

PROJET DE NORME INTERNATIONALE

ISO/DIS 21013-3

ISO/TC 220

Secrétariat: AFNOR

Début de vote:
2014-10-16

Vote clos le:
2015-03-16

Réceptacles cryogéniques — Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique —

Partie 3: Détermination de la taille et du volume

*Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service —
Part 3: Sizing and capacity determination*

ICS: 23.020.40

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fca91b92-fa5a-4019-ad91-1cc01f5530ea/iso-21013-3-2016>

TRAITEMENT PARRALLÈLE ISO/CEN

Le présent projet a été élaboré dans le cadre de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et soumis selon le mode de collaboration **sous la direction de l'ISO**, tel que défini dans l'Accord de Vienne.

Le projet est par conséquent soumis en parallèle aux comités membres de l'ISO et aux comités membres du CEN pour enquête de cinq mois.

En cas d'acceptation de ce projet, un projet final, établi sur la base des observations reçues, sera soumis en parallèle à un vote d'approbation de deux mois au sein de l'ISO et à un vote formel au sein du CEN.

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.



Numéro de référence
ISO/DIS 21013-3:2014(F)

© ISO 2014

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fca91b92-fa5a-4019-ad91-1cc01f5530ea/iso-21013-3-2016>

Notice de droit d'auteur

Ce document de l'ISO est un projet de Norme internationale qui est protégé par les droits d'auteur de l'ISO. Sauf autorisé par les lois en matière de droits d'auteur du pays utilisateur, aucune partie de ce projet ISO ne peut être reproduite, enregistrée dans un système d'extraction ou transmise sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, les enregistrements ou autres, sans autorisation écrite préalable.

Les demandes d'autorisation de reproduction doivent être envoyées 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 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Toute reproduction est soumise au paiement de droits ou à un contrat de licence.

Les contrevenants pourront être poursuivis.

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Calcul de la quantité totale de chaleur transférée par unité de temps de la paroi chaude (enveloppe extérieure) à la paroi froide (récipient intérieur)	2
3.1 Généralités	2
3.2 Pour des conditions autres que le feu	2
3.3 Dans des conditions de feu	5
3.4 Condensation de l'air ou de l'azote	6
3.4.1 Généralités	6
3.4.2 Perte de vide avec de l'air et de l'azote	6
3.4.3 Feu avec perte de vide avec de l'air ou de l'azote	6
3.5 Transfert de chaleur par unité de temps (watts)	8
3.5.1 Généralités	8
3.5.2 Fonctionnement normal	8
3.5.3 Régulateur de pression entièrement ouvert	8
3.5.4 Condition de perte de vide	9
3.5.5 Condition de feu avec perte de vide, isolation totalement ou partiellement en place	9
3.5.6 Condition de feu avec perte de vide, isolation pas en place	9
4 Calcul du débit massique Q_m à décharger par les dispositifs de décharge de pression	9
5 Tuyauterie pour dispositifs de décharge de pression	10
5.1 Chute de pression	10
5.2 Prise en compte de la contre-pression	11
5.3 Transfert de chaleur	11
6 Dimensionnement des dispositifs de décharge de pression	12
6.1 Généralités	12
6.2 Dimensionnement des soupapes de décharge	12
6.2.1 Généralités	12
6.2.2 Débit critique et subcritique	12
6.2.3 Capacité de débit à l'écoulement critique pour les gaz	13
6.2.4 Capacité de débit à l'écoulement subcritique pour les gaz	14
6.3 Dimensionnement des disques de rupture	14
6.3.1 Capacité de débit à l'écoulement critique pour les gaz	14
6.3.2 Capacité de débit à l'écoulement subcritique pour les gaz	15
6.3.3 Détermination de l'écoulement critique en fonction de l'écoulement subcritique pour les gaz	15
6.3.4 Méthode d'analyse recommandée	15
6.3.5 Exemple	19
Annexe ZA (informative) Relation entre la présente Norme européenne et les exigences essentielles de la Directive UE (97/23/CE – Équipement sous pression)	24
Bibliographie	25

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](#).

L'ISO 21013 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 220, *Réceptacles cryogéniques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 268, *Réceptacles cryogéniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (EN 13648-3:2002 et l'ISO 21013-3:2006), qui ont fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 21013 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Réceptacles cryogéniques — Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique* :

- *Partie 1 : Soupapes refermables*
- *Partie 2 : Dispositifs de sécurité non refermables*
- *Partie 3 : Détermination de la taille et du volume*
- *Partie 4 : Dispositifs de sécurité pour la pression à pilotage automatique*

Réipients cryogéniques — Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique — Partie 3: Détermination de la taille et du volume

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 21013 établit des méthodes de calcul distinctes permettant de déterminer le débit massique à décharger pour chacune des conditions spécifiées suivantes.

