

PROJET
FINAL

NORME
INTERNATIONALE

ISO/FDIS
11855-3

ISO/TC 205

Secrétariat: ANSI

Début de vote:
2021-05-03

Vote clos le:
2021-06-28

Conception de l'environnement des bâtiments — Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement —

Partie 3: Conception et dimensionnement

*Building environment design — Embedded radiant heating and
cooling systems —*

Part 3: Design and dimensioning

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/817f4773-5073-416d-9f37-ee5c7fa92810/iso-fdis-11855-3>

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.

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.

TRAITEMENT PARALLÈLE ISO/CEN



Numéro de référence
ISO/FDIS 11855-3:2021(F)

© ISO 2021

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 11855-3

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/817f4773-5073-416d-9f37-ee5c7fa92810/iso-fdis-11855-3>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

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	1
5 Panneau rayonnant	3
5.1 Systèmes de chauffage par le sol.....	3
5.1.1 Mode opératoire de conception.....	3
5.1.2 Écart de température du medium de chauffage.....	4
5.1.3 Courbe caractéristique.....	4
5.1.4 Famille de courbes caractéristiques.....	4
5.1.5 Courbes limites.....	4
5.1.6 Isolation thermique vers le bas.....	5
5.1.7 Mode opératoire de détermination de la température théorique d'alimentation du medium de chauffage.....	10
5.1.8 Mode opératoire de détermination du débit théorique du medium de chauffage.....	13
5.1.9 Zones périphériques.....	14
5.2 Systèmes de chauffage par le plafond.....	14
5.2.1 Généralités.....	14
5.2.2 Courbes limites.....	14
5.2.3 Mode opératoire de détermination du débit théorique du medium de chauffage.....	15
5.3 Systèmes de chauffage par les murs.....	15
5.3.1 Généralités.....	15
5.3.2 Courbes limites.....	15
5.3.3 Mode opératoire de détermination du débit théorique du medium de chauffage.....	15
5.4 Systèmes de refroidissement par le sol.....	16
5.4.1 Mode opératoire de conception.....	16
5.4.2 Écart de température du medium de refroidissement.....	17
5.4.3 Courbe caractéristique.....	17
5.4.4 Famille de courbes caractéristiques.....	17
5.4.5 Courbes limites.....	17
5.4.6 Isolation thermique vers le bas.....	17
5.4.7 Mode opératoire de détermination de la température théorique d'alimentation du medium de refroidissement.....	18
5.4.8 Mode opératoire de détermination du débit théorique du medium de refroidissement.....	18
5.5 Systèmes de refroidissement par le plafond.....	18
5.6 Systèmes de refroidissement par les murs.....	18
Annexe A (normative) Isolation thermique pour Types A et C	19
Bibliographie	20

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 attirée 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 <https://www.iso.org/fr/iso-standards-and-patents.html>).

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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été préparé par le comité technique ISO/TC 205, *Conception de l'environnement intérieur des bâtiments*, en collaboration avec le comité technique du Comité européen de normalisation (CEN) CEN/TC 228, *Systèmes de chauffage dans les bâtiments*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11855-3:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- le Domaine d'application a été modifié, des informations relatives à la série ont été déplacées dans l'Introduction;
- les références normatives ont été modifiées;
- les références informatives ont été déplacées dans la Bibliographie;
- l'[Annexe A](#) a été ajoutée pour calculer la résistance thermique des couches isolantes.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 11855 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/members.html.

Introduction

Les systèmes de chauffage et de refroidissement par rayonnement sont constitués de systèmes d'émission/d'absorption de chaleur, de fourniture de chaleur, de distribution et de contrôle. La série ISO 11855 concerne les systèmes de chauffage et de refroidissement de surface intégrés qui contrôlent directement l'échange de chaleur dans les locaux. Elle n'inclut pas l'équipement composant le système lui-même, tel que la source de chaleur, le système de distribution et le contrôleur.

La série ISO 11855 examine un système intégré dans une structure de bâtiment. Le système de panneaux avec ouverture à l'air libre, qui n'est pas intégré dans une structure de bâtiment, n'est donc pas traité par cette série de normes.

La série ISO 11855 s'applique aux systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement de surface à eau dans les bâtiments. La série ISO 11855 est appliquée aux systèmes utilisant non seulement de l'eau mais également d'autres fluides ou de l'électricité en tant que médium de chauffage ou de refroidissement. La série ISO 11855 ne s'applique pas à l'essai des systèmes. Ces méthodes ne s'appliquent pas aux panneaux ou poutres de plafond chauffés ou refroidis.

