
**Transmissions hydrauliques —
Pompes, moteurs et variateurs
volumétriques — Méthodes d'essai
et de présentation des données de
base du fonctionnement en régime
permanent**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Hydraulic fluid power — Positive-displacement pumps, motors and
integral transmissions — Methods of testing and presenting basic
steady state performance*

[ISO 4409:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-
bc0082d07b19/iso-4409-2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 4409:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Avant-propos | iv |
| Introduction | v |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 1 |
| 3 Termes et définitions | 1 |
| 4 Symboles et unités | 1 |
| 5 Essais | 2 |
| 5.1 Exigences..... | 2 |
| 5.1.1 Généralités..... | 2 |
| 5.1.2 Installation de l'unité à soumettre à essai..... | 3 |
| 5.1.3 Fluides d'essai..... | 3 |
| 5.1.4 Températures..... | 3 |
| 5.1.5 Pression dans le carter..... | 4 |
| 5.1.6 Régime permanent..... | 4 |
| 5.1.7 Pression d'entrée de la pompe..... | 4 |
| 5.2 Essais de pompes..... | 5 |
| 5.2.1 Circuits d'essai..... | 5 |
| 5.2.2 Pression d'entrée..... | 6 |
| 5.2.3 Mesurages..... | 6 |
| 5.2.4 Cylindrée variable..... | 6 |
| 5.2.5 Débit réversible..... | 7 |
| 5.2.6 Pompes de gavage non incorporées..... | 7 |
| 5.2.7 Pompe de gavage incorporée à débit total..... | 7 |
| 5.2.8 Pompe de gavage incorporée à débit secondaire..... | 7 |
| 5.3 Essais des moteurs..... | 7 |
| 5.3.1 Circuit d'essai..... | 7 |
| 5.3.2 Pression de sortie..... | 8 |
| 5.3.3 Mesurages..... | 8 |
| 5.3.4 Cylindrée variable..... | 8 |
| 5.3.5 Rotation réversible..... | 9 |
| 5.4 Essais des variateurs..... | 9 |
| 5.4.1 Circuit d'essai..... | 9 |
| 5.4.2 Mesurages..... | 9 |
| 5.4.3 Pompes de gavage..... | 10 |
| 5.4.4 Rotation réversible..... | 10 |
| 6 Expression des résultats | 10 |
| 6.1 Généralités..... | 10 |
| 6.2 Essais des pompes..... | 10 |
| 6.2.1 Pompes soumises à essai à une seule fréquence de rotation constante..... | 10 |
| 6.2.2 Pompes soumises à essai à différentes fréquences de rotation constantes..... | 11 |
| 6.3 Essais des moteurs..... | 12 |
| 6.4 Essais des variateurs..... | 12 |
| 7 Phrase d'identification | 13 |
| Annexe A (normative) Erreurs et classes d'exactitude de mesure | 14 |
| Annexe B (informative) Récapitulatif avant essai | 16 |
| Annexe C (informative) Format proposé pour rapporter des données d'essai | 18 |
| Bibliographie | 27 |

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 8, *Essais des produits*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 4409:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principaux changements par rapport à la version précédente sont:

- Dans [l'Article 2](#), les références normatives ont été mises à jour et révisées afin de refléter les modifications apportées au présent document.
- Dans [l'Article 3](#), les termes et définitions ont été mis à jour et leurs références corrigées afin de correspondre aux normes ISO existantes.
- Dans [l'Article 4](#) fait désormais référence à la norme pertinente pour les symboles et unités, et le tableau correspondant a été révisé pour que les symboles et unités soient affichés correctement.
- La description générale dans [l'Article 5](#) a été révisée afin d'inclure différents types de conduits. Un tableau regroupant les recommandations pour les fluides d'essai à utiliser a été ajouté, et les schémas de circuit ont été révisés pour correction technique.
- Dans [l'Article 6](#), l'expression des résultats proposée a été mise à jour pour inclure des valeurs importantes obtenues à partir des données collectées lors des essais.
- La Bibliographie a été mise à jour.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse <http://www.iso.org/fr/members.html>.

