
**Isolation thermique des équipements du
bâtiment et des installations industrielles —
Méthodes de calcul**

*Thermal insulation for building equipment and industrial installations —
Calculation rules*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12241:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>



Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions, symboles et abréviations	1
3.1 Grandeurs physiques, symboles et unités	1
3.2 Indices	2
4 Méthodes de calcul du transfert de chaleur	3
4.1 Équations fondamentales pour le transfert de chaleur	3
4.2 Température de surface	17
4.3 Prévention de la condensation en surface	19
5 Calcul des variations de température dans les tuyauteries, réservoirs et capacités	19
5.1 Variation de température axiale dans une tuyauterie	19
5.2 Variation de température et temps de refroidissement dans les tuyauteries, réservoirs et capacités	20
6 Calcul des temps nécessaires au refroidissement, puis à la congélation des liquides au repos	20
6.1 Calcul du temps de refroidissement sans risque de gel d'un liquide contenu dans une canalisation sous une épaisseur d'isolation donnée	20
6.2 Calcul du temps de congélation de l'eau dans une tuyauterie	22
7 Ponts thermiques	22
8 Canalisations enterrées	22
8.1 Calcul de la déperdition thermique (une seule canalisation)	23
9 Tableaux et diagrammes	26

© ISO 1998

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation

Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Internet central@iso.ch

X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

Annexe A (informative) Commentaires relatifs à la conductivité thermique	30
Annexe B (informative) Exemples.....	32
B.1 Calcul de l'épaisseur d'isolation nécessaire pour une paroi à deux couches d'un foyer (chambre de combustion, four, étuve, ...)	32
B.2 Flux thermique et température de surface d'une tuyauterie isolée	33
B.3 Chute de température dans une tuyauterie	34
B.4 Chute de température dans un réservoir	35
B.5 Temps de refroidissement et de congélation dans une tuyauterie	35
B.6 Canalisation enterrée	36
B.7 Épaisseur d'isolation nécessaire pour éviter la condensation en surface	37
Annexe C (informative) Bibliographie	39

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12241:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>

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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 12241 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, *Isolation thermique*, sous-comité SC 2, *Methodes de calcul*.

Les annexes A à C de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12241:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>

Introduction

Les méthodes de calcul relatives à la conduction dérivent directement de la loi de Fourier sur la conduction thermique et le consensus international est donc simplement une question de vérification mathématique. Il n'existe pas de différences significatives entre les techniques utilisées dans les différents pays membres. Pour la convection et le rayonnement, toutefois, il n'existe pas de méthodes, en pratique, qui puissent être reliées mathématiquement à la loi de Newton sur le refroidissement ou à la loi de Stefan-Boltzmann sur le rayonnement thermique, sans un quelconque élément empirique. Pour la convection, notamment, de nombreuses équations différentes, basées sur des données de laboratoire, ont été développées.

Différentes équations sont en usage dans divers pays et aucun moyen exact n'est disponible pour opérer une sélection entre ces équations.

Dans les limites établies, les méthodes données dans cette norme peuvent être appliquées à la plupart des problèmes de transfert de chaleur relatifs à isolation thermique industrielle.

Ces méthodes ne tiennent pas compte des mouvements d'air ou de la transmission du rayonnement thermique à travers des milieux transparents.

La résolution des équations propres à ces méthodes exige que certaines variables du système soient connues, données, supposées ou mesurées. Dans tous les cas, l'exactitude des résultats dépendra de l'exactitude des variables entrées. La présente norme ne comporte pas de directives pour préciser la mesure de l'une quelconque de ces variables. Toutefois, elle contient des indications qui se sont révélées satisfaisantes pour l'estimation de certaines des variables propres à nombre de systèmes thermiques industriels.

On notera que les calculs en régime stationnaire dépendent des conditions aux limites. Il arrive souvent qu'une solution, pour une série de conditions aux limites, ne suffise pas à caractériser un système thermique qui va fonctionner dans un environnement thermique changeant (équipement industriel exploité toute l'année durant, à l'extérieur, par exemple). Dans de tels cas, des données météorologiques locales basées sur les moyennes annuelles ou les extréma annuels des variables météorologiques doivent être utilisées (selon la nature du calcul considéré) pour faire les calculs de la présente norme.

