
Réceptacles cryogéniques — Pompes pour service cryogénique

Cryogenic vessels — Pumps for cryogenic service

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 24490:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544-f14d-45fe-ad3f-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544-f14d-45fe-ad3f-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 24490:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544-f14d-45fe-ad3f-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Exigences relatives aux pompes	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Matériaux.....	2
4.2.1 Généralités.....	2
4.2.2 Propriétés mécaniques à basse température.....	3
4.2.3 Résistance à la corrosion.....	3
4.2.4 Compatibilité avec l'oxygène et les fluides oxydants.....	3
4.2.5 Compatibilité avec l'hydrogène.....	4
4.3 Conception.....	4
4.3.1 Éléments sous pression.....	4
4.3.2 Fonctionnement.....	4
4.3.3 Jeux.....	4
4.3.4 Prévention des frottements.....	4
4.3.5 Éléments de fixation.....	4
4.3.6 Paliers fonctionnant à chaud.....	5
4.3.7 Paliers fonctionnant à froid.....	5
4.3.8 Lubrification des paliers.....	5
4.3.9 Dispositifs d'étanchéité de l'arbre.....	5
4.3.10 Purge.....	6
4.3.11 Prévention de la contamination particulaire.....	6
4.3.12 Exigence spécifique relative aux liquides inflammables.....	6
4.3.13 Protection contre les surpressions.....	6
4.3.14 Moteurs de pompe.....	6
5 Modes opératoires d'essai	7
5.1 Essais de prototype.....	7
5.1.1 Généralités.....	7
5.1.2 Évaluation de la conception.....	7
5.1.3 Évaluation du fonctionnement.....	7
5.1.4 Essais initiaux.....	7
5.1.5 Essais cryogéniques.....	7
5.2 Essais de production.....	8
5.2.1 Généralités.....	8
5.2.2 Épreuve hydraulique.....	8
5.2.3 Essai de fonctionnement mécanique et de performance.....	8
6 Propreté	9
7 Marquage	9
Annexe A (informative) Préconisations concernant la conception des installations	10
Annexe B (informative) Matériaux de construction acceptables pour les pompes centrifuges à oxygène liquide	12
Bibliographie	16

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 appelée 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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544-114d-451e-ad5f-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 220, *Réceptacles cryogéniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 24490:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Réceptacles cryogéniques — Pompes pour service cryogénique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences minimales en matière de conception, de fabrication et d'essais des pompes pour service cryogénique.

La présente Norme internationale s'applique aux pompes centrifuges. Le cas échéant, elle peut toutefois être appliquée à d'autres types de pompes cryogéniques (pompes à piston, par exemple).

La présente Norme internationale donne également des préconisations pour la conception des installations (voir l'[Annexe A](#)).

Elle ne spécifie aucune exigence relative au fonctionnement ou à la maintenance.

NOTE Pour les fluides cryogéniques, voir l'ISO 21029-1, l'ISO 20421-1 et/ou l'ISO 21009-1.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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).

ISO 5198, *Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices — Code d'essais de fonctionnement hydraulique — Classe de précision.* ISO 24490:2016
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544/f14d-451c-ad31-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016

ISO 21010, *Réceptacles cryogéniques — Compatibilité gaz/matériaux.*

ISO 21028-1, *Réceptacles cryogéniques — Exigences de ténacité pour les matériaux à température cryogénique — Partie 1: Températures inférieures à -80 °C.*

ISO 21028-2, *Réceptacles cryogéniques — Exigences de ténacité pour les matériaux à température cryogénique — Partie 2: Températures comprises entre -80 °C et -20 °C.*

ISO 23208, *Réceptacles cryogéniques — Propreté en service cryogénique.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

diamètre nominal

DN

désignation alphanumérique de dimension pour les composants d'un réseau de tuyauteries, utilisée à des fins de référence

Note 1 à l'article: Elle comprend les lettres DN suivies par un nombre entier sans dimension qui est indirectement relié aux dimensions réelles, en millimètres, de l'alésage ou du diamètre extérieur des raccords d'extrémité.

Note 2 à l'article: Le nombre suivant les lettres DN ne représente pas une valeur mesurable, et il ne doit pas être utilisé à des fins de calcul, sauf si cela est spécifié dans la norme appropriée.

