



Norme
internationale

ISO 21013-3

**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

**Troisième édition
2026-09**

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2026

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	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes, définitions et symboles	2
3.1 Symboles	2
4 Calcul de la quantité totale de chaleur transférée par unité de temps, de la paroi chaude (enveloppe extérieure) à la paroi froide (récipient intérieur)	5
4.1 Généralités	5
4.2 Dans des conditions autres que le feu	6
4.2.1 Récipients isolés sous vide normal	6
4.2.2 Dispositif de mise en pression	6
4.2.3 Récipients isolés sous vide en cas de perte de vide et récipients non isolés sous vide	7
4.2.4 Supports et tuyauteries	8
4.3 Dans des conditions de feu	8
4.3.1 Le système d'isolation reste totalement ou partiellement en place dans des conditions de feu	8
4.3.2 Le système d'isolation ne reste pas en place dans des conditions de feu	9
4.4 Condensation de l'air ou de l'azote	10
4.4.1 Généralités	10
4.4.2 Perte de vide avec de l'air et de l'azote	10
4.4.3 Feu avec perte de vide avec de l'air ou de l'azote	10
4.5 Transfert de chaleur par unité de temps (watts)	11
4.5.1 Généralités	11
4.5.2 Fonctionnement normal	11
4.5.3 Régulateur de pression entièrement ouvert	12
4.5.4 Condition de perte de vide	12
4.5.5 Condition de feu avec perte de vide, enveloppe sous vide, et isolation totalement ou partiellement en place	13
4.5.6 Condition de feu avec perte de vide, pas d'isolation	13
4.5.7 Taux de transfert de chaleur total	13
5 Calcul du débit massique à décharger par les dispositifs de décharge de pression	13
5.1 Pression de décharge, P , inférieure à la pression critique	13
5.2 Pression de décharge, P , supérieure ou égale à la pression critique	14
5.3 Exemple	14
6 Tuyauterie pour dispositifs de décharge de pression	15
6.1 Chute de pression	15
6.1.1 Généralités	15
6.1.2 Soupapes de décharge	15
6.1.3 Disques de rupture	15
6.2 Prise en compte de la contre-pression	15
6.3 Transfert de chaleur	16
7 Dimensionnement des dispositifs de décharge de pression	17
7.1 Généralités	17
7.2 Dimensionnement des soupapes de décharge de pression	17
7.2.1 Capacité de débit	17
7.2.2 Détermination de l'écoulement critique et de l'écoulement sous-critique pour les gaz	18
7.2.3 Écoulement critique	18
7.2.4 Écoulement sous-critique	19
7.2.5 Méthode d'analyse recommandée	19
7.2.6 Exemple	21
7.3 Dimensionnement des disques de rupture	27

7.3.1	Capacité de débit	27
7.3.2	Détermination de l'écoulement critique et de l'écoulement sous-critique pour les gaz.....	27
7.3.3	Écoulement critique.....	27
7.3.4	Écoulement sous-critique.....	27
7.3.5	Méthode d'analyse recommandée	28
7.3.6	Exemple	31
Annexe A (informative) Cryostats.....		35
Bibliographie.....		36

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

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 220, *Réceptacles cryogéniques* en collaboration avec le comité technique CEN/TC 268, *Réceptacles cryogéniques et applications spécifiques des technologies de l'hydrogène*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 21013-3:2016) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- ajout d'une précision sur la surface extérieure totale du réseau de canalisations où le fluide s'écoule;
- inclusion du symbole du coefficient de débit de décharge;
- ajout d'une précision sur le coefficient de transfert de chaleur global par convection du réchauffeur atmosphérique;
- ajout d'une information complémentaire sur les conditions de cas de feu et du système de mise en pression (PBU);
- correction de la masse molaire en Kg/kmol et modification des [Formules \(32\)](#) et [\(43\)](#);
- ajout d'une information supplémentaire sur les cryostats.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 21013 se trouve sur le site web de l'ISO.

