

TECHNO-FICHES

100 FICHES  
PRATIQUES

# CHAUFFAGE

*Dimensionnement • Production •  
Distribution • Eau chaude sanitaire*

*2<sup>e</sup> édition*

*Patrick Agostini*

DUNOD

Les figures 1.1-1.2, 2.1, 4.1, 5.1-5.2, 6.1-6.2-6.3-6.4, 8.1, 10.1-10.2, 11.1, 12.1, 13.1-13.2, 16.1, 17.1, 20.1, 21.1, 24.1-24.3, 25.1, 26.1, 27.1-27.3, 28.1-28.3, 29.1, 31.1, 32.1, 33.1, 34.1, 35.1, 36.1-36.2, 37.1, 37.2, 38.1-38.3, 39.1-39.2, 40.1, 42.1-42.3, 43.1, 46.1, 47.1, 48.1, 50.1-50.3, 51.1, 52.1-52.3, 53.1, 57.1-57.2, 57.4, 58.1, 59.1, 60.1-60.2, 63.1, 66.1, 67.1-67.4, intro partie F, 71.1, 72.1-72.2, 73.1, 74.2, 78.2, 79.1-79.3, 81.1, 82.1-82.3, 84.1, 88.1, 90.1-90.2, 93.1-93.2 et annexe sont extraites de l'ouvrage *Pratique du chauffage en 26 fiches-outils*, Jack Bossard, Jean Hrabovsky et Philippe Ménard, Dunod, 2014.

#### NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

# TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	VII
Introduction	VIII

## PARTIE A

### Les notions de base

1. Confort thermique	2
2. Confort Hygrothermique	4
3. Températures extérieures de base	5
4. Déperditions	6
5. Calcul des déperditions de base par transmission	7
6. Déperditions par parois vitrées et ponts thermiques linéaires	9
7. Déperditions par renouvellement d'air – débits d'air	14
8. Principes de la ventilation – acoustique	16
9. Rappels historiques sur la ventilation	18
10. Ventilation mécanique contrôlée – simple flux	20
11. Ventilation double flux	22
12. Ventilation hybride et ventilation mécanique répartie	24
13. Rénovation des installations de ventilation	25
14. Choix du type de VMC	26
15. Comparatif des types de ventilation	27
16. Principaux polluants de l'air intérieur	28
17. Puits provençal ou canadien	29
18. Apports de chaleur – inertie thermique	30
19. Estimation des consommations de chauffage	31
20. Valeurs de référence : Cep et DPE	32
21. Diffusion de chaleur par rayonnement ou convection	34
22. Textes réglementaires	35

## PARTIE B

### Les types d'installations

23. Sources d'énergie	38
24. Modes d'émission de chaleur des émetteurs	40
25. Chauffage central individuel ou collectif	41
26. Chauffage individuel centralisé	42
27. Chauffage divisé	43

28. Réseau urbain de chaleur	44
29. Anciens systèmes en thermosiphon à vase ouvert	46

## PARTIE C

### Classification des appareils

30. Choix de la production de chaleur	49
31. Puissance brûleur – puissance utile – rendement	50
32. Arrêté chaufferie	52
33. Chaudière fonte à éléments sectionnés	54
34. Chaudière acier monobloc à tubes de fumée	55
35. Chaudière acier condensation compacte	56
36. Chaudières à combustibles solides	57
37. Chaudières fioul	59
38. Chaudières gaz naturel	61
39. Installations gaz propane et gaz butane (GPL)	63
40. Brûleurs atmosphériques et à air pulsé	64
41. Chaudières à condensation – PCI-PCS	66
42. Conduits de fumée à tirage naturel – cheminée	68
43. Ventouses – chaudières étanches	70
44. Chaudière VMC gaz	71
45. Production de chaleur par systèmes électriques	72
46. Pompe à chaleur (PAC)	73
47. Chauffage solaire	75
48. Géothermie	77