Note 3 à l'article: Dans les normes qui utilisent le système de désignation par DN, toute relation entre le DN et les dimensions du composant est donnée, par exemple DN/DE ou DN/DI.

[SOURCE: ISO 6708:1995, 2.1, modifiée]

3.2

pression nominale

PN

désignation alphanumérique utilisée à des fins de référence, liée à un ensemble combiné de caractéristiques mécaniques et dimensionnelles d'un composant d'un réseau de tuyauteries

Note 1 à l'article: Elle comprend les lettres PN suivies par un nombre entier sans dimension au moins égal à la pression maximale admissible, en bar.

Note 2 à l'article: Quand il s'agit d'une pompe, la pression nominale peut être différente côté aspiration et côté refoulement.

Note 3 à l'article: En Europe, la pression nominale est égale à la pression pour laquelle l'équipement est conçu (PS), telle que définie dans la directive Équipements sous pression (2014/68/UE).

3.3

température minimale spécifiée

plus basse température de fonctionnement spécifiée pour la pompe

3.4

point de fonctionnement

point de fonctionnement défini par la pression ou la hauteur et le débit volumique ou massique

3.5

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 là où l'essai est réalisé et diminuée de la somme de la hauteur correspondant à la tension de vapeur du liquide pompé à la température d'aspiration et de la hauteur de la roue d'aspiration

Note 1 à l'article: Voir également l'ISO 5198:1987, Tableau 1.

4 Exigences relatives aux pompes

4.1 Généralités

Les pompes centrifuges cryogéniques doivent être conformes aux normes génériques appropriées. Les normes génériques appropriées doivent être examinées en fonction des conditions particulières et des réglementations applicables; il convient qu'elles fassent l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE L'ISO 5199, l'ISO 13709 (ANSI/API 610) ou l'EN 809 sont des exemples de normes couramment utilisées.

En cas de conflit, les exigences de la présente Norme internationale doivent prévaloir sur les normes génériques.

4.2 Matériaux

4.2.1 Généralités

Les matériaux de construction doivent être choisis en tenant compte du fait que les pompes cryogéniques fonctionnent à basse température, dans des environnements souvent humides, et parfois avec de l'oxygène liquide ou des fluides inflammables.

Les exigences minimales indiquées en [4.2.2](#), [4.2.3](#) et [4.2.4](#) doivent s'appliquer.

4.2.2 Propriétés mécaniques à basse température

Les matériaux métalliques sur lesquels s'exercent des contraintes à basse température et qui présentent une transition ductile-fragile (tels que les aciers ferritiques) doivent posséder des valeurs minimales de ténacité conformes à l'ISO 21028-1 ou l'ISO 21028-2, selon le cas.

Il n'est pas exigé de soumettre à un essai de choc les matériaux métalliques dont il est possible de montrer qu'ils ne présentent pas de transition ductile-fragile.

Les matériaux non métalliques sont généralement employés uniquement pour les dispositifs d'étanchéité ou les barrières thermiques. Si de tels matériaux doivent être utilisés pour des éléments structuraux, il doit être démontré que ces matériaux présentent des niveaux de contrainte et des valeurs de résistance aux chocs acceptables pour l'utilisation prévue.

4.2.3 Résistance à la corrosion

Il convient que les matériaux soient résistants à la corrosion atmosphérique ou qu'ils en soient protégés. Lorsque cela s'avère impossible dans la pratique, une tolérance appropriée à la corrosion doit être envisagée.

4.2.4 Compatibilité avec l'oxygène et les fluides oxydants

Si la température de fonctionnement minimale spécifiée est inférieure ou égale au point d'ébullition de l'air, ou si la pompe est destinée à fonctionner en oxygène, les matériaux entrant en contact ou susceptibles d'entrer en contact avec l'oxygène ou l'air enrichi en oxygène doivent être compatibles avec l'oxygène, conformément à l'ISO 21010.

Si la pompe est utilisée pour pomper des fluides cryogéniques oxydants, par exemple du protoxyde d'azote, il convient de tenir compte des exigences de compatibilité avec l'oxygène.

Dans le cas du protoxyde d'azote, le risque de décomposition doit également être pris en compte.

Il convient de choisir des matériaux qui réduisent au minimum le risque d'inflammation et n'entretiennent pas la combustion.

Les matériaux appropriés sont caractérisés par:

- une température d'inflammation élevée;
- une conductivité thermique élevée; et
- une chaleur de combustion faible.

