



**Norme
internationale**

ISO 24664

**Systèmes de réfrigération et
pompes à chaleur — Dispositifs
de limitation de pression et
tuyauteries associées — Méthodes
de calcul**

*Refrigerating systems and heat pumps — Pressure relief devices
and their associated piping — Methods for calculation*

**Première édition
2024-11**

Itih Standards
(<https://standards.itih.ai>)
Document Preview

[ISO 24664:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 24664:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

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
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	3
5 Généralités	5
6 Capacité minimale de décharge requise pour la protection des parties d'un système de réfrigération	6
6.1 Généralités	6
6.2 Pression excessive générée par les sources de chaleur	6
6.2.1 Sources de chaleur externes	6
6.2.2 Sources de chaleur internes	7
6.3 Pression excessive générée par des compresseurs	8
6.4 Pression excessive causée par dilatation du liquide piégé	8
7 Capacités de décharge des dispositifs de limitation de pression	8
7.1 Généralités	8
7.2 Capacité de décharge des soupapes de sécurité	9
7.3 Capacité de décharge des disques de rupture	10
8 Perte de charge dans les tubulures en amont et en aval	10
8.1 Généralités	10
8.2 Perte de charge dans la tubulure en amont	11
8.3 Perte de charge dans la tubulure en aval	12
8.4 Perte de charge totale	13
8.5 Raccordement des sorties de plusieurs soupapes de sécurité à une tubulure en aval commune	13
Annexe A (normative) Valeurs des facteurs et propriétés des fluides frigorigènes	15
Annexe B (informative) Calcul des sections de passage pour les fluides non évaporatifs et évaporatifs	21
Annexe C (informative) Exemple de calcul pour dimensionner des dispositifs de limitation de pression avec tuyauteries et raccords associés	24
Annexe D (informative) Tubulure en aval de la soupape de sécurité lorsque la vitesse est supérieure à la vitesse du son	31
Bibliographie	35

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 86, *Froid et climatisation*, sous-comité SC 1, *Exigences de sécurité et d'environnement relatives aux systèmes frigorifiques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 182, *Systèmes frigorifiques, exigences de sécurité et d'environnement*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

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 www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Le présent document est basé sur l'EN 13136:2013+A1:2018 ainsi que sur les parties applicables de l'ISO 4126-1:2013, de l'ISO 4126-2:2018 et de l'ISO 21922:2021.

Il est adapté aux exigences spécifiques, et inclut les données, relatives aux systèmes de réfrigération. Il fournit des moyens pour satisfaire aux exigences relatives aux dispositifs de limitation de pression de l'EN 378-2:2016 et de l'ISO 5149-2:2014.

iTeh Standards
(<https://standards.itih.ai>)
Document Preview

[ISO 24664:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/ba716ec7-01a0-4502-bf94-feca685c0366/iso-24664-2024>

Systemes de réfrigération et pompes à chaleur — Dispositifs de limitation de pression et tuyauteries associées — Méthodes de calcul

1 Domaine d'application

Le présent document décrit le calcul:

- du débit massique pour le dimensionnement des dispositifs de limitation de pression pour les composants des systèmes de réfrigération;
- des capacités de décharge des soupapes de sécurité et autres dispositifs de limitation de pression des systèmes de réfrigération, y compris les données nécessaires à leur dimensionnement lors de leur décharge dans l'atmosphère ou dans les composants du système de réfrigération à plus basse pression;
- de la perte de charge dans la tubulure en amont et en aval des soupapes de sécurité et autres dispositifs de limitation de pression, et inclut les données nécessaires.

Le présent document spécifie les exigences relatives à la sélection des dispositifs de limitation de pression pour éviter une pression excessive due aux sources de chaleur internes et externes, aux sources de génération de pression (par exemple compresseurs, chauffages, etc.) et à la dilatation thermique du fluide piégé.

NOTE Le terme «système de réfrigération» utilisé dans le présent document inclut les pompes à chaleur.

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).