## PARTIE D

### Les appareils de production-émission

49. Solutions de production-émission	80
50. Production-émission – combustibles solides	81
51. Production-émission – combustibles liquides	83
52. Production-émission – combustibles gazeux	84
53. Production-émission – énergie électrique	85
54. Plancher chauffant rayonnant électrique	86

## PARTIE E

### Accessoires des installations de chauffage à eau chaude

55. Schéma de principe d'une installation de chauffage à eau chaude	89
56. Accessoires électriques d'une installation	91
57. Régulation des installations de chauffage central à eau chaude	93
58. Installation de type chaufferie	96
59. Chaudières en cascade	97
60. Pompes et circulateurs	98

61. Circulateurs	99
62. Caractéristiques électriques des pompes et circulateurs	102
63. Équilibrage des réseaux	103
64. Vitesses silencieuses de circulation de l'eau	104
65. Calcul du réseau d'eau	105
66. Accessoires du circuit de chauffage	107
67. Soupapes différentielles	109
68. Expansion – Calculs	111
69. Systèmes d'expansion	112
70. Qualité de l'eau de chauffage	115

## PARTIE F

### Différents modes de distribution

71. Distribution en boucle de Tichelmann	118
72. Distributions monotube et monotube dérivée	119
73. Distribution bitube	121
74. Distribution hydrocâblée (en pieuvre)	122
75. Tuyauteries utilisées	123
76. Mise en œuvre des canalisations	125
77. Supports des canalisations	126
78. Dilatation thermique	128

## PARTIE G

### Émetteurs de chaleur

79. Émetteurs de chaleur : radiateurs	131
80. Critères de choix d'un radiateur	132
81. Puissance des radiateurs	133
82. Équipement des radiateurs : robinets	135
83. Équipement des radiateurs : tés de réglage	137
84. Plancher chauffant basse température	138

## PARTIE H

### Production d'eau chaude sanitaire

85. Réglementation	141
86. Composition d'un chauffe-eau électrique – effet Joule	142
87. Choix d'un chauffe-eau électrique	144
88. Production d'eau chaude sanitaire collective par électricité	146
89. Chauffe-eau thermodynamique individuel (CETI)	147
90. Installations solaires	149
91. Chaudières murales gaz : production ECS	152
92. Chaudière au sol production mixte	154
93. Production d'ECS à partir d'un primaire à eau chaude	155
94. Chauffe-eau et chauffe-bain gaz	157

95. Besoins en eau chaude sanitaire	159
96. Risque légionellose	162
97. Mitigeurs thermostatiques	164
98. Traitement de l'eau chaude sanitaire	166
99. Bouclages d'eau chaude sanitaire	168
100. Raccordement électrique et volumes des pièces d'eau	171

## ANNEXES

Annexe 1 – Symboles graphiques	174
Annexe 2 – Glossaire	176
Annexe 3 – Bibliographie et références	180
Index	183

# AVANT-PROPOS

Consacrées aux installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, ces fiches pratiques ont pour but de présenter l'essentiel des connaissances nécessaires à leur compréhension. Elles sont destinées aux techniciens du génie climatique, et de fait aux étudiants. D'une manière plus générale, elles seront utiles à toute personne amenée à intervenir sur ces installations.

Leur objectif est d'**offrir une vision globale** et de permettre d'**accéder d'une manière simple et rapide aux informations essentielles**. Nous avons choisi de ne prendre en compte que les installations les plus représentatives, présentes dans les bâtiments d'habitation individuels ou collectifs. Ces fiches pratiques ne constituent pas un cours sur le chauffage et les installations d'eau chaude sanitaire.

L'ouvrage est composé de **100 fiches pratiques** organisées en grandes parties qui permettent d'aborder d'une manière simple les différents points clés qui caractérisent ces installations. Ces fiches abordent la question de la réglementation d'une manière générale (normes, réglementation thermique...) et ne se substituent pas aux textes réglementaires, qui sont en constante évolution. Les annexes reprennent le vocabulaire et les abréviations utilisées.