Le [Tableau B.1](#) dresse une liste de matériaux dont les essais et l'expérience d'utilisation ont montré qu'ils étaient particulièrement adaptés aux pompes centrifuges cryogéniques destinées à fonctionner en oxygène. D'autres matériaux que ceux indiqués au [Tableau B.1](#) peuvent être employés, mais ce choix doit être justifié par des essais spécifiques ou une expérience sur le long terme pour cette application.

S'agissant de (toutes les) pièces de la pompe en contact ou susceptibles d'entrer en contact avec l'oxygène, et qui pourraient être exposées à des sources d'énergie telles qu'un frottement, l'aluminium et les alliages d'aluminium, notamment les bronzes d'aluminium contenant plus de 2,5 % d'aluminium, ne doivent pas être utilisés. L'utilisation de l'aluminium ou d'un alliage d'aluminium pour toute autre pièce ne doit être décidée qu'après une étude approfondie.

L'acier inoxydable ne doit pas être utilisé pour les composants minces apparents. Les exceptions autorisées sont les soufflets d'étanchéité, les cales non amovibles ou les joints, ainsi que les dispositifs d'arrêt des vis des pièces fixes, pour lesquels l'expérience a montré qu'il est possible d'obtenir des

performances satisfaisantes. Il convient toutefois d'envisager d'autres matériaux adaptés, comme le nickel ou les alliages de nickel tels que le Monel^{®1)} et l'Inconel^{®1)}.

NOTE Il a été constaté que le bronze d'étain est le matériau le plus adapté pour les principaux composants «mouillés» de la pompe. Les bronzes d'aluminium les plus courants, qui contiennent généralement entre 6 % et 11 % d'aluminium, ont des chaleurs de combustion relativement élevées, ce qui rend leur extinction presque impossible s'ils se consomment dans un environnement contenant de l'oxygène.

4.2.5 Compatibilité avec l'hydrogène

Il convient de tenir compte du risque de fragilisation par l'hydrogène lors du choix des matériaux et de la détermination des niveaux de contrainte pour les pompes destinées à fonctionner avec de l'hydrogène liquide; voir l'ISO 21010 et l'ISO 11114-1, l'ISO 11114-2 ou l'ISO 11114-4 pour des préconisations.

NOTE Le cycle thermique des aciers inoxydables austénitiques en présence d'hydrogène peut entraîner une fissuration accélérée.

4.3 Conception

4.3.1 Éléments sous pression

Le côté haute pression de la pompe doit être conçu pour résister au minimum à la pression de refoulement nominale.

Le côté basse pression de la pompe doit être conçu pour résister au minimum à la pression d'aspiration maximale + 2 bar.

Il est possible que le niveau de contrainte exercé sur le matériau par la pression ne soit pas le facteur dominant pour la conception de la pompe. Le niveau de contrainte admissible peut être calculé à la pression nominale, en utilisant l'ISO 21009-1 comme document d'orientation.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a0149544-f14d-45fe-ad3f-e0a911ebd3e4/iso-24490-2016>

4.3.2 Fonctionnement

La conception et l'installation de la pompe doivent satisfaire aux exigences de fonctionnement indiquées sur la feuille de spécifications (ou tout document similaire). L'ISO 5199 et l'ISO 9908 présentent des exemples de feuilles de spécifications.

4.3.3 Jeux

Les jeux entre les pièces mobiles et les pièces fixes à l'intérieur de la pompe doivent être aussi élevés que possible dans la pratique, et permettre une bonne étanchéité et des performances hydrauliques satisfaisantes. Il convient que le choix des matériaux des composants tienne compte des différences souvent importantes entre leurs coefficients de dilatation respectifs, afin d'assurer des interactions et des jeux satisfaisants aux températures de fonctionnement et lors de la mise en froid.

4.3.4 Prévention des frottements

Il faut tenir compte des conséquences d'une défaillance des paliers ou de l'usure de certaines pièces, en particulier sur les pompes en utilisation oxygène liquide.

4.3.5 Éléments de fixation

Tous les éléments de fixation internes doivent être bloqués afin d'éviter qu'ils ne se desserrent en cours de fonctionnement (notamment les écrous à friction et les freins d'écrous).