Introduction

Dans les systèmes de transmissions hydrauliques, l'énergie est transmise et commandée par l'intermédiaire d'un liquide sous pression circulant en circuit fermé. Les pompes sont des composants destinés à transformer une énergie mécanique rotative en énergie hydraulique. Les moteurs sont des composants transformant l'énergie hydraulique en énergie mécanique rotative. Les variateurs sont des appareils combinant une ou plusieurs pompes avec un ou plusieurs moteurs et des commandes appropriées en une seule unité.

À quelques très rares exceptions près, toutes les pompes et tous les moteurs pour transmissions hydrauliques sont du type volumétrique, c'est-à-dire qu'ils possèdent des moyens d'étanchéisation interne leur permettant de maintenir un rapport relativement constant entre la vitesse de rotation et le débit du liquide sur de larges gammes de pressions. Ils comportent en général des engrenages, des palettes ou des pistons. Les composants non volumétriques, du type centrifuge ou à turbines, sont rarement associés aux systèmes de transmissions hydrauliques.

Les pompes et les moteurs peuvent être à cylindrée fixe ou variable. Les appareils à cylindrée fixe ont des géométries internes prédéfinies garantissant le passage d'un volume de liquide relativement constant par tour d'arbre. Les appareils à cylindrée variable comportent des dispositifs permettant de modifier la géométrie interne, ce qui fait varier le volume de liquide passant dans le composant par tour d'arbre de celui-ci.

Le présent document a pour objet d'unifier les méthodes d'essai des pompes, moteurs et variateurs volumétriques pour transmissions hydrauliques permettant la comparaison des caractéristiques de fonctionnement des divers composants.

ITeH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

[ISO 4409:2019](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4409:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019>

Transmissions hydrauliques — Pompes, moteurs et variateurs volumétriques — Méthodes d'essai et de présentation des données de base du fonctionnement en régime permanent

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les méthodes pour déterminer le fonctionnement et le rendement des pompes, moteurs et variateurs volumétriques pour transmissions hydrauliques. Elle s'applique aux composants ayant un arbre en rotation continue.

Le présent document définit les exigences relatives aux installations d'essai, aux modes opératoires en régime permanent et à la présentation des résultats d'essai.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

(standards.iteh.ai)

ISO 1219-1, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Symboles graphiques et schémas de circuit — Partie 1: Symboles graphiques en emploi conventionnel et informatisé*

ISO 4391, *Transmissions hydrauliques — Pompes, moteurs et variateurs — Définitions des grandeurs et lettres utilisées comme symboles*

ISO 5598, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Vocabulaire*

ISO 9110-1, *Transmissions hydrauliques — Techniques de mesurage — Partie 1: Principes généraux de mesurage*

ISO 9110-2, *Transmissions hydrauliques — Techniques de mesurage — Partie 2: Mesurage de la pression moyenne dans un conduit fermé en régime permanent*

ISO 11631, *Mesure de débit des fluides — Méthodes de spécification des performances des débitmètres*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 4391 et l'ISO 5598 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à <http://www.electropedia.org/>

4 Symboles et unités

Les symboles et indices listés dans le [Tableau 1](#) sont tels que spécifiés dans l'ISO 4391. Les unités telles qu'indiquées dans le [Tableau 1](#) sont en conformité avec l'ISO 80000-1 et l'ISO 80000-4.

Les lettres et chiffres doivent tous être utilisés en indices des symboles indiqués dans le [Tableau 1](#), tel que spécifié dans l'ISO 4391. Les symboles graphiques utilisés dans les [Figures 1](#), [2](#), [3](#) et [4](#) doivent être utilisés conformément à l'ISO 1219-1.