L'objectif de la série ISO 11855 est de fournir des critères permettant une conception efficace des systèmes intégrés. À cet effet, elle présente des critères de confort des locaux desservis par les systèmes intégrés, et traite du calcul de la puissance calorifique, du dimensionnement, de l'analyse dynamique, de l'installation, de la méthode de contrôle des systèmes intégrés et des paramètres d'entrée pour le calcul de la performance énergétique.

La série ISO 11855 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Conception de l'environnement des bâtiments — Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement*:

- Partie 1: *Définitions, symboles et critères de confort*;
- Partie 2: *Détermination de la puissance calorifique et frigorifique à la conception*;
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8174773-5073-416d-9f37-433e7492610/iso-fdis-11855-3>
- Partie 3: *Conception et dimensionnement*;
- Partie 4: *Dimensionnement et calculs relatifs au chauffage adiabatique et à la puissance frigorifique pour systèmes thermoactifs (TABS)*;
- Partie 5: *Installation*;
- Partie 6: *Contrôle*;
- Partie 7: *Paramètres d'entrée pour le calcul de la performance énergétique*.

L'ISO 11855-1 spécifie les critères de confort dont il convient de tenir compte lors de la conception des systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement, le principal objectif d'un système de chauffage et de refroidissement par rayonnement étant de satisfaire au confort thermique des occupants. L'ISO 11855-2 fournit des méthodes de calcul en régime stabilisé pour la détermination de la puissance calorifique et frigorifique. L'ISO 11855-3 spécifie les méthodes de conception et de dimensionnement des systèmes de chauffage et de refroidissement par rayonnement permettant de garantir la puissance calorifique et frigorifique. L'ISO 11855-4 fournit une méthode de dimensionnement et de calcul pour la conception des systèmes thermoactifs (TABS) en vue de réaliser des économies d'énergie, les systèmes de chauffage et de refroidissement par rayonnement permettant de réduire la consommation d'énergie et la taille de la source de chaleur en utilisant de l'énergie renouvelable. L'ISO 11855-5 examine le processus d'installation permettant au système de fonctionner comme prévu. L'ISO 11855-6 présente une méthode de contrôle appropriée des systèmes de chauffage et de refroidissement par rayonnement, permettant de garantir les performances maximales prévues au stade de la conception lorsque le système est effectivement exploité dans un bâtiment. L'ISO 11855-7 présente une méthode de calcul pour les paramètres d'entrée pour l'ISO 52031.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 11855-3

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/817f4773-5073-416d-9f37-ee5c7fa92810/iso-fdis-11855-3>

Conception de l'environnement des bâtiments — Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement —

Partie 3: Conception et dimensionnement

1 Domaine d'application

Le présent document définit une méthode de conception et de dimensionnement de systèmes permettant de garantir la puissance calorifique et frigorifique des systèmes de chauffage et de refroidissement par rayonnement.

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 11855-1, *Conception de l'environnement des bâtiments — systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement — Partie 1: Définitions, symboles et critères de confort*

ISO 11855-2:—,¹⁾ *Conception de l'environnement des bâtiments — Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement — Partie 2: Détermination de la puissance calorifique et frigorifique à la conception*

ISO 11855-5:—,²⁾ *Conception de l'environnement des bâtiments — Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement — Partie 5: Installation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11855-1 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>.

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles figurant dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

1) La deuxième édition est en cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: ISO/FDIS 11855-2:2021.

2) La deuxième édition est en cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: ISO/FDIS 11855-5:2021