- Réipients isolés sous vide comportant un système d'isolation (enveloppe extérieure + matériau isolant) intact sous vide normal ; enveloppe extérieure à température ambiante ; réipient intérieur à la température du contenu à la pression de décharge.
- Réipients isolés sous vide comportant un système d'isolation (enveloppe extérieure + matériau isolant) intact sous vide normal ; enveloppe extérieure à température ambiante ; réipient intérieur à la température du contenu à la pression de décharge ; régulateur de pression du système de mise en pression fonctionnant à pleine charge.
- Réipients isolés sous vide ou non, comportant un système d'isolation restant en place mais avec perte de vide en cas de réipients isolés sous vide ; enveloppe extérieure à température ambiante ; réipient intérieur à la température du contenu à la pression de décharge. OU : Réipients isolés sous vide ou non, comportant un système d'isolation restant totalement ou partiellement en place, mais avec perte de vide dans le cas des réipients isolés sous vide ; feu environnant ; réipient intérieur à la température du contenu à la pression de décharge.
- Réipients isolés sous vide contenant des fluides avec une température de saturation inférieure à 75 K à 1 bar avec un système d'isolation restant en place, mais avec perte de vide avec de l'air dans l'espace sous vide.
- Réipients isolés sous vide contenant des fluides avec une température de saturation inférieure à 75 K à 1 bar avec un système d'isolation restant en place, mais avec perte de vide avec de l'air dans l'espace sous vide avec feu environnant.
- Réipients avec perte totale du système d'isolation et feu environnant.

Une bonne pratique d'ingénierie reposant sur des données de physique théorique bien établies doit être adoptée afin de déterminer le débit massique requis lorsqu'aucune méthode de calcul appropriée n'est fournie pour une condition donnée.

Pour l'application de la présente norme, les cryostats peuvent être considérés comme des réipients sous pression. Les conditions dégradées (refroidissement) supplémentaires et le transfert thermique résultant doivent être pris en compte dans les calculs.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 4126-1, *Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives — Partie 1 : Soupapes de sûreté*

ISO 4126-6:2014, *Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives — Partie 6 : Application, sélection et installation des dispositifs de sûreté à disque de rupture*

3 Calcul de la quantité totale de chaleur transférée par unité de temps de la paroi chaude (enveloppe extérieure) à la paroi froide (récipient intérieur)

3.1 Généralités

P (en bar abs) est la pression de décharge réelle à l'intérieur du récipient, qui est utilisée pour calculer le débit massique requis à travers les dispositifs de décharge de pression.

T_a (en K) est la température ambiante maximale pour des conditions autres que le feu (telle que spécifiée, par exemple, par une réglementation ou une norme).

T_f (en K) est la température de l'environnement extérieur dans des conditions de feu, prise comme égale à 922 K dans la présente partie de l'ISO 21013.

T (en K) est la température de décharge dans le récipient, à prendre en compte :

- a) Pour les fluides subcritiques, T est la température de saturation du liquide à la pression P ;
- b) pour les fluides critiques ou supercritiques, T est calculée à partir de 4.3.

3.2 Pour des conditions autres que le feu

3.2.1 Pour les récipients isolés sous vide normal, la quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) par entrée de chaleur à travers le système d'isolation est

$$W_1 = (T_a - T)U_1A$$

où

U_1 est le coefficient de conductibilité thermique global du matériau isolant sous vide normal, en $W/(m^2 \cdot K)$,

$$U_1 = \frac{k_1}{e_1}$$

où

k_1 est le coefficient moyen de conductivité thermique du matériau isolant sous vide normal, entre T et T_a , en $W/(m \cdot K)$;

e_1 est l'épaisseur nominale du matériau isolant, en m ;

A est la moyenne arithmétique des surfaces intérieure et extérieure du matériau isolant du récipient, en m^2 .

3.2.2 Quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) par le circuit du dispositif de mise en pression, le régulateur étant entièrement ouvert :

W_2 déterminé en fonction du type (atmosphérique, eau ou vapeur, électrique, etc.) et de la conception du circuit du dispositif de mise en pression. Par exemple, dans le cas d'un réchauffeur atmosphérique :

$$W_2 = U_2 A_2 \cdot (T_a - T)$$

où

U_2 est le coefficient de conductibilité global de chaleur par convection du réchauffeur atmosphérique, en $W/(m^2 \cdot K)$;

A_2 est la surface extérieure de transfert de chaleur du réchauffeur, en m^2 .

