
**Performance hygrothermique
des équipements de bâtiments et
installations industrielles — Calcul
de la diffusion de vapeur d'eau —
Systèmes d'isolation de tuyauteries
froides**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Hygrothermal performance of building equipment and industrial
installations — Calculation of water vapour diffusion — Cold pipe
insulation systems*

ISO 15758:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15758:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2014

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
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

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
4 Formules de calcul	3
4.1 Généralités.....	3
4.2 Isolation homogène.....	4
4.3 Systèmes d'isolation multicouches.....	4
4.4 Systèmes possédant une capacité de séchage.....	5
5 Conditions aux limites	6
6 Méthode de calcul	6
6.1 Généralités.....	6
6.2 Calcul du taux de condensation dans une couche d'isolation homogène simple.....	6
6.3 Calcul du taux de condensation dans un système d'isolation multicouche.....	6
Annexe A (informative) Exemples	9
Annexe B (informative) Système possédant une capacité de séchage et détermination expérimentale du taux d'évaporation à la surface d'un tissu capillaire mouillé	11
Bibliographie	15

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>
 (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 (CEI) 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/CEI, 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/CEI, 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues (voir www.iso.org/patents).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, aussi bien que pour des informations au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Foreword - Supplementary information
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 163, *Performance thermique et utilisation de l'énergie en environnement bâti*, sous-comité SC 2, *Méthodes de calcul*.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition (ISO 15758:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont:

- à l'[Article 5, b](#)), l'alternative consistant à utiliser la température et la pression de vapeur moyennes annuelles est supprimée;
- la méthode de calcul indiquée au [6.3](#) est modifiée de sorte que la quantité totale d'eau qui condense dans le système de tuyauteries complet est calculée en se basant uniquement sur la tangente à la pression de saturation, p_{sat} , la plus éloignée;
- la [Figure 1](#) est modifiée;
- l'exemple indiqué au [A.3](#) est changé;
- à l'[Annexe B](#), l'explication du système possédant une capacité de séchage est ajoutée;
- des références sont ajoutées à la Bibliographie.

Introduction

Si l'isolation thermique d'un système de tuyauteries froides n'est pas complètement étanche à la vapeur d'eau, il se produit un flux de vapeur d'eau depuis l'environnement chaud vers la surface froide du tuyau, chaque fois que la température de surface de la tuyauterie froide est inférieure au point de rosée de l'air ambiant. Ce flux de vapeur d'eau entraîne une condensation interstitielle dans la couche d'isolation et/ou la formation de rosée à la surface même du tuyau. La condensation interstitielle peut entraîner une détérioration du matériau isolant et la formation de rosée à la surface d'un tuyau métallique peut être une source de corrosion au fil du temps. Si la température est inférieure à 0 °C, de la glace se forme et les méthodes données dans la présente norme ne sont pas applicables.

Lors des périodes où le point de rosée de l'air ambiant est supérieur à la température de la surface externe de l'isolation, il se produit de la condensation superficielle. Ce cas est traité dans l'ISO 12241.

Il existe différentes méthodes pour contrôler le transfert de vapeur d'eau et réduire la quantité de condensation. Les méthodes suivantes sont généralement appliquées:

- a) installation d'un retardateur de vapeur;
- b) utilisation de matériaux isolants possédant un facteur de résistance à la vapeur d'eau élevé (faible perméabilité);
- c) utilisation d'un retardateur de vapeur et d'un absorbeur capillaire pour évacuer de manière continue l'eau condensée depuis la surface du tuyau vers l'environnement; un exemple est présenté à l'[Annexe B](#).

iTeh STANDARD PREVIEW

Le choix de la méthode de protection dépend du climat ambiant, de la température du fluide circulant dans le tuyau et de la résistance à la diffusion de vapeur d'eau de la couche d'isolation. L'efficacité de tout système dépend fortement de sa mise en œuvre et de sa maintenance. Dans tous les cas, il convient d'appliquer des méthodes anticorrosion dans le cas de tuyauteries métalliques utilisées dans des conditions sévères. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>