L'essentiel dans ce métier est la **connaissance** :

- Savoir que cela existe : **le principe**.
- Savoir comment cela s'appelle : **le nom**.
- Savoir à quoi cela sert : **la fonction**.
- Savoir comment cela est conçu, constitué : **les éléments**.
- Savoir comment cela fonctionne : **le fonctionnement**.

Dans un premier temps, il faut s'approprier ces nouvelles connaissances, prendre le temps de les apprendre et de les comprendre. Une fois qu'elles sont comprises, lorsque l'on peut à son tour l'expliquer à quelqu'un d'autre : on atteint la **maîtrise**.

# INTRODUCTION

Avant de parler du chauffage et de la production d'eau chaude, il faut resituer ces deux fonctions essentielles dans leur contexte.

Le **génie climatique** (ou génie thermique) traite de l'ensemble des techniques utilisées pour assurer le confort thermique dans les bâtiments et satisfaire les besoins en eau chaude sanitaire. On parle aussi souvent de CVC (chauffage, ventilation et climatisation [ou conditionnement d'air]) pour décrire ces installations.

La **réglementation thermique**, de plus en plus exigeante, fait que les installations de chauffage central ne représentent plus qu'une faible partie de la puissance installée pour la production, les besoins de l'eau chaude sanitaire devenant prépondérants.

Cet ouvrage est organisé en plusieurs parties, à partir d'une démarche globale visant à faire ressortir différentes notions.

## **Les installations de chauffage :**

- Les notions de base.
- Les différents types d'installations.
- La classification des chaudières
- Les appareils de production-émission.
- Les accessoires des installations de chauffage
- Les différents modes de distribution.
- Les émetteurs de chaleur.

## **La production d'eau chaude sanitaire :**

- La réglementation.
- Les différents types d'appareils et de systèmes de production.
- Les besoins en eau chaude.
- Le risque légionellose.
- Les mitigeurs thermostatiques
- Le traitement de l'eau chaude sanitaire.
- Les bouclages d'eau chaude sanitaire.
- Les raccordements électriques et les volumes des pièces d'eau.

Il a pour objectif de donner une **vision d'ensemble** des critères de choix et des solutions possibles.

# PARTIE A

## LES NOTIONS DE BASE

La fonction principale d'une installation de chauffage est de compenser les déperditions de chaleur. Pour comprendre une installation de chauffage, il faut donc maîtriser plusieurs notions de base :

- La **notion de confort** thermique, qui nécessite de faire la différence entre température, température ressentie et confort thermique (fiche 1).
- La notion de **confort hygrothermique**, qui fait le lien entre taux d'humidité dans l'air et température (fiche 2).
- La **température extérieure de base**, qui permet de calculer les déperditions et donc la puissance à installer (fiche 3).
- Les **déperditions**, c'est-à-dire les pertes de chaleur. Réduire les déperditions revient à réduire les besoins en chauffage (fiches 4 à 7).
- La **ventilation**, qui va définir la qualité de l'air (odeurs, humidité...) et déterminer les **pertes de chaleur** par renouvellement d'air (fiches 8 à 17).
- Les **apports de chaleur** par les occupants, les apports solaires ainsi que l'inertie des bâtiments (fiche 18). Ils sont pris en compte pour le calcul de puissance en climatisation et lors des études sur les bâtiments passifs.
- L'estimation des **consommations** de chauffage et le diagnostic de performance énergétique ou **DPE** (fiches 19 et 20).
- Le principe de **diffusion de chaleur**, rayonnement ou convection (fiche 21).
- Il faut aussi tenir compte de la **réglementation** (fiche 22).

Dans la notion de confort, il faut également faire attention au **confort acoustique** et donc au bruit des équipements (fiche 8).