Tableau 1 — Symboles et termes abrégés

Symbole	Unité	Quantité
A_F	m ²	Aire de la surface de chauffage ou de refroidissement
A_A	m ²	Aire de la surface de chauffage ou de refroidissement occupée
A_R	m ²	Aire de la surface de chauffage ou de refroidissement périphérique
C_{Wa}	J/(kg·K)	Chaleur spécifique de l'eau
K_H	W/(m ² ·K)	Coefficient de transmission thermique équivalent
l_p	m	Distance entre les solives
l_w	m	Épaisseur de la solive
m_C	kg/s	Débit théorique du medium de refroidissement
m_H	kg/s	Débit théorique du medium de chauffage
q_{des}	W/m ²	Flux thermique théorique
$q_{des,A}$	W/m ²	Flux thermique théorique dans la zone occupée
$q_{des,R}$	W/m ²	Flux thermique théorique dans la zone périphérique
q_G	W/m ²	Flux thermique limite
q_{max}	W/m ²	Flux thermique théorique maximal
Q_{des}	W	Puissance calorifique/frigorifique théorique
Q_N	W	Charge calorifique/frigorifique théorique
$Q_{N,s}$	W	Charge frigorifique théorique sensible
$Q_{N,l}$	W	Charge frigorifique théorique latente
Q_{out}	W	Puissance calorifique d'un appareil de chauffage complémentaire
$R_{h,bk}$	(m ² K)/W	Résistance thermique sur la surface de la face arrière du mur
$R_{h,c}$	(m ² K)/W	Résistance thermique sur la surface du plafond dans la pièce chauffée par le sol
R_o	(m ² K)/W	Résistance thermique partielle de la structure de surface vers l'intérieur
R_u	(m ² K)/W	Résistance thermique partielle de la structure de surface vers l'extérieur
$R_{\lambda,B}$	(m ² ·K)/W	Résistance thermique du revêtement de surface
$R_{\lambda,c}$	(m ² ·K)/W	Résistance thermique de la structure de dalle du plafond
$R_{\lambda,ins}$	(m ² ·K)/W	Résistance thermique de la face arrière de la couche d'isolation
$R_{\lambda,pl}$	(m ² ·K)/W	Résistance thermique de la couche d'enduit
s_{ins}	m	Épaisseur effective de la couche d'isolation thermique
W	m	Espacement des tuyaux
h_C	W/(m ² K)	Coefficient de transmission thermique au niveau de la surface de chauffage au plafond
h_F	W/(m ² K)	Coefficient de transmission thermique au niveau de surface de chauffage au sol
h_W	W/(m ² K)	Coefficient de transmission thermique au niveau de surface de chauffage au mur
λ_{ins}	W/(m·K)	Conductivité thermique effective de la couche d'isolation thermique
λ_i	W/(mK)	Conductivité thermique de la couche d'isolation thermique entre les solives
λ_w	W/(mK)	Conductivité thermique de la solive
$\theta_{F,max}$	°C	Température de surface maximale
$\theta_{F,min}$	°C	Température de surface minimale
θ_i	°C	Température intérieure théorique
θ_R	°C	Température de retour du medium de chauffage ou de refroidissement
θ_V	°C	Température d'alimentation du medium de chauffage ou de refroidissement

Tableau 1 (suite)

Symbole	Unité	Quantité
$\theta_{V,des}$	°C	Température théorique d'alimentation du medium de chauffage/refroidissement
$\Delta\theta_H$	K	Écart de température du medium de chauffage ou de refroidissement
$\Delta\theta_{C,des}$	K	Écart de température théorique du medium de refroidissement
$\Delta\theta_{H,des}$	K	Écart de température théorique du medium de chauffage
$\Delta\theta_{H,G}$	K	Écart limite de température du medium de chauffage/refroidissement
$\Delta\theta_{V,des}$	K	Écart théorique de température d'alimentation du medium de chauffage/refroidissement
σ	K	Chute/élévation de température entre les mediums d'alimentation et de retour

5 Panneau rayonnant

5.1 Systèmes de chauffage par le sol

5.1.1 Mode opératoire de conception

La conception d'un système de chauffage par le sol nécessite la détermination de l'aire de la surface de chauffage, du type, de la dimension des tuyaux, de l'espacement des tuyaux, de la température d'alimentation du medium de chauffage et du débit théorique du medium de chauffage. Les étapes de conception sont les suivantes:

Étape 1: Calculer la charge calorifique théorique Q_N . La charge calorifique théorique Q_N ne doit pas inclure les pertes thermiques adjacentes. Il convient de réaliser cette étape en respectant une norme de calcul de charge calorifique, telle que l'EN 12831, en se fondant sur un indice tel que la température opérative (OT) (voir l'ISO 11855-1).

Étape 2: Déterminer l'aire de la surface de chauffage A_F , à l'exclusion de toute aire recouverte par des objets fixes ou des objets fixés à une structure de bâtiment.

Étape 3: Établir une température de surface maximale admissible conformément à l'ISO 11855-1.