Tableau 1 — Symboles et unités

| Description | Symbole | Unité |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| Débit-volume | q_V | $m^3 s^{-1}$ |
| Cylindrée calculée | V_i | $m^3 r^{-1}$ |
| Fréquence de rotation | n | s^{-1} |
| Moment du couple | T | N·m |
| Pression | p | Pa ^a |
| Puissance | P | W |
| Masse volumique | ρ | $kg m^{-3}$ |
| Module de compressibilité volumique sécant isothermique | K_T | Pa ^a |
| Viscosité cinématique | ν | $m^2 s^{-1b}$ |
| Température | θ | K |
| Coefficient de dilatation thermique volumique | α | K^{-1} |
| Rendement total ^c | η_τ | — |
| Rendement volumétrique | η_v | — |
| Rapport de fréquence de rotation | Z | — |
| ^a 1 Pa = 1 N/m ² . ^b 1 cSt = 1 mm ² s ⁻¹ . ^c Le rendement peut également être exprimé en pourcentage. | | |

NOTE Lorsqu'il n'y a pas de risque d'ambiguïté (c'est-à-dire en cas d'essai réalisé sur une pompe ou un moteur), les exposants «P», «M» et «T» précisant que la mesure concerne respectivement une pompe, un moteur ou un variateur, peuvent être omis.

5 Essais

5.1 Exigences

5.1.1 Généralités

Les installations doivent être conçues de manière à empêcher toute introduction d'air en cours de fonctionnement et des mesures doivent être prises afin d'éliminer tout air libre du système avant essai.

L'unité soumise à essai doit être installée et mise en service dans le circuit d'essai selon les instructions du constructeur; voir également l'[Annexe B](#).

La température ambiante dans la zone d'essai doit être consignée.

Un filtre doit être installé dans le circuit d'essai afin de garantir le niveau de propreté du fluide spécifié par le constructeur de l'unité soumise à essai. La position, le nombre et la description spécifique de chaque filtre utilisé dans le circuit d'essai doivent être consignés.

Lorsque des mesurages de pression sont effectués dans une tuyauterie, les exigences de l'ISO 9110-1 et de l'ISO 9110-2 doivent être satisfaites.

Lorsque des mesurages de débit sont effectués, les exigences de l'ISO 11631 doivent être satisfaites.

Lorsque les mesurages de température sont effectués dans une tuyauterie, la prise de température doit être positionnée à une distance comprise entre deux et quatre fois le diamètre interne de la tuyauterie des prises de pression dans la direction opposée au composant considéré.

Les [Figures 1, 2, 3 et 4](#) illustrent des circuits de base qui n'incorporent pas tous les dispositifs de sécurité nécessaires à la protection en cas de fêlure ou de fragmentation d'un composant quelconque. Il est important que les personnes responsables de la conduite des essais veillent soigneusement à la sécurité du personnel et de l'équipement.

NOTE Un mode opératoire de «rodage» avant les essais peut avoir un effet positif sur leurs résultats.

5.1.2 Installation de l'unité à soumettre à essai

L'unité à soumettre à essai dans le circuit doit être conforme aux indications de la Figure 1, 2, 3 ou 4 applicable.

5.1.3 Fluides d'essai

Les propriétés des fluides hydrauliques peuvent affecter la performance des pompes et moteurs. Tout fluide peut être utilisé pour l'essai, si les parties concernées sont d'accord, mais ses caractéristiques doivent être clairement définies, conformément aux propriétés listées dans le [Tableau 2](#). Pour comparer le même composant, un fluide identique doit être utilisé.

Tableau 2 — Spécification du fluide d'essai

| Propriété | Norme | Exigence | |
|------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Classe de viscosité | ISO 3448 | ISO VG 32 | ISO VG 46 |
| Classification du fluide | ISO 6743-4 | HM | |
| Spécification du fluide | ISO 11158 | (Tableau 3, ISO 11158) | |
| Contraintes supplémentaires | | | |
| Densité, g/cc | ISO 3675 | 860 à 880 | |
| Indice de viscosité | ISO 2909 | 95 à 115 | |
| Modification de la viscosité | N/A | L'utilisation de modificateurs de viscosité supplémentaires est interdite. | |
| Modification de la friction | N/A | L'utilisation de modificateurs de friction supplémentaires est interdite. | |

5.1.4 Températures

5.1.4.1 Température pré-réglée

Les essais doivent être effectués à une température déclarée du fluide. La température du fluide d'essai doit être mesurée au niveau de l'orifice d'entrée de l'unité soumise à essai et se situer dans les limites de la gamme de températures recommandée par le fabricant. Il est recommandé que les mesurages soient réalisés à deux niveaux de températures, 50 °C et 80 °C.