# 1. CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est la sensation de bien-être (notion subjective) que l'on ressent dans un environnement, dans un bâtiment. En plus de la température mesurée, il dépend de plusieurs facteurs.

## Température ressentie

Le confort thermique d'un bâtiment ne dépend pas uniquement de la température. Il faut également prendre en compte la notion de **température ressentie**. Ainsi, selon que l'on se tient à proximité d'une surface froide ou d'une surface chaude, la sensation de confort change (figure 1).

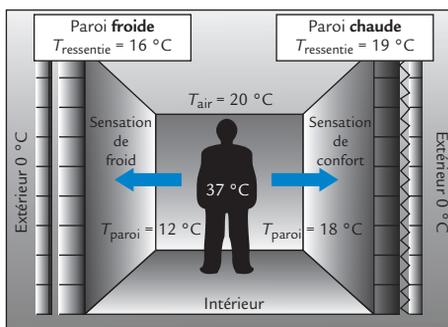


Figure 1 Température ressentie

La température ressentie se calcule à l'aide de la formule :

$$T_{\text{ressentie}} = (T_{\text{paroi}} + T_{\text{air}})/2$$

L'isolation d'une pièce est donc primordiale dans la sensation de confort, de même que le système de chauffage (radiateur, convecteur, etc.). Le chauffage par rayonnement procure une meilleure sensation de confort, qui se rapproche de la sensation que l'on ressent au soleil.

## Températures de référence

Les températures maximales de référence sont :

- $19\text{ °C}$  dans les locaux d'habitation, les chambres d'hôtel.
- $16\text{ °C}$  en cas d'absence supérieure à 24 h et inférieure à 48 h ou la nuit.

- 8 °C pour le mode hors gel, en cas d'absence supérieure à 48 h.
- 22 ± 1 °C dans les bureaux (Selon l'INRS la température doit toujours être supérieure à 18 °C).

Dans tous les cas, la notion de confort thermique est très personnelle. Une température idéale pour certains se révélera inconfortable pour d'autres.

## Autres facteurs

D'autres facteurs influencent la notion de confort :

- L'hygrométrie (taux d'humidité de l'air).
- La vitesse de l'air (courant d'air).
- L'activité de la personne (en mouvement, assise, etc.).
- Son habillement.
- Son état de santé.

C'est pour cela que la température dans les salles de bains ou les hôpitaux doit être plus élevée que dans les autres pièces.

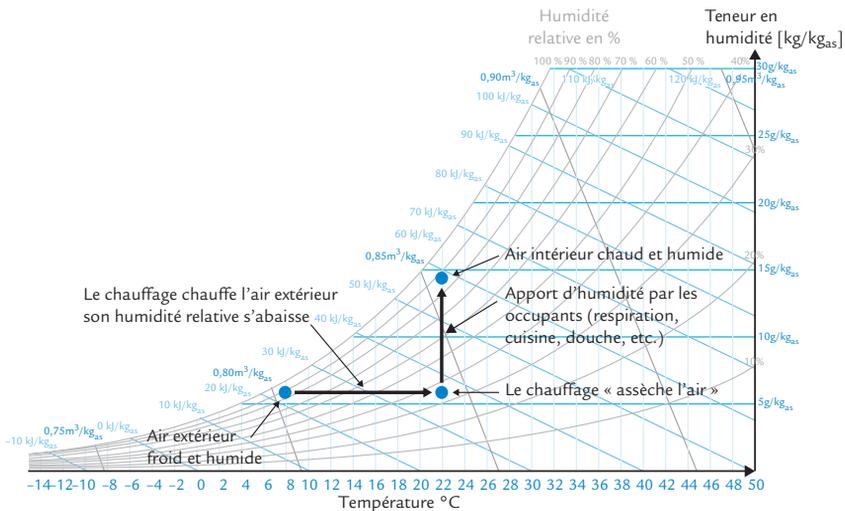


Figure 2 Évolution de l'air renouvelé dans un logement

### ASSÈCHEMENT ET HUMIDITÉ

D'une manière générale, l'installation de chauffage assèche l'air (gorge sèche) et l'activité humaine (respiration) apporte de l'humidité (figure 2). En effet, chaque occupant produit en moyenne 80 g/h de vapeur d'eau. Cette humidité devra être évacuée par un système de ventilation. Sur la figure 2, l'humidité relative passe de 90 % à 35 % en l'absence d'occupants.