Dans une première approximation, les formules suivantes peuvent être utilisées :

$$U_2(T_a - T) = 19000 \text{ W/m}^2 \text{ pour } T \leq 75 \text{ K}$$

$$U_2(T_a - T) = 2850 \text{ W/m}^2 \text{ pour } T > 75 \text{ K}$$

W_1 doit être inclus dans W_2 .

3.2.3 Pour les récipients isolés sous vide en cas de perte de vide ou les récipients non isolés sous vide ; quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) par entrée de chaleur à travers le matériau isolant :

$$W_3 = (T_a - T) U_3 A$$

où

U_3 est le coefficient de conductibilité thermique global du matériau isolant lorsque celui-ci est saturé par le gaz de chargement ou par l'air à la pression atmosphérique, en retenant la valeur la plus élevée, en $W/(m^2 \cdot K)$;

Si l'isolation est totalement efficace pour le transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement à 328 K, alors U_3 peut être calculé comme suit :

$$U_3 = \frac{k_3}{e_3}$$

Un espace sous vide, un espace rempli de gaz ou un espace occupé par l'isolation détériorée ne doit pas être inclus dans l'épaisseur de l'isolation. La capacité de ces espaces ou de l'isolation détériorée à réduire le transfert de chaleur par conduction, convection ou rayonnement peut être évaluée séparément et incluse dans le coefficient de transfert thermique global, U_3 , en utilisant des méthodes décrites dans des ouvrages publiés traitant du transfert de chaleur. La détérioration de l'isolation peut être due aux phénomènes suivants :

- condensation de l'humidité ;
- condensation de l'air ;

— augmentation de la masse volumique de l'isolation due à une perte soudaine de vide.

k_3 est la conductivité thermique moyenne du matériau isolant saturé par le gaz de chargement ou par l'air à la pression atmosphérique, en prenant la valeur qui donne le coefficient le plus élevé, entre T et T_a , en $W/(m \cdot K)$; les valeurs de k_3 pour les gaz sont indiquées dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Conductivité thermique pour les fluides réfrigérés (cryogéniques) à la température moyenne entre la saturation et 328 K (k_3) et 922 K (k_5) à 1 bar

Fluide	k_3 [$W/(m \cdot K)$]	k_5 [$W/(m \cdot K)$]
Air	0,019	0,043
Argon	0,013	0,027
Dioxyde de carbone	0,017	0,039
Monoxyde de carbone	0,020	0,039
Hélium	0,104	0,211
Hydrogène	0,116	0,217
Méthane	0,024	0,074
Néon	0,034	0,067
Azote	0,019	0,040
Oxygène	0,019	0,043

e_3 est l'épaisseur minimale du matériau isolant, en m, en tenant compte des tolérances de fabrication ou des effets de perte soudaine de vide.

NOTE Cette formule ne peut pas être appliquée à des températures inférieures à 75 K avec une petite épaisseur de matériau isolant, puisque le coefficient de transfert thermique maximal serait donné par la condensation de l'air.

3.2.4 Quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) par les supports et les tuyauteries situées dans l'interparoi :

$$W_4 = (T_a - T) \cdot (w_1 + w_2 + \dots + w_n + \dots)$$

où

w_n est l'entrée de chaleur par degré K, due à l'un des supports ou des tubes, en W/K,

$$w_n = k_n \frac{A_n}{l_n}$$

où

k_n est la conductivité thermique moyenne du matériau du support ou du tube entre T et T_a , en $W/(m \cdot K)$;

A_n est la surface de la section du support ou du tube, en m^2 ;

l_n est la longueur du support ou du tube dans l'interparoi sous vide, en m.

3.3 Dans des conditions de feu

3.3.1 Quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) par entrée de chaleur à travers les parois du récipient

3.3.1.1 Le système d'isolation reste totalement ou partiellement en place dans les conditions de feu :

$$W_5 = 2,6 \cdot (922 - T) \cdot U_5 A^{0,82}$$

où

U_5 est le coefficient de conductibilité thermique global du matériau isolant du récipient lorsque celui-ci est saturé par le gaz de chargement ou par l'air à la pression atmosphérique, en retenant la valeur la plus élevée, en $W/(m^2 \cdot K)$.