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.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Réceptacles cryogéniques — Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique —

Partie 3:
Détermination de la taille et du volume

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes de calcul distinctes permettant de déterminer le débit massique à décharger pour chacune des conditions spécifiées décrites dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Paragraphe requis pour le calcul du débit massique en fonction de la condition spécifiée ^a

Condi-tion	Type de système d'isolation	État de vide	Tempé-rature du récipient intérieur	État du système d'isolation (enve-loppe extérieure + matériau isolant)	Conditions ambiantes	État du système de mise en pression	Utiliser les ar-ticles, y compris les paragraphes
1	sans vide	N/A		intact	normale (tempé-rature ambiante)	état normal	4.2.3 , 4.2.4 , 4.5.1 , 4.5.2 , 4.5.7 5 , 6 , 7
2				totalem-ent ou partiellement en place	feu (922 K)		4.3.1 , 4.5.1 , 4.5.7 , 5 , 6 , 7
3	vide	normal	tempé-ra-ture du contenu à la pression de décharge spécifiée	intact	normales (tempé-rature ambiante)		totalem-ent ouvert
4						4.2.1 , 4.2.2 , 4.2.4 , 4.5.1 , 4.5.3 , 4.5.7 , 5 , 6 , 7	
5		perte de vide		totalem-ent ou partiellement en place	feu (922 K)	état normal	4.2.3 , 4.2.4 , 4.5.1 , 4.5.4 , 4.5.7 5 , 6 , 7
6							4.3.1 , 4.4.3 , 4.5.1 , 4.5.5 , 4.5.7 5 , 6 , 7
7		perte de vide avec de l'air ou de l'azote dans l'espace sous vide	contenu avec une tempé-ra-ture de décharge inférieure à 75 K	intact	normales (tempé-rature ambiante)		4.4.2 , 4.5.1 , 4.5.4 , 4.5.7 5 , 6 , 7
8						4.4.3 , 4.5.1 , 4.5.5 , 4.5.7 5 , 6 , 7	
9	vide et sans vide			totalem-ent perdu	feu (922 K)		4.5.1 , 4.5.6 , 4.5.7 , 5 , 6 , 7
Lorsqu'aucune méthode de calcul appropriée n'est fournie pour une condition donnée, le débit massique requis est déterminé en utilisant des bonnes pratiques d'ingénierie reposant sur des données de physique théorique bien établies.							

Des recommandations concernant les dispositifs de décharge de pression pour cryostats sont données à l'[Annexe A](#).

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes, définitions et symboles

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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 Symboles

A	moyenne arithmétique des surfaces intérieure et extérieure du matériau isolant du récipient	m^2
A_B	section d'écoulement réelle d'un élément de tuyauterie	m^2
A_e	surface extérieure totale du réseau de canalisations où le fluide s'écoule, de l'enveloppe extérieure jusqu'à l'emplacement x à la température d'écoulement considérée; applicable seulement pour $l > 0,6$ m (voir 6.1.1)	m^2
A_F	section d'écoulement minimale (section de référence) dans un réseau de canalisations	m^2
A_{Fd}	section d'écoulement minimale (section de référence) dans le réseau de canalisations, en aval de la soupape de décharge	m^2
A_{Fu}	section d'écoulement minimale (section de référence) dans le réseau de canalisations, en amont de la soupape de décharge	m^2
A_i	surface extérieure totale du récipient intérieur	m^2
A_j	surface extérieure totale du réseau de canalisations entre les enveloppes intérieure et extérieure (interparoi)	m^2
A_L	grande section d'écoulement d'un élément de tuyauterie comprenant deux dimensions différentes de sections d'écoulement	m^2
A_n	section transversale, matière du support ou du tube	m^2
A_R	rapport de sections, A_S/A_L	—
A_S	petite section d'écoulement d'un élément de tuyauterie comprenant deux dimensions différentes de sections d'écoulement	m^2
A_V	section d'écoulement (orifice) réelle d'une soupape de décharge de pression	mm^2
A_{Va}	section d'écoulement (orifice) réelle de la soupape de décharge de pression choisie pour l'analyse finale	mm^2
A_{V1}	section d'écoulement (orifice) minimale requise d'une soupape de décharge	mm^2
A_2	surface extérieure de transfert de chaleur du réchauffeur atmosphérique	m^2
C_V	débit déterminé expérimentalement à travers un élément de tuyauterie ou un dispositif	m^3/h
K_A	coefficient de résistance à l'écoulement d'un élément de tuyauterie en fonction de AF	—
K_B	coefficient de résistance à l'écoulement d'un élément de tuyauterie en fonction de AB	—
K_b	coefficient d'écoulement sous-critique	—
k_d	coefficient de débit de décharge	—
K_{dr}	coefficient de débit après abattement	—