## 2. CONFORT HYGROTHERMIQUE

L'**hygrométrie** joue un rôle important dans le ressenti de la température (figure 1). Ainsi, à 17 °C l'humidité doit être comprise entre 40 et 70 %, alors qu'à 26 °C elle doit être comprise entre 30 et 50 %. Au-dessus de 15 °C et de 70 % d'humidité, les moisissures se développent. Pour éviter la présence d'humidité, il est nécessaire de ventiler toutes les pièces (voir fiches 8 à 15).

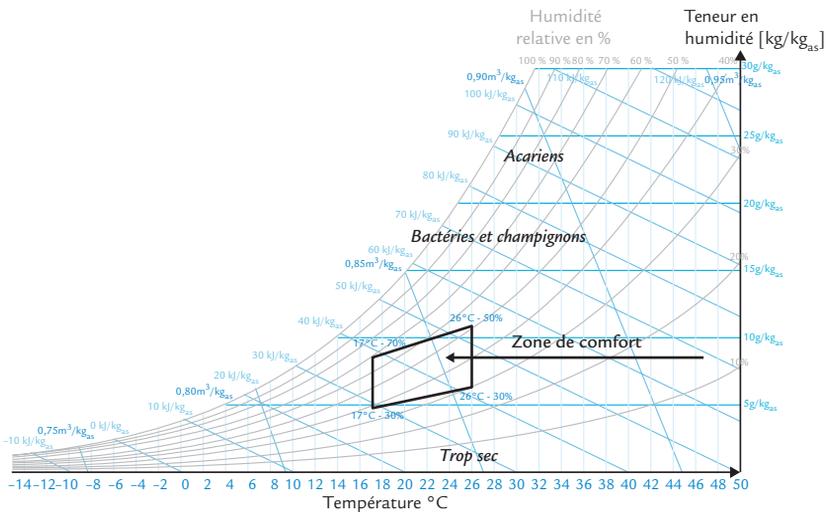


Figure 1 Diagramme psychrométrique

### TAUX DE RENOUVELLEMENT DE L'AIR

Le taux de renouvellement de l'air par occupant doit être d'au moins 15 à 25 m<sup>3</sup>/h en fonction de l'activité, jusqu'à 45 m<sup>3</sup>/h dans les ateliers. Ce renouvellement d'air entraîne une forte déperdition de chaleur (voir fiche 7).

# 3. TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES DE BASE

Les températures extérieures de base permettent de calculer les déperditions. Elles sont données par les statistiques météorologiques qui tiennent compte de l'altitude et de la proximité avec la mer. Ainsi, si la température de base d'une ville est  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cela signifie statistiquement qu'il peut faire  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  pendant trois jours consécutifs. Il peut bien sûr y faire plus froid ponctuellement. Dans les grandes villes, les déperditions des bâtiments mal isolés font généralement remonter cette température extérieure.

## Températures extérieures et altitudes

La carte de la figure 1 donne les températures extérieures. Elle accompagne le tableau 1, qui indique les corrections à apporter en fonction de l'altitude (extrait de la NF P52-612/CN).