ISO 4126-1:2013/Amd 1:2016, *Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives — Partie 1: Soupapes de sûreté*

ISO 4126-2:2018, *Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives — Partie 2: Dispositifs de sûreté à disque de rupture*

ISO 21922:2021, *Systemes de réfrigération et pompes à chaleur — Robinetterie — Exigences, essais et marquage*

EN 13501-1:2018, *Classement au feu des produits et éléments de construction — Partie 1: Classement à partir des données d'essais de réaction au feu*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 21922:2021, l'ISO 4126-1:2013/Amd 1:2016, et l'ISO 4126-2:2018 ainsi que les suivants 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 l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

fluide frigorigène

fluide utilisé pour le transfert de chaleur dans un système de réfrigération

Note 1 à l'article: Le fluide frigorigène absorbe la chaleur à basse température et basse pression du fluide et la rejette à une plus haute température et plus haute pression du fluide, impliquant généralement un changement de phase du fluide.

[SOURCE: ISO 817:2024, 3.1.37]

3.2

partie du système de réfrigération

plusieurs composants assemblés et exposés à la même pression en service ou source de pression, respectivement, telle que déterminée par le fabricant

3.3

dispositif de limitation de pression

soupape de sécurité ou dispositif muni d'un disque de rupture conçu(e) pour libérer automatiquement toute pression excessive

3.4

soupape de sécurité

soupape commandée par la pression, maintenue fermée par un ressort ou tout autre moyen et conçue pour abaisser automatiquement la pression excessive en commençant à s'ouvrir à une pression de réglage et en se refermant après que la pression est tombée en-dessous de la pression de réglage

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, la définition d'une soupape de sûreté telle que donnée dans l'ISO 4126-1:2013 est estimée comme étant équivalente à la soupape de sécurité.

3.5

réceptacle sous pression

tout composant d'un système de réfrigération contenant du fluide frigorigène autre que:

- serpentins (y compris leurs collecteurs) constitués de tuyaux avec de l'air comme fluide secondaire;
- tuyauteries et leurs robinets, joints et raccords;
- dispositifs de commande;
- pressostats, jauges, indicateurs de liquide;
- soupapes de sûreté, bouchons fusibles, disques de rupture;
- équipements comportant des carters ou des mécanismes dont le dimensionnement, le choix des matériaux et les règles de fabrication reposent essentiellement sur des exigences de résistance, de rigidité et de stabilité suffisantes pour répondre aux effets opérationnels statiques et dynamiques ou à d'autres caractéristiques opérationnelles et pour lesquels la pression n'est pas un facteur significatif au niveau de la conception. Ces équipements peuvent comprendre: les pompes et les compresseurs.

Note 1 à l'article: Les compresseurs de type hermétiques accessibles et ouverts utilisés dans des systèmes de réfrigération peuvent être sujets à l'exclusion de l'Article 1.2.j de la Directive 2014/68/UE concernant les lignes directrices du groupe de travail WPG A-11, A-12 et B-34. Le fabricant de compresseurs a à déterminer sur la base d'une évaluation au cas par cas, si l'exclusion de l'Article 1.2.j de la Directive 2014/68/UE est applicable.

Note 2 à l'article: Cette définition est alignée avec la Directive 2014/68/UE.

3.6 diamètre nominal

DN
désignation alphanumérique de dimension pour les composants d'un réseau de tuyauteries, utilisée à des fins de référence, comprenant 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 1 à l'article: Le nombre suivant les lettres *DN* ne représente pas une valeur mesurable, et il convient de ne pas l'utiliser à des fins de calcul sauf si cela est spécifié dans le présent document.

Note 2 à l'article: Lorsque le diamètre nominal n'est pas spécifié, aux fins du présent document, il est supposé qu'il s'agit du diamètre intérieur du tuyau ou de l'élément de construction en mm (*DN/ID*).

Note 3 à l'article: Le diamètre nominal n'est pas le même que la taille de l'orifice qui est couramment utilisée pour la taille de l'ouverture du siège de soupape.

[SOURCE: ISO 6708:1995, 2.1, modifié – Les Notes 2 et 3 à l'article ont été ajoutées.]