En particulier, l'utilisateur ne déduira pas des méthodes de la présente norme que la qualité de l'isolation ou l'absence de condensation peut être assumée de manière fiable en se basant sur des mesures simples minimales et sur l'application des méthodes de calcul de base données dans ce cadre. Pour la plupart des surfaces d'échanges thermiques en ambiance industrielle, il n'existe pas d'état isotherme, c'est-à-dire une température uniforme sur la surface, mais bien plutôt un profil de température variable. Dans ces conditions, il est nécessaire de réaliser de nombreux calculs de manière à modéliser correctement les caractéristiques thermiques de toute surface donnée. En outre, le flux thermique à travers une surface, en tout point de cette dernière, est fonction de plusieurs variables qui ne sont pas directement liées à la qualité de l'isolation. Ces variables comprennent la température ambiante, le mouvement de l'air, la rugosité et l'émissivité de la surface d'échange thermique, ainsi que l'échange par rayonnement avec l'environnement (qui implique souvent de nombreuses variables). Pour le calcul des températures de condensation, la variation de l'humidité locale constitue également un facteur à prendre en considération.

Sauf à l'intérieur des bâtiments, la température rayonnante résultante des milieux correspond rarement à la température de l'air, les mesures des températures environnantes, les émissivités, les zones exposées sont en dehors du domaine de cette norme. C'est pourquoi, ni la température de surface, ni la différence de température

entre la surface et l'air ne peuvent être utilisés comme des indicateurs fiables de la performance de l'isolation ou l'absence de condensation.

Les chapitres 4 et 5 présentent les méthodes à utiliser pour les calculs thermiques des isolations industrielles qui ne sont pas couverts par des normes spécifiques. Dans les applications où des valeurs précises de conservation d'énergie ou de température de surface (isolée) n'ont pas à être garanties, ou bien lorsque les températures de condensation ne sont pas atteintes ou ne sont pas prises en compte, ces méthodes peuvent être utilisées pour calculer les flux thermiques existants.

Les chapitres 6 et 7 de la présente norme constituent des adaptations de l'équation générale pour des applications spécifiques de calcul de variation de température, de flux thermique, de temps de congélation dans des tuyauteries et dans les autres réservoirs.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12241:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>

Isolation thermique des équipements du bâtiment et des installations industrielles — Méthodes de calcul

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des méthodes pour calculer les propriétés relatives au transfert de chaleur des équipements du bâtiment et des installations industrielles en régime stationnaire sous un flux thermique unidimensionnel.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>

ISO 7345:1995, *Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions.*

ISO 9346:1987, *Isolation thermique — Transfert de masse — Grandeurs physiques et définitions.*

NOTE — Pour d'autres publications, voir l'annexe C.

3 Définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions de l'ISO 7345 et l'ISO 9346 s'appliquent.

3.1 Grandeurs physiques, symboles et unités

Grandeurs physiques	Symbole	Unité
flux thermique	Φ	W
densité de flux thermique	q	W/m ²
densité linéique de flux thermique	q_l	W/m
température thermodynamique	T	K
température Celsius	θ	°C
différence de température	$\Delta\theta$	K
conductivité thermique	λ	W/(m·K)

conductivité thermique utile	λ_d	W/ (m·K)
coefficient d'échange superficiel	h	W/ (m ² ·K)
résistance thermique	R	m ² ·K/W
résistance thermique linéique	R_l	m·K/W
résistance thermique linéique de surface	R_{le}	m·K/W
résistance de surface du transfert thermique	R_s	K/W
résistance thermique pour une sphère creuse	R_{sph}	K/W
transmission thermique pour une sphère creuse	U_{sph}	W/K
transmission thermique	U	W/ (m ² ·K)
transmission thermique linéique	U_l	W/ (m·K)
capacité thermique massique à pression constante	c_p	kJ/(kg·K)
épaisseur	d	m
diamètre	D	m
facteur de température	a_r	K ³
coefficient de rayonnement	C_r	W/ (m ² ·K ⁴)
émissivité	ε	
constante de Stefan-Boltzmann (voir réf. [9])	σ	W/ (m ² ·K ⁴)
hauteur	H	m
longueur	l	m
paramètre d'épaisseur (voir 4.2)	C	m
périmètre	P	m
surface	A	m ²
volume	V	m ³
vitesse	v	m/s
temps	t	s
masse	m	kg
débit massique	\dot{m}	kg/h
masse volumique	ρ	kg/m ³
enthalpie spécifique ; chaleur latente de fusion	h_{fr}	kJ/kg
humidité relative	ϕ	%