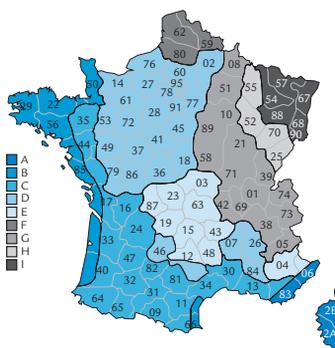


Figure 1 Carte de températures de base en fonction des zones géographiques

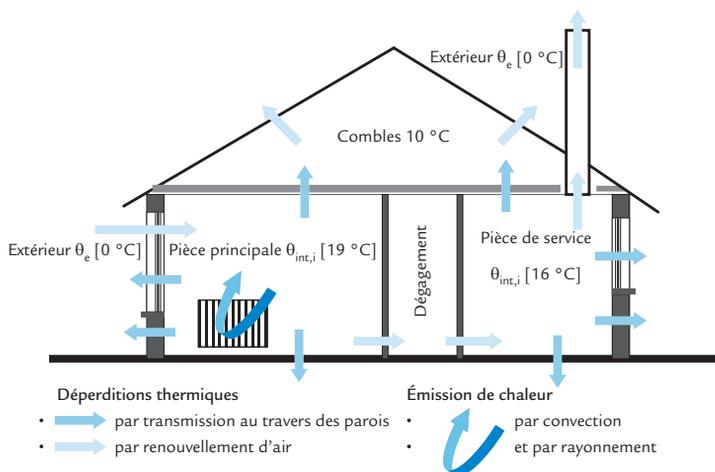
Tableau 1 Correction en fonction de l'altitude

Altitude	Zone								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0 à 200 m	-2	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-15
201 à 400 m	-4	-5	-6	-8	-9	-10	-11	-13	-15
401 à 600 m	-6	-6	-7	-9	-11	-11	-13	-15	-19
601 à 800 m	-8	-7	-8	-11	-13	-12	-14	-17	-21
801 à 1 000 m	-10	-8	-9	-13	-15	-16	-17	-19	-23
1 001 à 1 200 m	-12	-9	-10	-14	-17		-19	-21	-24
1 201 à 1 400 m	-14	-10	-11	-15	-19		-21	-23	-25
1 401 à 1 600 m	-16		-12		-21		-23	-24	
1 601 à 1 800 m	-18		-13		-23		-24		
1 801 à 2 000 m	-20		-14		-25		-25		
2 001 à 2 200 m			-15		-27		-29		

## 4. DÉPÉRDITIONS

L'installation de chauffage sert à compenser les déperditions de chaleur. Les différentes réglementations thermiques et l'isolation des bâtiments ont permis de les faire fortement baisser.

Par convention, on considère que l'échange de chaleur se fait toujours du chaud vers le froid. Un **échange de chaleur** se crée quand il existe un écart de température entre les deux côtés d'une paroi. Les déperditions sont également générées par le renouvellement d'air (figure 1).



**Figure 1** Déperditions de chaleur d'un bâtiment

On distingue deux types de déperditions :

- les déperditions par échange à travers les parois, appelées **déperditions de base** ;
- les **déperditions par renouvellement d'air**.

Dans les nouveaux bâtiments conformes à la réglementation thermique, les déperditions de base sont faibles. L'essentiel des déperditions se fait alors par la ventilation, d'où l'importance de prévoir, lorsque cela est possible, une ventilation double flux qui permet de récupérer plus de 90 % de la chaleur contenue dans l'air extrait (voir fiche 11).

# 5. CALCUL DES DÉPERDITIONS DE BASE PAR TRANSMISSION

Le calcul des déperditions est une étape nécessaire au dimensionnement de l'installation de chauffage. Il se fait en suivant la norme NF EN 12831 harmonisée au niveau européen et son complément national, la norme NF P 52-612/CN. À partir des déperditions de base, le **coefficient de performance énergétique (cep)** peut être calculé. Il permet de vérifier la conformité avec la réglementation thermique. La démarche pour calculer la puissance d'une installation est différente. On emploie les recommandations AICVF n° 01-2019 « chauffage, déperditions de base », consacrées aux dimensionnements des installations de CVC.