La durée de vie économique escomptée d'un système d'isolation, sur la base d'une valeur maximale acceptable de la teneur en humidité accumulée, peut être calculée à l'aide des méthodes données dans la présente norme.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15758:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>

Performance hygrothermique des équipements de bâtiments et installations industrielles — Calcul de la diffusion de vapeur d'eau — Systèmes d'isolation de tuyauteries froides

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne une méthode permettant de calculer la densité du flux de vapeur d'eau dans les systèmes d'isolation de tuyauteries froides, ainsi que la quantité totale d'eau diffusée dans l'isolation au cours du temps. La méthode de calcul suppose que la vapeur d'eau ne peut migrer dans le système d'isolation que par diffusion, sans aucune contribution d'un flux d'air. Elle suppose également l'utilisation de matériaux isolants homogènes et isotropes, de telle sorte que la pression partielle de vapeur d'eau soit constante en tout point équidistant de l'axe du tuyau.

La présente Norme internationale s'applique lorsque la température du fluide circulant dans le tuyau est supérieure à 0 °C. Elle s'applique aussi bien aux tuyauteries situées à l'intérieur de bâtiments qu'à celles situées à l'air libre.

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). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b3e8fa78-40de-4000-a362-75d013f01034/iso-15758-2014>

ISO 9346, *Performance hygrothermique des bâtiments et des matériaux pour le bâtiment — Grandeurs physiques pour le transfert de masse — Vocabulaire*

ISO 12241, *Isolation thermique des équipements de bâtiment et des installations industrielles — Méthodes de calcul*

ISO 12572, *Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment — Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau*

ISO 13788, *Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments — Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse — Méthodes de calcul*

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans les normes ISO 9346, ISO 12572 et ISO 13788 s'appliquent ainsi que les termes, définitions et symboles suivants (voir [Tableau 1](#)).

3.1

aire humide exposée

aire de la surface d'un absorbeur capillaire exposée à l'atmosphère ambiante

3.2

retardateur de vapeur

matériau possédant une haute résistance à la transmission de vapeur d'eau

3.3

épaisseur d'air équivalente corrigée pour la diffusion de la vapeur d'eau

épaisseur d'une couche plane imaginaire pour laquelle $\mu = 1$, d'aire égale à πD_j ayant la même résistance à la diffusion que la couche j pour laquelle $\mu = \mu_j$

Note 1 à l'article: Voir la formule (18).

Tableau 1 — Symboles et unités associées

Symbole	Grandeur	Unité ^a
A'_e	Aire de la surface où se produit l'évaporation par mètre linéaire de tuyauterie	m ² /m
D_0	Diamètre extérieur du tuyau froid	m
D_j	Diamètre extérieur de la couche j d'un système d'isolation	m
D_n	Diamètre extérieur de la couche extérieure d'un système d'isolation	m
G	Absorption totale d'humidité sur une certaine période par mètre linéaire de tuyauterie [se reporter à la Formule (2)]	kg/m
G'	Absorption totale d'humidité sur une certaine période par mètre linéaire de tuyauterie	kg/m
P	Pression atmosphérique réelle	Pa
P_0	Pression atmosphérique normale = 101 325	Pa
R_v	Constante des gaz pour la vapeur d'eau = 461,5	J/(kg·K)
T	Température thermodynamique	K
Z'_{fl}	Résistance à la vapeur d'eau d'une feuille mince, revêtement ou peau, par mètre linéaire de tuyauterie	m·s·Pa/kg
Z'_j	Résistance à la vapeur d'eau de la couche j d'un système d'isolation par mètre linéaire de tuyauterie	m·s·Pa/kg
Z'_p	Résistance à la vapeur d'eau du système d'isolation par mètre linéaire de tuyauterie	m·s·Pa/kg
d	Épaisseur d'une couche d'isolation	m
f_e	Facteur d'évaporation	kg/(m ² ·s·Pa)
g'	Flux de vapeur d'eau dans l'isolation par mètre linéaire de tuyauterie	kg/(m·s)
g'_c	Taux de condensation par mètre linéaire de tuyauterie	kg/(m·s)
g'_e	Taux d'évaporation par mètre linéaire de tuyauterie	kg/(m·s)
h_c	Coefficient de convection	W/(m ² ·K)
p	Pression partielle de vapeur d'eau	Pa
p_a	Pression partielle de vapeur d'eau dans l'air	Pa
p_{sat}	Pression de vapeur d'eau saturante	Pa
s_d	Épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau	m
s_{df}	Épaisseur d'air équivalente de feuilles pour la diffusion de la vapeur d'eau	m
t	Période de calcul (mois ou année)	mois, année
x	Distance	m
δ	Perméabilité à la vapeur d'eau	kg/(m·s·Pa)
δ_0	Perméabilité à la vapeur d'eau de l'air	kg/(m·s·Pa)
$\sigma_{d,j}$	Épaisseur d'air équivalente corrigée de la couche j pour la diffusion de la vapeur d'eau	m
$\tilde{\sigma}_{d,j}$	Épaisseur d'air équivalente corrigée totale pour la diffusion de la vapeur d'eau, de la surface de la tuyauterie froide à la face externe de la couche j	m