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12241:1998
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ae8fa5e-5f9c-473e-ac99-77ae1bc381ec/iso-12241-1998>

3.2 Indices

ambient	a
moyenne	av
refroidissement	c
convection	cv

conception, tuyauterie, point de rosée	d
extérieur	e
effectif	ef
milieu final	fm
congélation	fr
intérieur, interne	i
milieu initial	im
laboratoire	lab
linéique	l
tuyauterie	p
rayonnement	r
référence	ref
surface	s
surface externe	se
surface interne	si
sphérique	sph
sol	E
total	T
réservoir	v
eau	w
paroi	W

4 Méthodes de calcul du transfert de chaleur

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

4.1 Equations fondamentales pour le transfert de chaleur

Les formules données dans ce chapitre ne s'appliquent qu'au cas du transfert de chaleur en régime stationnaire, c'est-à-dire dans le cas où les températures restent constantes dans le temps en tout point du milieu considéré. Généralement, la valeur de la conductivité thermique utile dépend de la température (voir figure 1, ligne en pointillé).

Pour les besoins de cette Norme internationale, on doit utiliser la valeur de la conductivité thermique utile (de conception) à la température moyenne de chaque couche.

NOTE — Cette approche peut entraîner un calcul itératif.

4.1.1 Conduction thermique

La conduction thermique décrit normalement le transfert de chaleur moléculaire dans les solides, liquides et gaz sous l'effet d'un gradient de température,

On suppose, dans ce calcul, que le gradient de température n'existe que dans une direction seulement, et la température est constante dans les plans perpendiculaires à celui-ci.

La densité de flux thermique q pour une paroi plane dans la direction x est donnée par :

$$q = -\lambda \cdot \frac{d\theta}{dx} \quad \text{W/m}^2 \quad (1)$$

Pour une couche unique

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot (\theta_{si} - \theta_{se}) \quad \text{W/m}^2 \quad (2)$$

ou

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \quad \text{W/m}^2 \quad (2a)$$

où :

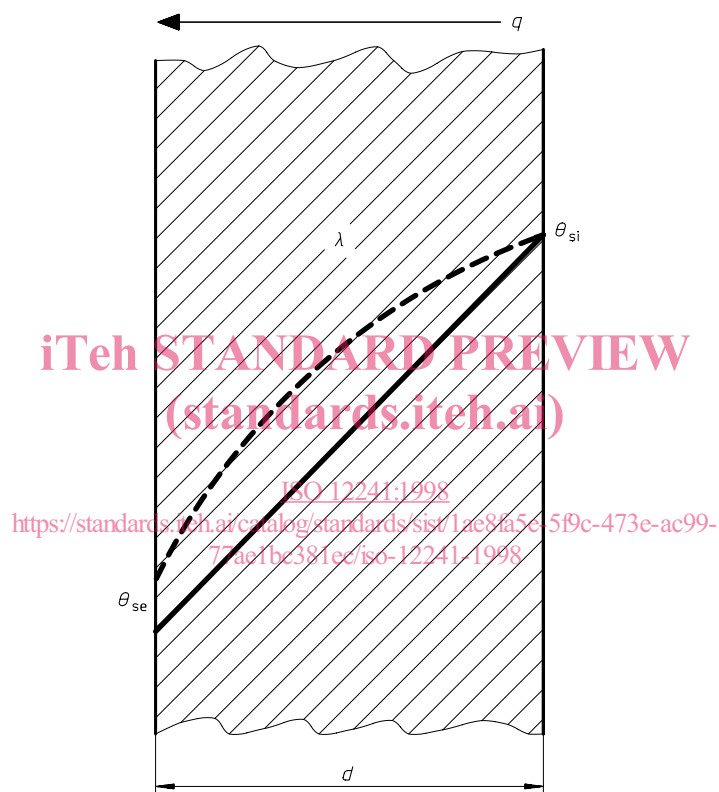
λ est la conductivité thermique du matériau, en W/(m·K);

d est l'épaisseur de la paroi plane, en m;

θ_{si} est la température de la surface interne, en °C;

θ_{se} est la température de la surface externe, en °C;

R est la résistance thermique de la paroi, en (m²·K)/W



NOTE — La courbe pleine montre le cas d'une dépendance négligeable de λ par rapport à la température, celle en pointillé montre le cas d'une forte dépendance.