ISO 21013-3:2026(fr)

$K_{dr,a}$	coefficient de débit après abattement de l'orifice de la soupape ayant la plus grande section suivante supérieure à A_{V1}	—
$K_{dr,1}$	coefficient de débit après abattement de la soupape initialement analysée	—
K_R	coefficient de résistance à l'écoulement de l'ensemble du réseau de canalisations en fonction de la section de référence A_F	—
K_{RC}	coefficient de résistance à l'écoulement au niveau de la transition entre écoulement critique et sous-critique	—
K_{Rd}	coefficient de résistance à l'écoulement global du réseau de canalisations, en aval de la soupape de décharge de pression	—
K_{Ru}	coefficient de résistance à l'écoulement global du réseau de canalisations, en amont de la soupape de décharge de pression	—
K_{SOMME}	coefficient de résistance à l'écoulement total d'un réseau de canalisations en série ou en parallèle	—
K_v	débit déterminé expérimentalement à travers un élément de tuyauterie ou un dispositif	$m^3/h/\text{bar}^{1)}$
L	chaleur latente de vaporisation du liquide cryogénique dans des conditions de décharge	kJ/kg
L_a	chaleur latente de vaporisation du liquide cryogénique à une pression de 1,013 bar ¹⁾	kJ/kg
L'	rapport enthalpie/dilatation volumique pour des conditions d'écoulement critique ou de fluide "tout gaz"	kJ/kg
M	masse molaire	kg/kmol
N	taux d'évaporation normal (NER)	%/jour
P	pression de décharge, récipient intérieur en pression absolue	bar
P_b	pression, sortie de la soupape de sûreté en pression absolue	bar
P_{b10}	pression à la sortie de la soupape de décharge pour une contre-pression engendrée en aval de 10 %	bar
P_{sortie}	pression à la sortie du réseau de canalisations en pression absolue	bar
P_i	pression, entrée de la soupape de sûreté en pression absolue	bar
P_S	pression de tarage de la soupape de décharge de pression en pression absolue	bar
Q_m	débit massique	kg/h
Q_{ma}	débit massique d'une soupape de décharge dans un réseau de canalisations donné	kg/h
Q_{mNER}	débit massique dû au taux d'évaporation normal	kg/h
R	constante des gaz parfaits	J/(mol·K)
T	température de décharge, récipient intérieur	K
T_a	température ambiante extérieure maximale, sans condition de feu	K
$T_{b,Pb}$	température à la sortie de la soupape de décharge	K
T_{b10}	température à la sortie de la soupape de décharge pour une contre-pression engendrée en aval de 10 %	K
T_e	température extérieure pour une condition donnée	K
$T_{sortie,Pb}$	température à la sortie du réseau de canalisations	K
T_f	température extérieure, condition de feu	K
T_i	température, entrée de la soupape de sûreté	K
T_n	température du fluide en un emplacement donné de début d'écoulement le long du réseau de canalisations	K
T_{sat}	température de saturation du fluide à une pression de 1 bar	K

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

ISO 21013-3:2026(fr)