^a Pour des raisons pratiques, les heures ou les jours sont souvent utilisés au lieu des secondes pour les unités de temps.

Tableau 1 (suite)

Symbole	Grandeur	Unité ^a
μ	Facteur de résistance à la vapeur d'eau	—
θ_0	Température du fluide circulant dans le tuyau	°C

^a Pour des raisons pratiques, les heures ou les jours sont souvent utilisés au lieu des secondes pour les unités de temps.

4 Formules de calcul

4.1 Généralités

La densité du flux de vapeur d'eau, g , à travers un matériau se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$g = -\delta \frac{dp}{dx} \quad (1)$$

où δ est la perméabilité à la vapeur d'eau du matériau.

L'absorption totale d'humidité pendant une période, G , est donnée par:

$$G = \int_0^t g dt \quad (2)$$

Dans les calculs, on remplace souvent la perméabilité par le facteur de résistance à la diffusion μ :

$$\mu = \frac{\delta_0}{\delta} \quad (3)$$

où δ_0 est la perméabilité à la vapeur d'eau de l'air calme, qui peut se calculer à partir de:

$$\delta_0 = \frac{0,083P_0}{R_V \cdot T \cdot P} \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{1,81} \quad (4)$$

Pour des calculs approximatifs, δ_0 peut être supposé constant dans la gamme de températures considérée et la valeur suivante peut donc être utilisée:

$$\delta_0 = 2,0 \times 10^{-10} \quad (5)$$

4.2 Isolation homogène

Dans le cas d'une tuyauterie froide comportant une seule couche d'isolation homogène, la densité du flux de vapeur d'eau par mètre de tuyauterie froide isolée est donnée en remplaçant dans la Formule (1) l'expression différentielle par la différence de pression de vapeur:

$$g' = \frac{p_a - p_{\text{sat}}(\theta_0)}{Z'_p} \quad (6)$$

où

p_a est la pression de vapeur de l'air ambiant, en Pa;

$p_{\text{sat}}(\theta_0)$ est la pression de vapeur saturante à la surface extérieure du tuyau, en Pa;

Z'_p ZP est la résistance à la vapeur d'eau par mètre linéaire d'isolation de la tuyauterie, en msPa/kg, définie par la Formule (7):

$$Z'_p = \frac{\ln\left(\frac{D_1}{D_0}\right)}{2\pi\delta} \quad (7)$$

Si la pression de vapeur réelle, p , ne dépasse pas la valeur de la pression de vapeur saturante, p_{sat} , la condensation n'a lieu que sur la surface extérieure de la tuyauterie froide. Si la pression de vapeur réelle dépasse la valeur de la pression de vapeur saturante, suivre la procédure décrite à l'Article 6.