Figure 1 : Distribution de la température dans une paroi plane monocouche

et pour une isolation multicouche :

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R'} \quad \text{W/m}^2 \quad (3)$$

où R' est la résistance thermique de la paroi multicouche

$$R' = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} \quad \text{m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (4)$$

NOTE — Le signe " ' " caractérise une paroi multicouche

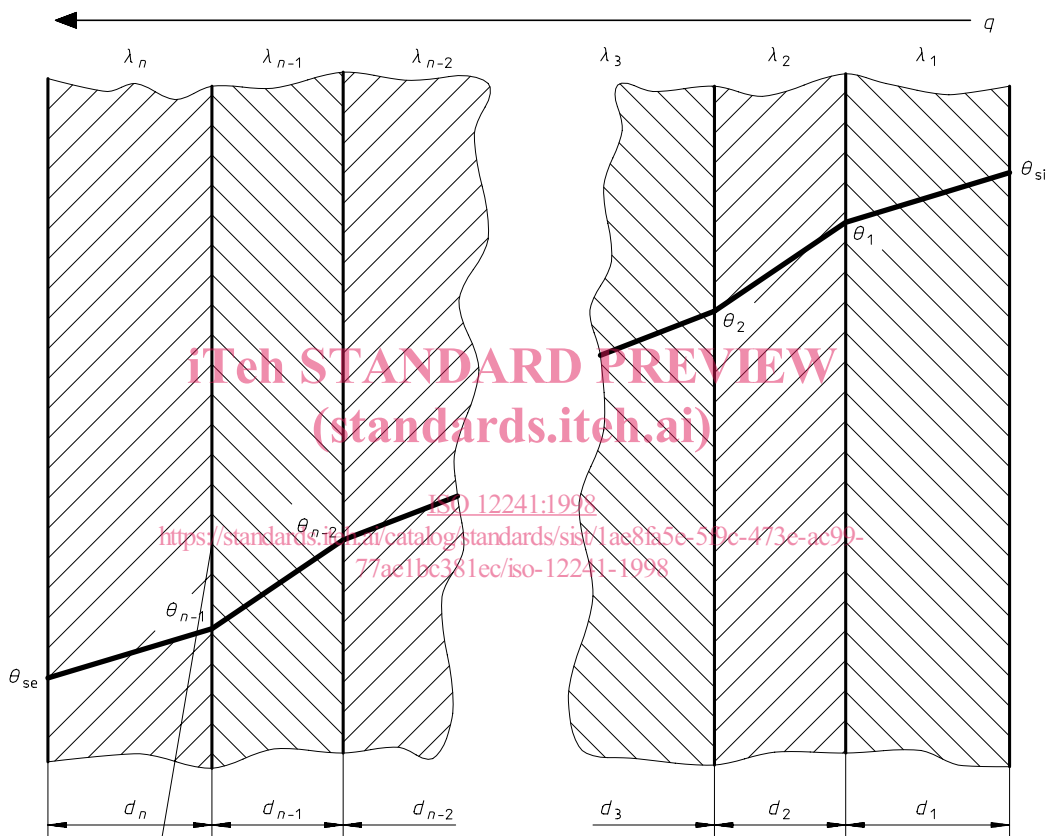


Figure 2 : Distribution de la température dans une paroi plane multicouche

La densité linéique du flux thermique q_l d'un cylindre creux monocouche :

$$q_l = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_l} \quad \text{W/m} \quad (5)$$

où R_l est la résistance thermique linéique du cylindre creux monocouche.

$$R_l = \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \quad \text{m} \cdot \text{K/W} \quad (6)$$

D_e est le diamètre extérieur de la couche, en m;

D_i est le diamètre intérieur de la couche, en m.