Étape 4: Déterminer le flux thermique théorique q_{des} conformément à la Formule (1). Pour les systèmes de chauffage par le sol incluant une zone périphérique, le flux thermique théorique de la zone périphérique $q_{des,R}$ et le flux thermique théorique de la zone occupée $q_{des,A}$ doivent être respectivement calculés sur l'aire de la surface de chauffage périphérique A_R et l'aire de la surface de chauffage occupée A_A , conformément à la Formule (2).

$$q_{des} = \frac{Q_N}{A_F} \quad (1)$$

$$Q_N = q_{des,R} \times A_R + q_{des,A} \times A_A \quad (2)$$

Étape 5: Pour la conception des systèmes de chauffage par le sol, déterminer la pièce utilisée à la conception à l'aide du flux thermique théorique maximal $q_{max} = q_{des}$.

Étape 6: Déterminer le système de chauffage par le sol, tel que l'espacement des tuyaux et le type de revêtement, et l'écart de température théorique du medium de chauffage $\Delta\theta_{H,des}$, en se fondant sur le flux thermique théorique maximal q_{max} et la température de surface maximale $\theta_{F,max}$ d'après la famille de courbes caractéristiques selon l'ISO 11855-2 et le paragraphe 5.1.7.

Étape 7: S'il s'avère impossible d'obtenir le flux thermique théorique q_{des} quel que soit l'espacement des tuyaux dans la pièce servant à la conception, il est recommandé d'inclure une zone périphérique et/ou de prévoir un appareillage de chauffage complémentaire. Dans ce cas, il est dès lors possible d'obtenir le flux thermique théorique maximal q_{max} pour le système intégré dans une autre pièce. La valeur de la puissance calorifique Q_{out} d'un appareillage de chauffage complémentaire est déterminée par la Formule (3) suivante:

$$Q_{out} = Q_N - Q_{des} \quad (3)$$

où la puissance calorifique théorique Q_{des} est calculée à l'aide de la Formule (4):

$$Q_{des} = q_{des} \times A_F \quad (4)$$

Étape 8: Déterminer la résistance thermique de la face arrière de la couche d'isolation $R_{\lambda,ins}$ et le débit théorique du medium de chauffage m (voir 5.1.6 et 5.1.8).

Étape 9: Estimer la longueur totale du circuit de chauffage.

En cas de fonctionnement intermittent fréquent, il doit être tenu compte des caractéristiques d'augmentation du flux thermique et de la température de surface ainsi que du temps nécessaire pour parvenir aux conditions admissibles dans les pièces juste après la mise en route du système.

5.1.2 Écart de température du medium de chauffage

L'écart de température du medium de chauffage $\Delta\theta_H$ est calculé comme suit (se référer à l'ISO 11855-2):

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} \quad (5)$$

L'effet de la chute de température du medium de chauffage est pris en compte dans cette formule.

5.1.3 Courbe caractéristique

La courbe caractéristique décrit la relation entre le flux thermique q et l'écart de température du medium de chauffage $\Delta\theta_H$. Pour simplifier, on considère que le flux thermique q est proportionnel à l'écart de température du medium de chauffage $\Delta\theta_H$:

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H \quad (6)$$

où K_H est le coefficient de transmission thermique équivalent déterminé dans l'ISO 11855-2 en fonction du type de système.

5.1.4 Famille de courbes caractéristiques

La famille de courbes caractéristiques d'un système de chauffage par le sol avec un espacement spécifique des tuyaux W doit contenir au moins les courbes caractéristiques relatives aux valeurs de la résistance thermique du revêtement de surface $R_{\lambda,B} = 0, R_{\lambda,B} = 0,05, R_{\lambda,B} = 0,10$ et $R_{\lambda,B} = 0,15$ (m^2K/W), selon l'ISO 11855-2 (voir Figure 1). Si possible, les valeurs de $R_{\lambda,B} > 0,15$ (m^2K/W) ne doivent pas être utilisées.