4 Symboles

Symbole	Désignation	Unité
A_{actual}	Section de passage réelle du dispositif de limitation de pression. La section de passage à la section transversale la plus étroite lorsque le dispositif de limitation de pression est complètement ouvert	mm ²
$A_{\text{effective}}$	Section effective du dispositif de limitation de pression	mm ²
A_{liq}	Section de passage calculée du liquide après expansion	mm ²
A_{R}	Surface interne du tube	mm ²
A_{surf}	Surface externe du récipient	m ²
A_{vap}	Section de passage calculée de la vapeur après expansion	mm ²
<i>DN</i>	Diamètre nominal	–
<i>d</i>	Diamètre d'écoulement réel le plus étroit du dispositif de limitation de pression	mm
d_{R}	Diamètre interne du tube	mm
<i>f</i>	Facteur de frottement de Darcy	–
Δh_{vap}	Chaleur de vaporisation	kJ/kg
K_{cap}	Facteur de correction de la capacité	–
K_{d}	Coefficient de décharge certifié tenant compte du rapport de contre-pression p_{b}/p_0 et de la course éventuellement réduite de la soupape de sécurité	–
K_{dr}	Sous-coefficient de décharge	–
K_{drl}	Sous-coefficient de décharge pour les liquides	–
K_{vs}	Constante de la soupape (débit d'eau pour une perte de charge de 1 bar au passage nominal intégral)	m ³ /h
K_{visc}	Facteur de correction de la viscosité	–
K_{volume}	Facteur de liquide piégé	mm ² /l
<i>L</i>	Longueur du tube	mm
<i>m</i>	masse	kg
<i>n</i>	Fréquence de rotation	min ⁻¹
p_{atm}	Pression atmosphérique (1,013 25 bar)	bar
p_{b}	Contre-pression à la sortie du dispositif de limitation de pression, absolue	bar
p_{c}	Pression absolue critique	bar
$p_{\text{connection}}$	Pression au point de connexion	bar
NOTE 1 bar = 0,1 MPa = 10 ⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm ² .		

ISO 24664:2024(fr)

Symbole	Désignation	Unité
$p_{r, \text{choked}}$	Rapport de la pression réduite	–
p_{set}	Pression de réglage, effective (pression prédéterminée à laquelle un dispositif de limitation de pression en fonctionnement commence à s'ouvrir)	bar
Δp	Perte de charge	bar
Δp_{common}	Perte de charge dans la tubulure en aval commune	bar
Δp_{in}	Perte de charge dans la tubulure en amont du dispositif de limitation de pression	bar
Δp_{out}	Perte de charge dans la tubulure en aval du dispositif de limitation de pression	bar
p_0	Pression de décharge absolue réelle	bar
p_1	Pression absolue à l'entrée de la tubulure en aval du dispositif de limitation de pression	bar
Q_h	Quantité de chaleur produite, source de chaleur interne	kW
$Q_{m, \text{adjusted}}$	Capacité de décharge ajustée du dispositif de limitation de pression. Utilisée pour calculer la perte de charge dans les tuyauteries	kg/h
$Q_{m, \text{common}}$	Débit massique dans la conduite de sortie commune	kg/h
$Q_{m, \text{liq}}$	Flux de liquide après expansion	kg/h
$Q_{m, \text{relief}}$	Débit massique de fluide frigorigène calculé du dispositif de limitation de pression	kg/h
$Q_{m, \text{required}}$	Capacité minimale requise de décharge, de fluide frigorigène, du dispositif de limitation de pression	kg/h
$Q_{m, \text{vap}}$	Débit de vapeur après expansion	kg/h
q_m	Capacité de décharge théorique	kg/h·mm ²
q'_m	Capacité de décharge réelle déterminée par les essais	kg/h·mm ²
R	Rayon de courbure du coude	mm
Re	Nombre de Reynolds	–
s	Épaisseur de l'isolation	m
u	Vitesse dans la tubulure	m/s
V	Cylindrée théorique (volume)	m ³
v	Volume spécifique de vapeur ou de liquide	m ³ /kg
v_0	Volume spécifique de vapeur dans la tubulure en amont	m ³ /kg
v_1	Volume spécifique à l'entrée de la tubulure en aval du dispositif de limitation de pression	m ³ /kg
w_0	Vitesse réelle du fluide dans la plus petite section de la soupape de sécurité	m/s
w_1	Vitesse à l'entrée de la tubulure en aval	m/s
x	Fraction de vapeur du fluide frigorigène à p_b	–
α	Angle du raccord affleurant	°
γ	Rapport de capacité thermique	–
ϵ_R	Rugosité de la conduite	mm
ζ	Coefficient de perte de charge	–
ζ_{DN}	Coefficient de perte de charge en fonction de DN	–
ζ_{fittings}	Coefficient de perte de charge des raccords	–
ζ_{pipes}	Coefficient de perte de charge des tubulures en aval	–
ζ_{total}	Coefficient de perte de charge total des tubulures en aval	–
η_v	Rendement volumétrique estimé à la pression d'aspiration et à la pression de refoulement équivalente au réglage du dispositif de limitation de pression	–
ν	Viscosité cinématique	m ² /s
ρ	Masse volumique de la vapeur ou du liquide	kg/m ³
ρ_0	Masse volumique de la vapeur dans la tubulure en amont	kg/m ³