La température du fluide d'essai doit être maintenue dans les limites déclarées dans le [Tableau 3](#).

Tableau 3 — Tolérances de la température déclarée du fluide d'essai

| Classe d'exactitude de mesure (voir Annexe A) | A | B | C |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|
| Tolérances de température (°C) | ±1,0 | ±2,0 | ±4,0 |

5.1.4.2 Autres températures

La température du fluide peut être relevée aux points suivants:

- à l'orifice de sortie de l'unité soumise à essai;
- au point de mesure du débit dans le circuit d'essai;
- dans la canalisation du fluide de drainage (le cas échéant).

Pour un variateur, il est possible que les températures requises ne soient pas toutes mesurables. Les températures non relevées doivent être signalées dans le rapport d'essai.

5.1.5 Pression dans le carter

Si la pression du fluide dans le carter du composant soumis à essai peut affecter ses performances, la valeur de la pression du fluide dans le carter doit être maintenue et enregistrée.

5.1.6 Régime permanent

Chaque série de mesures relevées pour une valeur particulière d'un paramètre donné ne doit être enregistrée que si la valeur indiquée du paramètre contrôlé est dans les limites données dans le [Tableau 4](#). Si plusieurs lectures d'une variable sont enregistrées, la valeur moyenne doit être documentée lorsque le paramètre mesuré est dans les limites d'utilisation. La période de temps maximale suggérée pour acquérir chaque lecture est de 10 s avec un taux minimal d'acquisition de données de 1 000 Hz. Il convient que de telles lectures incluent les conditions de cylindrée nulle et de fonctionnement au ralenti.

Les paramètres d'essai sont considérés comme stabilisés lorsqu'ils sont dans les limites du [Tableau 4](#).

Tableau 4 — Variation admissible des valeurs moyennes indiquées pour des paramètres contrôlés

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019>

| Paramètres | Variations admissibles pour les classes d'exactitude de mesure ^a | | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | (voir Annexe A) | | |
| | A | B | C |
| Fréquence de rotation, % | ±0,5 | ±1,0 | ±2,0 |
| Moment du couple, % | ±0,5 | ±1,0 | ±2,0 |
| Débit-volume, % | ±0,5 | ±1,5 | ±2,5 |
| Pression, Pa ($p_e < 2 \times 10^5$ Pa) ^b | $\pm 1 \times 10^3$ | $\pm 3 \times 10^3$ | $\pm 5 \times 10^3$ |
| Pression, % ($p_e \geq 2 \times 10^5$ Pa) | ±0,5 | ±1,5 | ±2,5 |

^a Les variations admissibles indiquées dans ce tableau concernent les écarts par rapport à la mesure indiquée par l'instrument et non pas les limites d'erreur de mesure de l'instrument, voir [Annexe A](#). Ces écarts servent d'indicateurs de régime permanent et sont également utilisés pour présenter les résultats obtenus pour un paramètre de valeur fixe sous forme graphique. Il convient d'utiliser la valeur réelle indiquée dans tous les calculs ultérieurs de puissance, d'efficacité ou de perte d'énergie.

^b 1 Pa = 1 N/m².

5.1.7 Pression d'entrée de la pompe

Il convient que la pression d'entrée de la pompe ne soit pas supérieure à 25 000 Pa (0,25 bar ou 3,6 psi). Sauf exigence contraire, la pression d'entrée de la pompe au niveau du raccord d'entrée doit être maintenue à 3 386 Pa (0,034 bar ou 0,49 psi) de la pression atmosphérique à la cylindrée maximale et à la vitesse nominale de la pompe. Cela peut être contrôlé par le niveau du réservoir de fluide et/ou la pression du réservoir. Il est possible que la pression d'entrée augmente lorsque la cylindrée variable de