1) Monel[®] et Inconel[®] sont des marques commerciales de produits fournis par la société Special Metals Corporation, New Hartford, New York, États-Unis. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande le produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est possible de démontrer qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

Il faut envisager de fixer de façon plus adéquate les éléments habituellement maintenus en place uniquement par un ajustement avec serrage (bagues d'usure, par exemple). Ces composants peuvent refroidir plus rapidement que les autres et se desserrer temporairement.

4.3.6 Paliers fonctionnant à chaud

Les paliers à roulements conçus pour fonctionner à chaud doivent être positionnés ou protégés de façon à empêcher le gel de la graisse ou de l'huile employée pour les lubrifier. L'effet d'une accumulation prolongée de glace doit être pris en compte. En effet, elle peut provoquer un refroidissement excessif du palier et permettre à une fuite du dispositif d'étanchéité de l'arbre de pénétrer directement dans le palier de l'entraînement. L'utilisation de dispositifs pour chauffer les paliers du moteur peut être envisagée dans le cas des pompes en attente en condition froide.

4.3.7 Paliers fonctionnant à froid

Pour les paliers conçus pour fonctionner à froid et lubrifiés par le fluide cryogénique, il faut envisager l'emploi de matériaux et une conception permettant à la pompe de résister en toute sécurité à un bref fonctionnement à sec.

4.3.8 Lubrification des paliers

Dans le cas des pompes cryogéniques à accouplement direct, les graisses et les huiles doivent être adaptées à toutes les conditions d'oxydation et de décalage prévisibles. Il convient généralement que les lubrifiants soient adaptés à une utilisation jusqu'à $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Il est préférable d'utiliser des paliers scellés. S'il est nécessaire de regraisser un palier *in situ*, il convient de prévoir des bouchons de vidange de lubrifiant afin de réduire le risque d'accumulation de graisse dans le carter du moteur.

Les pompes à oxygène liquide doivent être conçues de sorte que toute fuite d'oxygène ne puisse en aucun cas entrer en contact avec un lubrifiant à base d'hydrocarbures. Si ce cas de figure ne peut pas être évité avec certitude, il faut envisager l'emploi de lubrifiants compatibles avec l'oxygène, conformes aux exigences de l'ISO 21010. Il convient toutefois de noter que de tels lubrifiants compatibles avec l'oxygène sont moins aptes à protéger le palier contre la corrosion, qu'ils réduisent en règle générale la capacité du palier à résister à la charge et à la vitesse, et qu'ils peuvent réagir défavorablement avec certaines combinaisons de matériaux.

4.3.9 Dispositifs d'étanchéité de l'arbre

Les dispositifs d'étanchéité de l'arbre sont généralement mécaniques à grain mobile ou à labyrinthe. Ils présentent tous deux un risque élevé de fuite.

La conception de la garniture mécanique doit empêcher le frottement métal contre métal entre le support de la garniture et le joint tournant lorsque le matériau de la surface tendre est entièrement usé.

Pour les pompes destinées à fonctionner en oxygène, il ne doit y avoir aucun contact entre les soufflets et l'arbre. L'absence de contact peut par exemple être obtenue au moyen d'une bague de protection entre les soufflets et l'arbre.

Les joints d'arbre à labyrinthe doivent être traités comme des systèmes conçus pour l'application particulière dont il est question. Pour les pompes destinées à fonctionner en oxygène, le gaz injecté peut être un gaz inerte ou de l'oxygène.

Il convient d'envisager l'emploi de dispositifs de détection des fuites, par exemple un déclencheur basse température.

Une bague de rejet ou un autre dispositif défecteur doit être utilisé(e) afin d'empêcher qu'une fuite du dispositif d'étanchéité de l'arbre n'affecte directement le palier de l'entraînement.

4.3.10 Purge

Une prise permettant la purge du gaz inerte sec peut être prévue afin:

- d'empêcher l'infiltration d'humidité (et éventuellement l'accumulation de glace) dans la zone des dispositifs d'étanchéité;
- d'empêcher l'infiltration d'humidité dans les zones utilisant des lubrifiants (compatibles avec l'oxygène si nécessaire, voir [4.2.4](#)); et
- de former une barrière entre les éléments de la pompe compatibles avec l'oxygène et ceux non compatibles avec l'oxygène (par exemple, l'extrémité froide et l'entraînement mécanique).