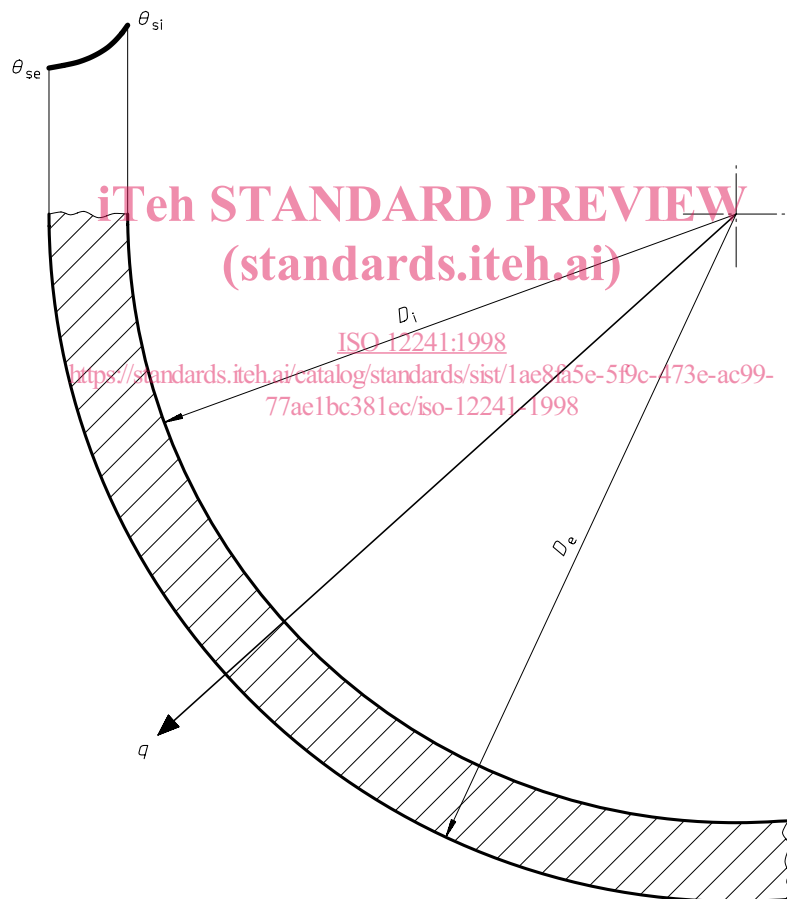


Figure 3: Distribution de la température dans un cylindre creux monocouche

Pour un cylindre creux multicouche :

$$q_l = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_l'} \quad \text{W/m} \quad (7)$$

où

$$R_l' = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\lambda_j} \cdot \ln \frac{D_{ej}}{D_{ij}} \right) \quad \text{m} \cdot \text{K/W} \quad (8)$$

avec $D_0 \equiv D_i$ et $D_n \equiv D_e$

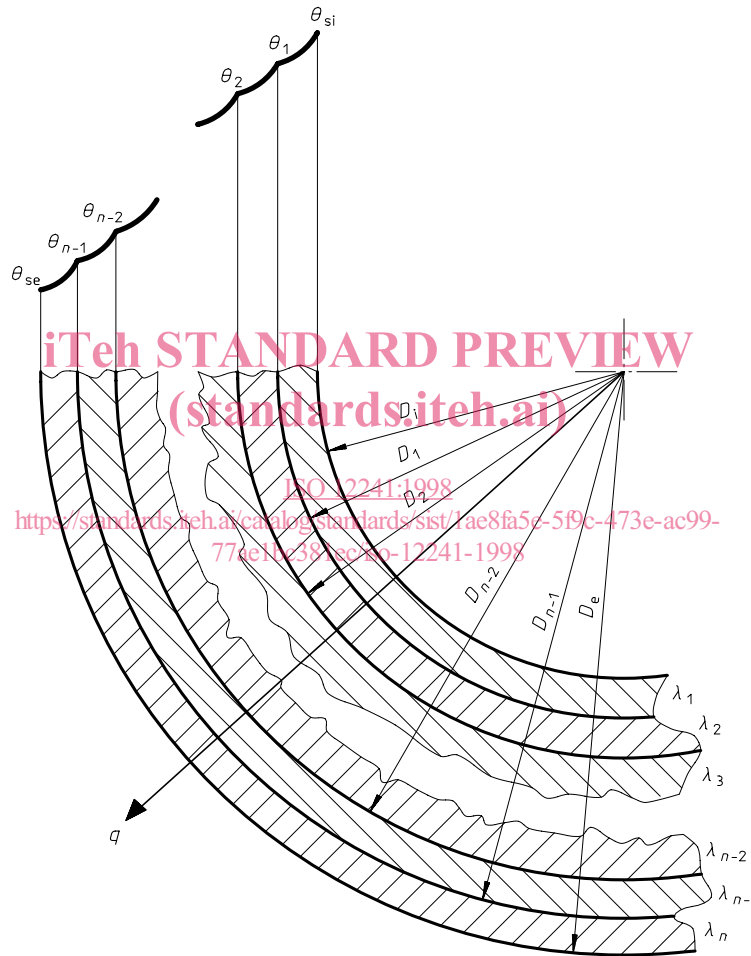


Figure 4 : Distribution de la température dans un cylindre creux multicouche