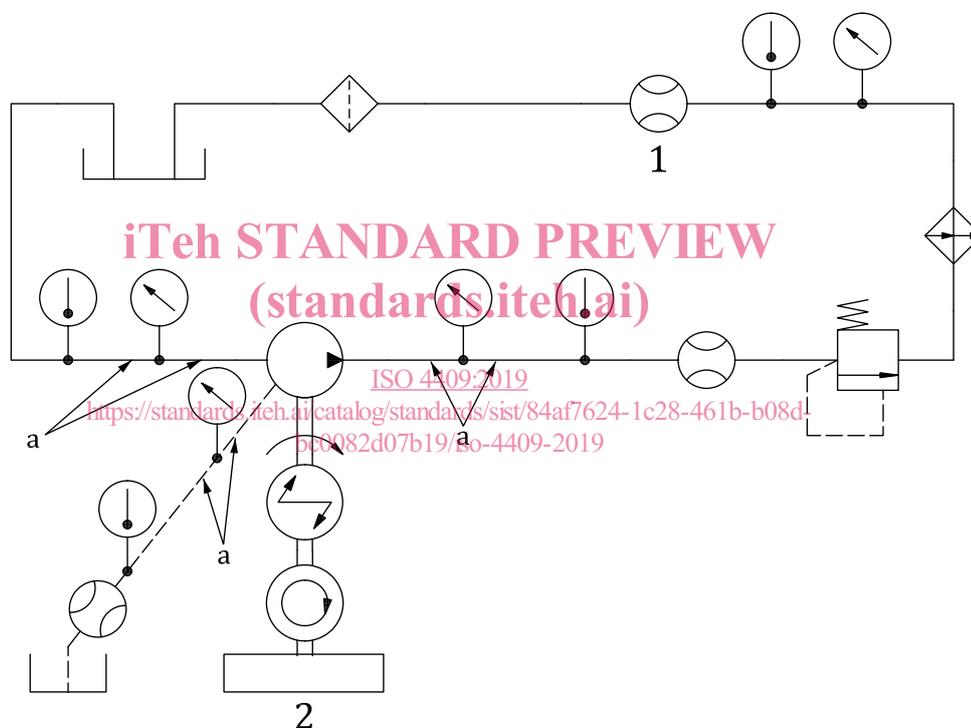
la pompe diminue. Un robinet d'isolement peut être installé à au moins 20 diamètres internes en amont de la pompe, dans la canalisation d'entrée.

5.2 Essais de pompes

5.2.1 Circuits d'essai

5.2.1.1 Essais en circuits ouverts

Un circuit d'essai configuré conformément à la [Figure 1](#) et comprenant au moins les composants indiqués dans cette figure doit être utilisé. Lorsque des conditions de pression déterminées sont requises à l'entrée, un moyen approprié doit être prévu afin de maintenir la pression d'entrée dans les limites spécifiées (voir [5.2.2](#)). Si une variante de position est utilisée pour le capteur de débit, prendre la pression p et la température θ mesurées au point 1 pour les calculs en utilisant la formule et les symboles correspondants listés dans l'ISO 4391:1983, Référence 10.18. Les débits, pression et température mesurés lors du drainage ne sont pas utilisés dans cette formule.