T_x	température du fluide en un emplacement x donné le long du réseau de canalisations	K
U_1	coefficient de transfert de chaleur du matériau isolant, vide normal, sans condition de feu	W/ (m ² ·K)
U_2	coefficient de transfert de chaleur global par convection du réchauffeur atmosphérique	W/ (m ² ·K)
U_3	coefficient de transfert de chaleur du matériau isolant avec l'air ou le chargement gazeux, sans condition de feu	W/ (m ² ·K)
U_{3a}	coefficient de transfert de chaleur, condensation de l'air ou de l'azote, perte de vide, sans condition de feu	W/m ²
U_5	coefficient de transfert de chaleur du matériau isolant avec l'air ou le chargement gazeux, condition de feu	W/ (m ² ·K)
U_{5a}	coefficient de transfert de chaleur, condensation de l'air ou de l'azote, perte de vide, condition de feu	W/m ²
U_p	coefficient de transfert de chaleur global d'un réseau de canalisations pour des conditions de température données	W/ (m ² ·K)
W_T	taux de transfert de chaleur total pour des conditions spécifiées	watts (W)
W_{T1}	taux de transfert de chaleur total en fonctionnement normal	watts (W)
W_{T1NER}	taux de transfert de chaleur total dû au NER en fonctionnement normal	watts (W)
W_{T2}	taux de transfert de chaleur total en fonctionnement normal, y compris le dispositif de mise en pression	watts (W)
W_{T2NER}	taux de transfert de chaleur total dû au NER en fonctionnement normal, y compris le dispositif de mise en pression	watts (W)
W_{T3}	taux de transfert de chaleur total, perte de vide, isolation en place, sans condition de feu, $T_{sat} > 75$ K	watts (W)
W_{T3a}	taux de transfert de chaleur total, perte de vide, isolation en place, sans condition de feu, $T_{sat} \leq 75$ K	watts (W)
W_{T5}	taux de transfert de chaleur total, perte de vide, isolation en place, condition de feu, $T_{sat} > 75$ K	watts (W)
W_{T5a}	taux de transfert de chaleur total, perte de vide, isolation en place, condition de feu, $T_{sat} \leq 75$ K	watts (W)
W_{T6}	taux de transfert de chaleur total, perte de vide, pas d'isolation, condition de feu	watts (W)
W_1	taux de transfert de chaleur à travers le système d'isolation, vide normal, sans condition de feu	watts (W)
W_2	taux de transfert de chaleur à travers le dispositif de mise en pression, régulateur entièrement ouvert	watts (W)
W_3	taux de transfert de chaleur à travers le système d'isolation, perte de vide, sans condition de feu	watts (W)
W_{3a}	taux de transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote, perte de vide, sans condition de feu	watts (W)
W_4	taux de transfert de chaleur à travers les supports et les tubes dans l'interparoi	watts (W)
W_5	taux de transfert de chaleur à travers les parois du récipient, isolation en place, condition de feu	watts (W)
W_{5a}	taux de transfert de chaleur dû à la condensation de l'air ou de l'azote, perte de vide, condition de feu	watts (W)
W_6	taux de transfert de chaleur à travers les parois du récipient, pas d'isolation, condition de feu	watts (W)
X	nombre de couches d'isolation	—
Y	taux de transfert de chaleur U_{3a} ou U_{5a}	—
Z_i	facteur de compressibilité à la pression P_i et à la température T_i	—
a		
c_p	capacité thermique massique à pression constante à la moyenne de température T_n et T_e	kJ/(kg·K)
e_1	épaisseur nominale du matériau isolant, vide normal, sans condition de feu	m
e_3	épaisseur minimale du matériau isolant, tenant compte de la perte de vide, sans condition de feu	m
e_5	épaisseur du matériau isolant restant en place dans des conditions de feu	m
F_t	coefficient de frottement dans la canalisation	—
h	enthalpie du fluide dans des conditions de v	kJ/kg