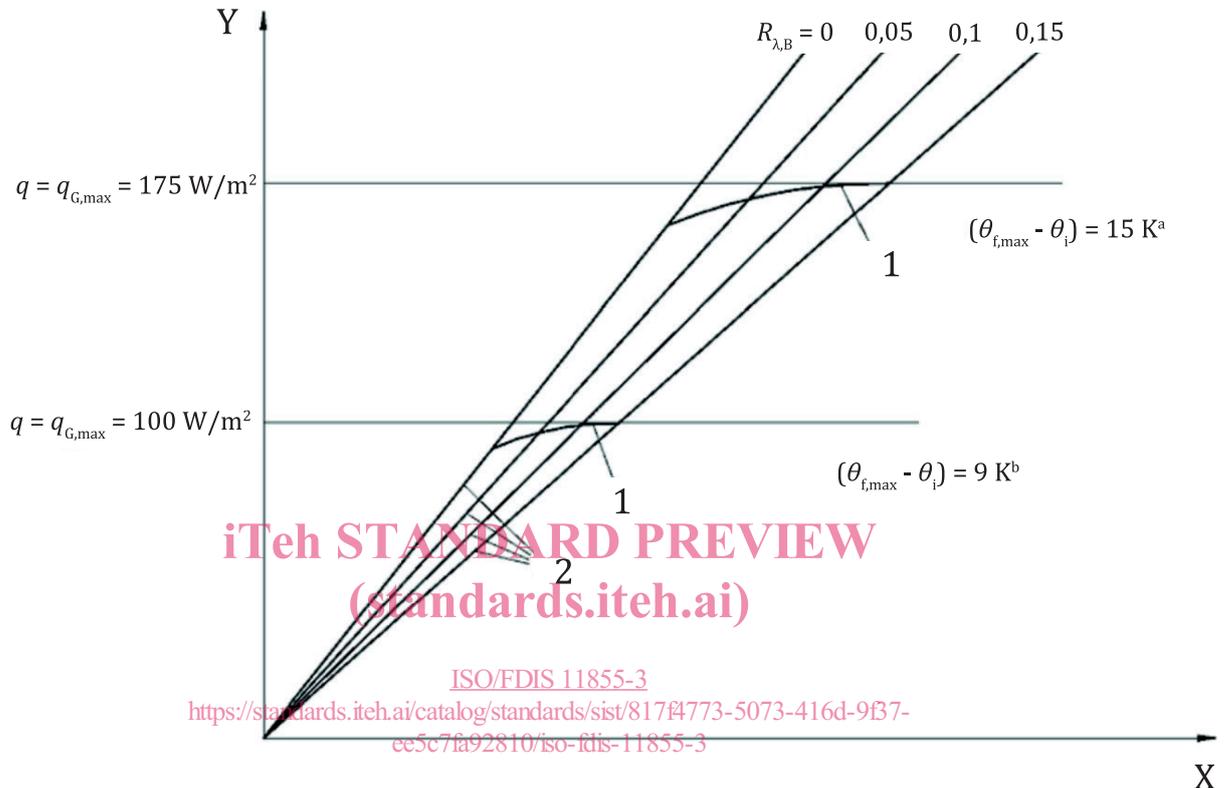
5.1.5 Courbes limites

Les courbes limites de la famille de courbes caractéristiques décrivent, selon l'ISO 11855-2, la relation entre l'écart de température du medium de chauffage $\Delta\theta_H$ et le flux thermique q dans le cas où les valeurs limites des températures de surface admises physiologiquement sont atteintes. Pour les besoins de la conception, c'est-à-dire la détermination des valeurs théoriques du flux thermique et de l'écart de

température associé du medium de chauffage $\Delta\theta_H$, les courbes limites sont valables pour une chute de température σ entre les mediums d'alimentation et de retour se situant dans la page suivante:

$$0 \text{ K} < \sigma < 5 \text{ K}$$

Les courbes limites sont utilisées pour spécifier la limite de l'écart de température du medium de chauffage $\Delta\theta_{H,G}$ et la température d'alimentation (se référer à la [Figure 6](#)).



Légende

- X $\Delta\theta_H$ K
- Y q W/m²
- 1 courbes limites
- 2 courbes caractéristiques de performance
- a zone périphérique
- b zone occupée

Figure 1 — Famille de courbes caractéristiques, incluant les courbes limites pour le chauffage par le sol, pour un espacement constant des tuyaux

Cet exemple concerne le chauffage par le sol, température intérieure = 20 °C et température maximale = 29 °C (zones occupées) et 35 °C (zone périphérique). Pour les salles de bains (la température intérieure est de 24 °C), la courbe limite pour $(\theta_{F,max} - \theta_i) = 9\text{K}$ s'applique également.

5.1.6 Isolation thermique vers le bas

Pour limiter le flux thermique à travers le sol vers les locaux situés en dessous, il doit être spécifié à la conception que la résistance thermique exigée de la face arrière de la couche isolante $R_{\lambda,ins}$ ne doit pas être inférieure à la valeur en 5.1.2.3.2 de l'ISO 11855-5:—.

Pour les systèmes comportant une couche d'isolation plate (Types A, B, C, D et G de l'ISO 11855-2), la résistance thermique de la face arrière de la couche isolante $R_{\lambda,ins}$ est calculée par la [Formule \(7\)](#) en