML^2T^{-3}	W
Rendement de la pompe	$\eta = \frac{P_u}{P}$	η	nombre sans dimension	
Rendement du groupe	$\eta_{gr} = \frac{P_u}{P_{gr}}$	η_{gr}	nombre sans dimension	

- 1) Les symboles utilisés pour la méthode thermodynamique figurent dans le tableau 9.
- 2) Pour éviter toute erreur d'interprétation, il a semblé souhaitable de reprendre les définitions des grandeurs et unités données dans l'ISO 31 et de les compléter par certaines précisions spécifiques de leur emploi dans la présente Norme internationale.
- 3) M = masse, L = longueur, T = temps, Θ = température.
- 4) Pour les essais de la classe de précision, employer la valeur locale de g . Dans la plupart des cas cependant, la valeur de $9,81 \text{ m/s}^2$ ne donne pas d'erreur significative. La valeur locale se calcule à l'aide de la formule

$$g = 9,780\ 3 (1 + 0,005\ 3 \sin^2\varphi) - 3 \times 10^{-6} z$$
, où φ et z sont respectivement la latitude, en degrés, et l'altitude, en mètres.
- 5) L'attention est attirée sur le fait que, dans ce cas, q_V peut, pour différentes raisons, varier le long du circuit.

Tableau 2 – Liste alphabétique des symboles

Symbole	Grandeur	Unité
A	Aire	m^2
D	Diamètre	m
e	Valeur relative de l'incertitude	—
E	Énergie massique	J/kg
f	Fréquence	Hz
g	Accélération due à la pesanteur	m/s^2
H	Hauteur énergétique totale	m
H_j	Pertes de charge exprimées en hauteur de liquide	m
k	Rugosité uniforme équivalente	m
K	Nombre caractéristique	nombre sans dimension
l	Longueur	m
m	Masse	kg
n	Vitesse de rotation	s^{-1}
(NPSH)	Hauteur de charge nette absolue à l'aspiration	m
p	Pression	Pa
P	Puissance	W
q_m	Débit-masse	kg/s
q_v	Débit-volume	m^3/s
Re	Nombre de Reynolds	nombre sans dimension
t	Temps	s
U	Vitesse moyenne	m/s
v	Vitesse locale	m/s
V	Volume	m^3
z	Altitude par rapport au plan de référence	m
α	Coefficient d'énergie cinétique	nombre sans dimension
η	Rendement	nombre sans dimension
θ	Température	$^{\circ}C$
λ	Coefficient universel de perte de charge	nombre sans dimension
ν	Viscosité cinématique	m^2/s
ρ	Masse volumique	kg/m^3
ω	Vitesse angulaire	rad/s

NOTE — Voir aussi chapitre 11.

Tableau 3 — Liste des lettres et chiffres utilisés comme indices

Indice	Désignation
1	aspiration
2	refoulement
a	disponible
ac	acoustique
b	atmosphérique
c	critique
d	chute
e	effectif
f	établi
gr	groupe (global)
H	hauteur énergétique totale
int	intermédiaire
M	manométrique
m	masse
mot	moteur
P	puissance absorbée par la pompe
p	pompe
r	requis
s	ouïe
sp	spécifié
t	total
T	transposé
u	utile
V	volume
v	vapeur: (pression)
vis	visible
η	rendement

a) à moins que les propriétés chimiques et physiques du liquide ne soient fixées, les points spécifiés correspondent à de l'eau propre froide (voir tableau 4);

Tableau 4 — Caractéristiques de l'eau «propre et froide»

Caractéristique	Unité	max.
Température	°C	40
Viscosité cinématique	m ² /s	1,5 × 10 ⁻⁶
Masse volumique	kg/m ³	1050
Teneur en solides non absorbants en suspension	kg/m ³	2,5
Teneur en solides dissous	kg/m ³	50

b) la relation entre les valeurs spécifiées pour l'eau propre et froide et les valeurs obtenues pour d'autres liquides doit être convenue dans le contrat;

c) les valeurs spécifiées ne s'appliquent qu'à la pompe essayée par les méthodes et dans les conditions d'essai indiquées dans la présente Norme internationale.

6 Caractéristiques générales des essais
6.1 Organisation des essais

6.1.1 Lieu des essais

Les essais de fonctionnement doivent être effectués soit chez le constructeur, soit en un emplacement décidé d'un commun accord entre le constructeur et l'acheteur.

L'acheteur et le constructeur ont tous deux le droit de se faire représenter à tous les essais et étalonnages, de manière à vérifier que ces opérations sont réalisées conformément à la présente Norme internationale et aux accords pris antérieurement.

6.1.2 Moment des essais

Le moment des essais doit être décidé par accord mutuel entre le constructeur et l'acheteur.

6.1.3 Personnel d'essai

La précision de mesurage ne dépend pas seulement de la qualité des instruments de mesurage utilisés, mais également de la compétence et de l'habileté des personnes chargées du fonctionnement et de la lecture des appareils de mesurage pendant les essais. Le personnel chargé d'effectuer les mesurages doit être choisi avec autant de soin que les instruments à utiliser pour l'essai.

Un chef des essais possédant une expérience convenable des opérations de mesurage doit être nommé. Normalement, lorsque les essais sont faits chez le constructeur, le chef des essais est un membre du personnel du constructeur.