NOTE 1 bar = 0,1 MPa = 10⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm².

Symbole	Désignation	Unité
ρ_{10}	Masse volumique de la vapeur à la pression de saturation/au point de rosée du fluide frigorigène à 10 °C	kg/m ³
ϕ	Densité du flux thermique	kW/m ²
ϕ_{red}	Densité réduite du flux thermique	kW/m ²
NOTE	1 bar = 0,1 MPa = 10 ⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm ² .	

5 Généralités

Le présent document décrit le calcul:

- de la capacité de décharge requise d'un dispositif de limitation de pression;
- de la capacité réelle d'un dispositif de limitation de pression;
- des pertes de charge dans les tubulures en amont et en aval du dispositif de limitation de pression.

La capacité du dispositif de limitation de charge (calculée à l'Article 7) doit être supérieure à la capacité requise (calculée à l'Article 6), et les pertes de charge (calculées à l'Article 8) doivent se situer dans des limites données pour que le dispositif de limitation de pression fonctionne correctement.

Les formules de l'Article 7 ne sont valables que pour la décharge de gaz ou de vapeur d'un fluide frigorigène.

NOTE 1 Le calcul des sections de passage des dispositifs de limitation de pression pour les fluides non évaporatifs et évaporatifs est donné à l'Annexe B. Un exemple de calcul avec les tuyauteries correspondantes est donné à l'Annexe C.

NOTE 2 Les exigences relatives à la protection contre les pressions excessives dans les systèmes de réfrigération et les pompes à chaleur sont données dans l'EN 378-2 et l'ISO 5149-2.

Pour la conception et la fabrication des corps, des chapeaux et des boulons pour les dispositifs de limitation de pression (soupapes de sûreté et disques de rupture), spécification de l'essai de résistance à la pression, l'ISO 21922:2021 s'applique.

Pour les autres aspects, les exigences de l'ISO 4126-1:2013/Amd 1:2016, Article 5, Article 7, et Article 10, ainsi que de l'ISO 4126-2:2018, Article 17, s'appliquent.

La pression de décharge absolue réelle d'un dispositif de limitation de pression est calculée comme suit:

$$p_0 = 1,1 \cdot p_{set} + p_{atm} \quad (1)$$

Pour calculer la capacité de décharge requise d'un dispositif de limitation de pression, la connaissance de la chaleur de vaporisation Δh_{vap} du fluide frigorigène est requise.

Pour calculer la capacité de décharge réelle d'un dispositif de limitation de pression, la connaissance de la densité ρ_0 (ou le volume spécifique v_0) et du rapport de capacité thermique γ du fluide frigorigène est requise.

Pour le calcul des pertes de pression dans les tubulures en amont et en aval, la connaissance de la densité ρ_0 (ou le volume spécifique v_0) est requise.