Si l'isolation est totalement efficace pour le transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement à une température externe de 922 K, alors U_5 peut être calculé comme suit :

$$U_5 = \frac{k_5}{e}, \text{ en } W/(m^2 \cdot K)$$

Un espace sous vide, un espace rempli de gaz ou un espace occupé par l'isolation détériorée ne doit pas être inclus dans l'épaisseur de l'isolation. La capacité de ces espaces ou de l'isolation détériorée à réduire le transfert de chaleur par conduction, convection ou rayonnement peut être évaluée séparément et incluse dans le coefficient de transfert thermique global, U_5 , en utilisant des méthodes décrites dans des ouvrages publiés traitant du transfert de chaleur. La détérioration de l'isolation peut être due aux phénomènes suivants :

- condensation de l'humidité ;
- condensation de l'air ;
- augmentation de la masse volumique de l'isolation due à une perte soudaine de vide ;
- dégradation due à la chaleur.

k_5 est la conductivité thermique moyenne du matériau isolant saturé par le gaz de chargement ou par l'air à la pression atmosphérique, en prenant la valeur qui donne le coefficient le plus élevé, entre T et 922 K, in $W/(m \cdot K)$; les valeurs de k_5 pour les gaz sont indiquées dans le Tableau 1.

e est l'épaisseur du matériau isolant restant en place dans des conditions de feu, en m ;

A est la surface moyenne du matériau isolant restant en place dans des conditions de feu, en m^2 .

Lorsque l'enveloppe extérieure reste en place dans des conditions de feu, mais que le matériau isolant est totalement détruit, U_5 est égal au coefficient de transfert thermique global avec le gaz de chargement ou l'air à la pression atmosphérique dans l'espace entre l'enveloppe extérieure et le récipient intérieur, en prenant la valeur qui donne le coefficient le plus élevé, entre T et 922 K. A est égal à la surface moyenne de l'interparoi.

3.3.1.2 Le système d'isolation ne reste pas en place dans les conditions de feu :

$$W_5 = 7,1 \times 10^4 A_i^{0,82}$$

où

A_i est la surface extérieure totale du récipient intérieur, en m^2 .

W_5 est la quantité de chaleur transférée par unité de temps, en watts.

3.3.2 La quantité de chaleur transférée par les supports et la tuyauterie situés dans l'interparoi peut être négligée dans ce cas.

3.4 Condensation de l'air ou de l'azote

3.4.1 Généralités

La condensation de l'air ou de l'azote pour la condition de perte de vide doit être prise en compte pour les fluides ayant une température de saturation inférieure à 75 K à une pression absolue de 1 bar.

La condensation de l'air, pour le cas de la perte de vide vers l'atmosphère sur un récipient isolé sous vide, dépend fortement du type d'isolation et de la manière dont l'isolation a été conçue. Dans la mesure où la condensation de l'air se produit essentiellement à une température inférieure à 75 K et où les fluides ayant une température de saturation inférieure à 75 K sont généralement stockés et transportés dans des récipients munis d'une isolation multicouche, la présente norme traite uniquement de la condensation de l'air sur des récipients munis d'une isolation multicouche. En l'absence de données fiables pertinentes sur les récipients munis d'une isolation en perlite, il est possible d'utiliser au minimum les données relatives à la forte pénétration d'air.

La condensation de l'air sur une surface à isolation multicouche à une température inférieure à 75 K dépendra du taux de pénétration de l'air dans la surface isolée. Sur un récipient muni d'une isolation multicouche, le taux de condensation de l'air peut varier selon le nombre de couches et la pénétration de l'air permise par la conception de l'isolation.

Les Figures 1 et 2 indiquent les taux de transfert de chaleur dus à la condensation de l'air, vers le fluide stocké, en fonction du nombre de couches d'isolation, pour une conception d'isolation permettant une faible pénétration d'air et pour une conception d'isolation permettant une forte pénétration d'air respectivement. Parmi les exemples d'isolation permettant une forte pénétration d'air, il est possible de citer l'isolation multicouche de couvercles de récipients et l'isolation multicouche utilisant des bandes de matériaux. Les courbes de feu environnant sont des valeurs extrapolées pour une température ambiante de 922 K. À moins de pouvoir déterminer, à partir d'essais de prototypes ou d'incidents réels, les taux de transfert de chaleur dans une condition de perte de vide due à la condensation de l'air pour une isolation multicouche de même type et de même conception, il est nécessaire d'utiliser les taux de transfert de chaleur indiqués dans les Figures 1 et 2.

3.4.2 Perte de vide avec de l'air et de l'azote

Pour les récipients isolés sous vide en cas de perte de vide, le transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote est donnée par :

$$W_{3a} = U_{3a} \cdot A_i$$

où

W_{3a} est le transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote, en watts.

U_{3a} est le transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote, en watts par mètre carré de la surface extérieure du récipient intérieur, comme indiqué dans les Figures 1 et 2.

3.4.3 Feu avec perte de vide avec de l'air ou de l'azote

Pour les récipients isolés sous vide en cas de feu avec perte de vide avec de l'air ou de l'azote, le transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote est donnée par :

$$W_{5a} = 1,95 \cdot U_{5a} \cdot (A_i)^{0.82}$$