5 Régime spécifié

5.1 Spécification principale

Une ou plusieurs des grandeurs suivantes peuvent être spécifiées par le constructeur dans les conditions et à la vitesse de rotation indiquées dans le contrat:

- a) hauteur totale d'élévation de la pompe, H_{sp} , au débit convenu, q_{Vsp} , ou débit de la pompe, q_{Vsp} , à la hauteur totale convenue, H_{sp} ;
- b) puissance absorbée ou rendement de la pompe ou du groupe moto-pompe au point spécifié q_{Vsp} , H_{sp} ;
- c) NPSH requis par la pompe au débit convenu q_{Vsp} dans des conditions de cavitation spécifiées définies par exemple en 12.1.3.2;
- d) d'autres points de la courbe $H(q_v)$ peuvent être indiqués en spécifiant, soit la hauteur totale à un débit supérieur ou inférieur, soit le débit à une hauteur totale supérieure ou inférieure.

5.2 Autres spécifications

Sauf convention contraire lors du contrat, les valeurs spécifiées sont valables dans les conditions suivantes :

Toutes les personnes chargées d'effectuer les mesurages, pendant les essais, sont sous les ordres du chef des essais. Ce dernier dirige et supervise les mesurages puis consigne dans le procès-verbal les conditions, ainsi que les résultats d'essai. Toutes les questions soulevées à propos des mesurages et de leur exécution sont soumises à sa décision.

Les parties concernées doivent fournir toute l'assistance nécessaire au chef des essais.

6.1.4 État de la pompe

Lorsque les essais ne sont pas réalisés chez le constructeur, celui-ci et l'installateur doivent être autorisés à effectuer des réglages préliminaires.

6.1.5 Programme d'essais

Seule la détermination des caractéristiques spécifiées doit être le but des essais; les autres caractéristiques mesurées pendant les essais ne doivent avoir qu'une valeur essentiellement indicative, et cela doit bien être précisé si elles figurent dans le programme d'essais.

6.1.6 Appareillage d'essai

Les appareils de mesurage et d'enregistrement nécessaires doivent être spécifiés au moment même où l'on décide de la méthode de mesurage.

Le chef des essais est responsable de la vérification de l'installation correcte de l'appareillage et de son bon fonctionnement.

Tous les appareils de mesurage doivent faire l'objet d'un rapport certifiant, par étalonnage ou par référence à d'autres Normes internationales, qu'ils sont conformes aux exigences de 6.4. Ces rapports doivent être présentés sur demande.

Les instruments de mesure utilisés doivent être en cours de validité d'étalonnage. Les étalonnages périodiques sont effectués par un organisme habilité.

Au cours des essais de la pompe, les indications des divers instruments doivent être comparées entre elles afin de vérifier que ceux-ci conservent leur étalonnage. Généralement, après un essai in situ ou en cas de litige, un étalonnage doit être effectué aussitôt que possible.

6.1.7 Procès-verbal d'essai

Après examen minutieux, les résultats d'essai doivent être consignés dans un procès-verbal signé par le chef des essais seul, ou par lui et les représentants de l'acheteur et du constructeur.

Toutes les parties prenantes au contrat doivent recevoir copie du procès-verbal d'essai, cette condition étant considérée comme essentielle pour l'accomplissement du contrat.

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) lieu et date des essais de fonctionnement;
- b) nom du constructeur, type de la pompe, numéro de série et si possible l'année de construction;

- c) caractéristiques spécifiées, conditions de fonctionnement pendant l'essai;
- d) indication du type d'entraînement de la pompe;
- e) description du mode opératoire et de l'appareillage de mesure utilisé, avec ses données d'étalonnage;
- f) valeurs relevées;
- g) évaluation et analyse des résultats d'essai avec calcul des incertitudes de mesure selon 6.4, 6.5 et l'annexe A;
- h) conclusion : comparaison des résultats d'essai aux points spécifiés (voir annexe B).

Tous les relevés et les enregistrements d'essai doivent être visés par le chef des essais et par les représentants de l'acheteur et du constructeur, chacun d'eux pouvant disposer d'un exemplaire de ces relevés.

L'évaluation des résultats d'essai doit être effectuée autant que possible pendant le déroulement des essais et, de toute manière, avant que l'installation et l'instrumentation ne soient démontées, de façon à pouvoir répéter sans retard les mesurages qui paraissent suspects.

6.2 Installations d'essai

Le fonctionnement d'une pompe dans une installation d'essai donnée, même mesuré avec précision, ne peut prétendre à refléter de façon aussi exacte le fonctionnement de cette même pompe dans une autre installation.

De plus, les conditions permettant les mesurages les plus précis ne sont pas nécessairement celles dans lesquelles la pompe fonctionne de la manière la plus satisfaisante ni celles dans lesquelles l'utilisateur peut être finalement amené à l'utiliser.

La présente Norme internationale définit donc les conditions nécessaires à la mesure la plus précise possible des caractéristiques de fonctionnement et examine les erreurs que pourrait provoquer tout écart par rapport à ces conditions, afin que les parties intéressées puissent définir l'installation d'essai la mieux adaptée aux circonstances.

Les chapitres 7 et 8 donnent des recommandations et des indications générales sur les montages de tuyauteries à effectuer en amont de l'appareil de mesurage. Si nécessaire, ils sont à utiliser en liaison avec les Normes internationales traitant des différentes méthodes de mesure des débits en conduites fermées.

6.2.1 Installations d'essai normalisées

La mesure la plus exacte de la hauteur de charge s'obtient lorsque l'écoulement dans la section de mesurage présente

- a) une répartition axisymétrique des vitesses;
- b) une répartition uniforme de la pression statique;
- c) une absence de rotation due à l'installation.

La structure complète de l'écoulement aux sections de mesurage, tant au refoulement qu'à l'aspiration, peut dépendre de la pompe comme de la géométrie de l'installation.