Les valeurs se situent aux conditions suivantes:

- a) Si la pression p_0 est inférieure à la pression critique du fluide frigorigène:
 - si la température du gaz saturé correspondant à p_0 est supérieure à la température critique moins 5 K, alors ρ_0 , v_0 et Δh_{vap} se situent à un gaz saturé à la température critique moins 5 K;
 - sinon, ρ_0 , v_0 et Δh_{vap} se situent à un gaz saturé à la pression p_0 . Si la température d'entrée est donnée (gaz surchauffé), alors ρ_0 , v_0 et Δh_{vap} se situent à la pression p_0 et à la température d'entrée.

- b) Si la pression p_0 est supérieure à la pression critique du fluide frigorigène, alors ρ_0 , v_0 et Δh_{vap} se situent à un gaz saturé à la température critique moins 5 K.

La valeur du rapport de capacité thermique γ doit se trouver à 25 °C et 1,013 25 bar. Les valeurs de γ pour les différents fluides frigorigènes peuvent être trouvées dans le [Tableau A.1](#).

Pour vérifier si la vitesse dans la tubulure en aval est supérieure à la vitesse du son, la densité et la vitesse du son du fluide frigorigène à la sortie de la tubulure en aval sont nécessaires. Les propriétés du fluide frigorigène à la sortie de la tubulure en aval sont déterminées en supposant une expansion isenthalpique entre la condition de décharge (p_0 , v_0) et la pression à la sortie de la tubulure en aval. Si l'expansion isenthalpique entraîne la formation d'un mélange de gaz et de liquide ou d'un mélange de gaz et de solide, alors la densité et la vitesse du son du gaz saturé à la pression en sortie de la tubulure en aval sont utilisées.

6 Capacité minimale de décharge requise pour la protection des parties d'un système de réfrigération

6.1 Généralités

Les calculs sont basés sur des processus connus ou supposés, qui entraînent une augmentation de pression. Tous les processus prévisibles doivent être pris en considération. Les processus généralement pertinents sont traités aux [6.2](#), [6.3](#) et [6.4](#).

NOTE Des informations concernant les mesures de protection nécessaires contre les pressions excessives peuvent être trouvées dans les normes de sécurité des systèmes telles que l'ISO 5149-2 et l'EN 378-2. Par exemple, en raison de la pression à l'arrêt, d'une pression due à des sources de chaleur internes ou externes, ou à un fluide piégé.

En cas de pression supercritique, la soupape de sécurité doit être adaptée à la fois pour les gaz et pour les liquides.

En cas de détente du CO₂ à une pression inférieure au point triple (par exemple pression atmosphérique), il existe une possibilité de créer du CO₂ solide. Les précautions nécessaires qui s'imposent doivent être prises pour assurer un fonctionnement en toute sécurité.

Même si un récipient ne contient que du gaz, il peut dans certaines situations contenir du liquide et il convient donc pour les besoins du présent document de le traiter comme un récipient contenant à la fois du liquide et du gaz.

6.2 Pression excessive générée par les sources de chaleur

6.2.1 Sources de chaleur externes

La capacité de décharge minimale requise pour le dispositif de limitation de pression des récipients sous pression est déterminée comme dans la [Formule \(2\)](#):

$$Q_{m,\text{required}} = \frac{3\,600 \cdot \phi \cdot A_{\text{surf}}}{\Delta h_{\text{vap}}} \quad (2)$$

Pour les récipients sous pression du présent document, la densité du flux thermique ϕ est supposée égale à 10 kW/m², mais une valeur plus élevée doit être utilisée au besoin.

Lorsque l'épaisseur, s , de l'isolation du récipient sous pression est supérieure à 0,04 m et que l'isolation est soumise à essai pour la réaction au feu selon l'EN 13501-1:2018 et que sa classe est supérieure à la classe C, une densité réduite du flux thermique doit être utilisée comme valeur minimale:

$$\phi_{\text{red}} = \phi \cdot \frac{0,04}{s} \quad (3)$$

Pour les récipients sous pression, la surface externe totale du récipient est calculée en fonction de la géométrie.