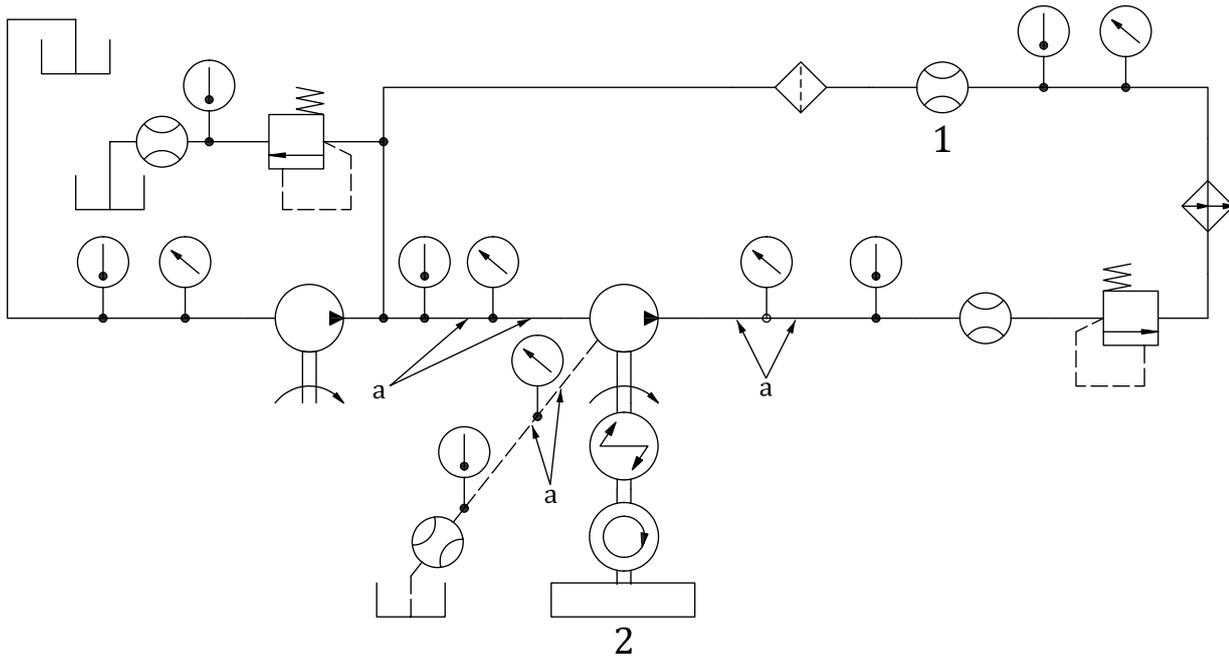
Légende

- 1 variante de position
- 2 entraînement
- ^a Pour les longueurs de tuyauteries, voir [5.1.1](#).

Figure 1 — Circuit d'essai pour pompe (circuit ouvert)

5.2.1.2 Essais en circuit fermé

Un circuit d'essai configuré conformément à la [Figure 2](#) et contenant au moins les composants indiqués dans cette figure doit être utilisé. Dans ce circuit, la pompe de gavage délivre un débit légèrement supérieur aux pertes totales du circuit. Un débit plus important peut être prévu pour des besoins de refroidissement. Si une variante de position pour le capteur de débit est utilisée, prendre la pression p et la température θ mesurées au point 1 pour les calculs en utilisant la formule correspondante dans l'ISO 4391:1983, Référence 10.18. Les débits, pression et température mesurés lors du drainage ne sont pas utilisés dans la formule.



Légende

- 1 variante de position
- 2 entraînement
- a Pour les longueurs de tuyauteries, voir 5.1.1.

Figure 2 — Circuit d'essai pour pompe (circuit fermé)

ISO 4409:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/84af7624-1c28-461b-b08d-bc0082d07b19/iso-4409-2019>

5.2.2 Pression d'entrée

Pendant chaque essai, maintenir la pression d'entrée constante (voir [Tableau 4](#)) à une valeur déclarée dans la plage admissible des pressions d'entrée spécifiées par le fabricant. Si nécessaire, réaliser les essais à des pressions d'entrée différentes.

5.2.3 Mesurages

Consigner les mesures suivantes

- a) moment du couple à l'entrée;
- b) débit de sortie;
- c) débit de drainage (le cas échéant);
- d) température du fluide.

Cela à une fréquence de rotation constante (voir [Tableau 4](#)) et pour un nombre de valeurs de pressions de sortie représentatives du fonctionnement de la pompe sur toute la plage des pressions de sortie.

Répéter les mesurages spécifiés de [5.2.3](#) a) à d) à d'autres fréquences de rotation afin d'obtenir une indication représentative des performances de la pompe sur toute la plage des fréquences de rotation.

5.2.4 Cylindrée variable

Lorsque la pompe est à cylindrée variable, effectuer des essais complets au réglage maximal de cylindrée et également à tous les autres réglages requis (par exemple à 75 %, 50 %, et 25 % de la cylindrée de réglage maximale). Pour les unités à cylindrée variable, cet essai exige de surveiller et d'enregistrer la position de l'actionneur de cylindrée afin de s'assurer de son immobilité pendant l'essai. Si une unité de