4.3.11 Prévention de la contamination particulaire

Des dispositifs appropriés tels que des filtres doivent être utilisés s'il existe un risque de contamination particulaire pendant le fonctionnement.

NOTE Pour les conditions de fonctionnement recommandées des filtres, voir [A.1.10](#).

4.3.12 Exigence spécifique relative aux liquides inflammables

Le débit de fuite de la pompe et de ses accessoires en tout point ne doit pas dépasser 1 mm³/s, ramené aux conditions normales de température et de pression [0 °C, 1013,25 mbar (1,01325 × 10⁵ Pa)] ou 10⁻³ mbar l/s et il convient que la conception de la pompe prévienne le risque d'accumulations dangereuses de fluide. Des méthodes d'essai d'étanchéité sont par exemple décrites dans l'EN 1779. Les fuites d'un débit plus élevé (provenant des zones des dispositifs d'étanchéité, etc.) doivent être recueillies et évacuées vers un emplacement sûr.

Si des dispositifs électriques sont employés, ils doivent être adaptés à la zone dangereuse, conformément aux réglementations applicables.

Les pompes doivent assurer une continuité électrique suffisante pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques.

NOTE Pour les conditions de fonctionnement recommandées des filtres, voir [A.1.10](#).

4.3.13 Protection contre les surpressions

Il convient que la conception de la pompe évite que du fluide cryogénique puisse se retrouver piégé. Toute zone de la pompe ou de ses accessoires susceptible d'être mise accidentellement sous pression au-delà de ses valeurs de conception doit être munie d'un moyen de décharger la pression. Sont particulièrement concernés les espaces isolés sous vide, qui pourraient être mis en pression sous l'effet d'une fuite due à un défaut.

4.3.14 Moteurs de pompe

Les moteurs électriques montés à l'extérieur de la pompe doivent être de type refroidi par ventilateur et entièrement confiné, lorsqu'ils équipent des pompes dont la température minimale spécifiée est inférieure ou égale au point d'ébullition de l'air ou qui sont destinées à fonctionner en oxygène.

Les moteurs hydrauliques doivent être isolés de l'enceinte cryogénique.

5 Modes opératoires d'essai

5.1 Essais de prototype

5.1.1 Généralités

Au moins une pompe représentative de tout nouveau modèle de pompe doit être soumise aux essais suivants.

Ces essais doivent être répétés si l'un des paramètres suivants est modifié:

- fabricant;
- dimension du châssis;
- type de matériau;
- augmentation de la pression ou de la vitesse maximale.

5.1.2 Évaluation de la conception

Le prototype de pompe doit être inspecté afin de s'assurer que la conception satisfait aux exigences spécifiées à [l'Article 4](#).

5.1.3 Évaluation du fonctionnement

Le fonctionnement doit être évalué conformément aux exigences de la norme de conception ou de l'ISO 5198.

5.1.4 Essais initiaux

Avant la réalisation des essais selon [5.1.5](#), l'enveloppe sous pression de la pompe (corps de pompe, brides, etc.) doit être soumise à essai à 1,5 fois la pression nominale à l'aspiration et au refoulement.

NOTE L'essai est normalement effectué à 1,5 fois la pression nominale au refoulement, sauf si des dispositions spéciales ont été prévues lors de la conception pour essayer séparément les parties haute pression et basse pression.

Au cours de l'essai, la pression doit être maintenue pendant un laps de temps suffisant pour permettre l'examen complet des pièces sous pression. Les résultats de l'épreuve hydraulique doivent être considérés comme satisfaisants lorsqu'aucune déformation plastique, aucune fuite, ni aucun suintement (à travers le corps ou le joint du corps) évidents ne sont observés sur la pompe suite au maintien de la pression pendant 5 min.

5.1.5 Essais cryogéniques

5.1.5.1 Conditions générales d'essai

Les pompes ayant une température de fonctionnement minimale spécifiée égale ou supérieure à -196 °C doivent être soumises à essai à leur température de fonctionnement minimale spécifiée ou à une température inférieure, $\pm 20\text{ °C}$.

Les pompes ayant une température de fonctionnement minimale spécifiée inférieure à -196 °C peuvent être soumises à essai à une température supérieure à leur température de fonctionnement minimale, à condition que la température d'essai ne soit pas supérieure à -196 °C .

Un écart de $\pm 20\text{ °C}$ par rapport à la température de -196 °C est autorisé lors du mesurage de la température.