## Déperditions de base

Les **déperditions de base** correspondent au flux de chaleur (figures 1 et 2) qui s'échappe de l'espace chauffé (vers la toiture, le sol, l'extérieur, les pièces non chauffées, etc.), en fonction des surfaces d'échange et des ponts thermiques (parties mal isolées comme les liaisons plancher – façade, etc.).

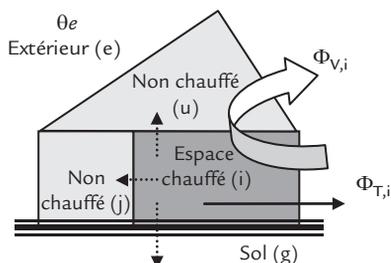


Figure 1

déperditions  $\Phi_T = \sum H_T \times \Delta\theta$  en W

- $\sum H_T$  : somme des coefficients de déperdition.
- $\Delta\theta$  : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur =  $\theta_{INT} - \theta_{EXT}$ .

## Coefficients de déperdition des parois

Les **coefficients de déperdition  $H_T$**  (en  $W/^\circ C$ ) se calculent à l'aide du coefficient de transmission thermique d'une paroi ( $U$ ) et en fonction des coefficients de transmission des ponts thermiques ( $\psi$ ).

$$H_T = \sum A \times U + \sum \psi \times L \quad \text{en } W/^\circ C$$

- $\sum A [m^2]$  : somme des surfaces des parois en contact avec l'extérieur.
- $U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  : coefficient de transmission thermique des parois.
- $\psi [W/(m \cdot ^\circ C)]$  : coefficient de transmission du pont thermique linéaire entre deux parois.
- $L [m]$  : longueur du pont thermique linéaire.

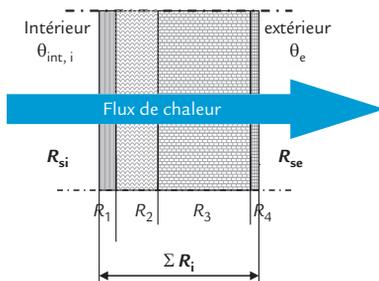
## Coefficient de transmission thermique des parois

Le **coefficient  $U$**  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) dépend lui-même du pouvoir isolant des matériaux, appelé résistance thermique, **la valeur de  $U$  doit être la plus petite possible**.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}}$$

- $R_{si}$  et  $R_{se}$  [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]: résistances superficielles intérieure et extérieure (tableau 1).
- $\sum R$  [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]: somme des résistances thermiques de chaque paroi.

Lorsque la paroi est composée de plusieurs matériaux, les résistances thermiques s'additionnent ( $\sum R_i$ ).



**Figure 2** Échange de chaleur à travers une paroi

## Résistance thermique

$R$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- $e$  [m]: épaisseur de la paroi.
- $\lambda$  [ $W/m \cdot ^\circ C$ ]: coefficient de conductivité thermique du matériau.

**La valeur de  $R$  doit être la plus grande possible.**

**Tableau 1** Valeurs des résistances superficielles intérieures et extérieures à utiliser pour le calcul de  $U$

Paroi et flux	Face externe	$R_{si}$	$R_{se}$
Horizontale, inclinaison $< 60^\circ$ Flux vers le haut $\uparrow$	Extérieur	0,1	0,04
	Non chauffé	0,1	0,1
Verticale, inclinaison $\geq 60^\circ$ Flux horizontal $\rightarrow$	Extérieur	0,13	0,04
	Non chauffé	0,13	0,13
Horizontale, inclinaison $< 60^\circ$ Flux vers le bas $\downarrow$	Extérieur	0,17	0,04
	Non chauffé	0,17	0,17

### À RETENIR

Il faudra donc, en fonction des informations disponibles, choisir :

- $\lambda$  le plus petit possible.
- $R$  le plus grand possible.
- $U$  le plus petit possible.