L'absorption totale d'eau sur une période t est alors donnée par:

$$G' = \int_0^t \frac{p_a(t) - p_{\text{sat}}[\theta_0(t)]}{Z'_p} dt \quad (8)$$

4.3 Systèmes d'isolation multicouches

La résistance à la vapeur d'eau, Z'_p , d'un système d'isolation composé de n différentes couches est donnée par:

$$Z'_p = \sum_{j=1}^n \frac{\ln\left(\frac{D_j}{D_{j-1}}\right)}{2\pi\delta_j} \quad (9)$$

ce qui donne,

$$Z'_p = \frac{1}{2\pi\delta_0} \sum_{j=1}^n \mu_j \ln\left(\frac{D_j}{D_{j-1}}\right) \quad (10)$$

où

$$\mu_j = \frac{\delta_0}{\delta_j}$$

$j = 1$ à n définit les couches en partant de la tuyauterie froide vers l'extérieur.

La Formule (10) peut être un moyen d'approximation du calcul de la résistance à la vapeur d'eau d'un matériau d'isolation homogène dont la résistance à la vapeur d'eau dépend fortement de la température.

NOTE Voir l'exemple du A.2.

Si la couche extérieure, n , est un retardateur de vapeur, feuille ou peau, d'épaisseur négligeable, mais dont l'épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau, s_{df} , est importante, la résistance à la vapeur d'eau du retardateur de vapeur est:

$$Z'_n = \frac{1}{\pi \delta_0 D_n} s_{df} = \frac{1}{2\pi \delta_0} \frac{2s_{df}}{D_n} \quad (11)$$

La résistance à la vapeur d'eau du système complet est alors:

$$Z'_p = \frac{1}{2\pi \delta_0} \left[\sum_{j=1}^{n-1} \mu_j \ln \left(\frac{D_j}{D_{j-1}} \right) + \frac{2s_{df}}{D_n} \right] \quad (12)$$

L'absorption totale d'eau sur une période t est alors donnée par la Formule (8).

4.4 Systèmes possédant une capacité de séchage

Pour les systèmes de tuyauteries froides possédant des capacités de séchage, l'absorption totale d'eau G' dans le système est donnée par:

$$G' = \int_0^t (g' - g'_e) dt \quad (13)$$

où g'_e est la capacité de séchage par mètre linéaire de tuyauterie, en kg/(m·s).

Pour les systèmes d'isolation dans lesquels la capacité de séchage est obtenue en utilisant l'effet de mèche d'un absorbeur capillaire, cette capacité est déterminée par l'évaporation à partir de l'aire humide exposée de l'absorbeur par mètre de longueur de tuyauterie, A'_e :

$$g'_e = f_e (p_{\text{sat}}(\theta_a) - p_a) A'_e \quad (14)$$

où $p_{\text{sat}}(\theta_a)$ est la pression de vapeur saturante à la température ambiante, en Pa.

Le facteur d'évaporation, f_e , peut être déterminé par des mesures ou par calcul:

$$f_e = \frac{h_c}{R_v T \rho c_p} \quad (15)$$

où

h_c est le coefficient de convection, en W/(m²·K);

R_v est la constante des gaz pour la vapeur d'eau = 461,5 J/(kg·K);

ρ est la masse volumique de l'air = 1,205 kg/m³ à 20 °C;

c_p est la capacité thermique massique à pression constante de l'air = 1 005 J/(kg·K) à 20 °C.

NOTE Une méthode de mesure est donnée au B.2. La Formule (14) est une expression approximative car la température de mèche n'est pas égale à la température ambiante due à l'évaporation. Des informations supplémentaires sur la Formule (15) sont données dans la Référence [5] de la bibliographie.

Pour les tuyauteries horizontales et verticales en air calme, $h_c = 10$ W/(m²·K), ce qui donne $f_e = 6 \times 10^{-8}$ kg/(m²·s·Pa).

L'absorption totale d'eau sur une durée t est alors donnée par:

$$G' = \int_0^t \left[\frac{p_a - p_{\text{sat}}(\theta_0)}{Z'_p} - f_e (p_{\text{sat}}(\theta_a) - p_a) A'_e \right] dt \quad (16)$$