h_r	enthalpie massique à l'entrée et à la sortie de la soupape de décharge	kJ/kg
k_1	conductivité thermique moyenne du matériau isolant, vide normal, sans condition de feu	W/(m·K)
k_3	conductivité thermique moyenne du matériau isolant avec l'air ou le chargement gazeux, sans condition de feu	W/(m·K)
K_n	conductivité thermique moyenne d'un support ou d'un tube individuel, entre T et T_a	W/(m·K)
l	longueur, élément de tuyauterie	m
l_n	longueur du support ou du tube dans l'interparoi sous vide	m
$m_{\max}$	capacité massique maximale du récipient	kg
r	rayon de transition de coude	m
x	emplacement longitudinal le long d'un réseau de canalisations	m
φ	rapport de pressions, $\frac{P - P_{\text{sortie}}}{P} = 1 - \frac{P_{\text{sortie}}}{P}$	—
κ	exposant isentropique	—
λ	coefficient d'écoulement sous-critique	—
ν	volume massique du fluide critique ou tout-gaz à une température donnée à la pression P	m ³ /kg
ν_{b10}	volume massique à la sortie de la soupape de décharge pour une contre-pression engendrée en aval de 10 %	m ³ /kg
ν_{b,P_b}	volume massique à la sortie de la soupape de décharge de pression, évalué à h_r et à une valeur d'essai de P_b	m ³ /kg
ν_{d10}	volume massique aval moyen, pour une contre-pression engendrée en aval de 10 %	m ³ /kg
$\nu_{d\max}$	volume massique aval moyen maximal, selon la limite de contre-pression voulue	m ³ /kg
$\nu_{\text{sortie}10}$	volume massique à la sortie du réseau de canalisations pour une contre-pression engendrée en aval de 10 %	m ³ /kg
ν_{sortie,P_b}	volume massique à la sortie du réseau de canalisations, évalué à P_{sortie} et T_{sortie,P_b}	m ³ /kg
ν_g	volume massique du gaz saturé à la pression de décharge P	m ³ /kg
ν_{ga}	volume massique du gaz saturé à une pression de 1,013 bar	m ³ /kg
ν_i	volume massique, entrée de la soupape de sûreté	m ³ /kg
ν_l	volume massique du liquide saturé à la pression de décharge P	m ³ /kg
ν_{la}	volume massique du liquide saturé à une pression de 1,013 bar	m ³ /kg
ν_u	volume massique moyen du liquide s'écoulant en amont de l'entrée de la soupape de décharge de pression	m ³ /kg
ψ	expression pour la détermination de Q_m et T pour des conditions de débit de fluide critique ou de récipient rempli de gaz	m ^{3/2} ·kg ^{1/2} /kJ

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

4.1 Généralités

P (en bar absolu) 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 (comme spécifié, 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 le présent document.

T (en K) est la température de décharge dans le récipient, devant être prise en compte.

- a) Pour les fluides sous-critiques, T est la température de saturation du liquide à la pression P .
- b) Pour les fluides critiques ou supercritiques, T est calculée à partir du [5.2](#).

4.2 Dans des conditions autres que le feu

4.2.1 Récipients isolés sous vide normal

W_1 est la quantité de chaleur transférée par unité de temps (en watts) due à l'entrée de chaleur à travers le système d'isolation, selon la [Formule \(1\)](#).

$$W_1 = (U_1 \cdot A)(T_a - T) \quad (1)$$

où

- U_1 est le coefficient de transfert de chaleur global du matériau isolant sous vide normal, en $W/(m^2 \cdot K)$: $U_1 = \frac{k_1}{e_1}$;
- k_1 est la conductivité thermique moyenne 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 ;
- T est la température de décharge du récipient intérieur;
- T_a est la température ambiante extérieure maximale, sans condition de feu.

4.2.2 Dispositif de mise en pression

W_2 est la 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 est déterminée 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. Par exemple, dans le cas d'un réchauffeur atmosphérique, W_2 est calculée à l'aide de la [Formule \(2\)](#):

$$W_2 = (U_2 \cdot A_2)(T_a - T) \quad (2)$$

où

- U_2 est le coefficient de transfert de chaleur global 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 ;
- T est la température de décharge du récipient intérieur;
- T_a est la température ambiante extérieure maximale, sans condition de feu.

Dans une première approximation, il est permis d'utiliser la [Formule \(3\)](#) ou la [Formule \(4\)](#):

$$U_2 (T_a - T) = 19\,000 \text{ W/m}^2 \text{ pour } T \leq 75 \text{ K} \quad (3)$$