

---

---

**Performance thermique des bâtiments —  
Calcul des températures intérieures en  
été d'un local sans dispositif de  
refroidissement — Critères généraux et  
procédures de validation**

*Thermal performance of buildings — Calculation of internal  
temperatures of a room in summer without mechanical cooling —  
General criteria and validation procedures*

iTeh STANDARDS ONLINE  
(standards.iteh.ai)

[ISO 13791:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 13791:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2012

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'ISO à l'adresse ci-après ou du 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	v
Introduction.....	vii
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions, symboles et unités .....</b>	<b>2</b>
3.1    Termes et définitions .....	2
3.2    Symboles et unités.....	3
3.3    Indices .....	6
<b>4</b> <b>Détermination des températures intérieures.....</b>	<b>6</b>
4.1    Hypothèses .....	6
4.2    Évaluation des températures utiles.....	7
4.2.1   Température de l'air intérieur.....	7
4.2.2   Température superficielle intérieure .....	8
4.2.3   Surface délimitant deux couches solides.....	8
4.2.4   Surface d'une lame d'air .....	9
4.2.5   Surface extérieure d'un élément du local.....	10
4.2.6   Températures utiles relatives à des parois particulières.....	10
4.3    Bilan thermique du local.....	11
4.4    Conditions aux limites .....	11
4.4.1   Local unique .....	11
4.4.2   Locaux identiques .....	12
4.4.3   Local adjacent avec valeur de la température d'air définie.....	15
4.4.4   Plancher sur terre-plein .....	16
4.4.5   Sous-sol ou vide sanitaire.....	16
4.4.6   Plancher sous comble .....	16
4.5    Termes des équations de bilan thermique .....	16
4.5.1   Conduction thermique à travers des éléments .....	16
4.5.2   Transfert thermique convectif.....	17
4.5.3   Transferts thermiques radiatifs en courte longueur d'onde.....	20
4.5.4   Transfert thermique radiatif en grande longueur d'onde.....	24
4.5.5   Apports internes.....	27
4.5.6   Flux thermique dû à la ventilation .....	27
<b>5</b> <b>Détermination de l'humidité intérieure.....</b>	<b>28</b>
<b>6</b> <b>Méthode pour effectuer des calculs .....</b>	<b>29</b>
6.1    Généralités .....	29
6.2    Données climatiques de référence .....	29
6.2.1   Généralités .....	29
6.2.2   Données climatiques de référence pour une période longue.....	29
6.2.3   Séquence chaude de référence .....	30
6.3    Caractéristiques géométriques et thermophysiques des éléments constituant du local.....	30
6.4    Apports internes de référence .....	30
6.5    Comportement de référence des occupants .....	30
6.6    Méthode de calcul .....	31
6.6.1   Généralités .....	31
6.6.2   Définition des conditions initiales .....	31
6.6.3   Prévision des températures intérieures.....	31
<b>7</b> <b>Compte-rendu de calcul.....</b>	<b>31</b>

<b>8</b>	<b>Méthodes de validation</b> .....	<b>32</b>
8.1	Introduction .....	32
8.2	Validation des processus de transfert thermique .....	32
8.2.1	Généralités .....	32
8.2.2	Conduction thermique à travers des éléments opaques .....	32
8.2.3	Échanges radiatifs intérieurs en grande longueur d'onde .....	34
8.2.4	Surface ensoleillée d'une fenêtre en présence d'écrans extérieurs .....	37
8.3	Méthode de validation de l'ensemble de la méthode de calcul .....	40
8.3.1	Généralités .....	40
8.3.2	Géométrie des locaux d'essais .....	40
8.3.3	Propriétés thermophysiques des parois opaques .....	41
8.3.4	Propriétés du vitrage .....	41
8.3.5	Paramètres solaires .....	44
8.3.6	Conditions aux limites .....	44
8.3.7	Sources d'énergie internes .....	47
8.3.8	Ventilation .....	48
8.3.9	Descriptions des essais de validation .....	49
<b>Annexe A (informative) Exemple de technique de résolution</b> .....		<b>51</b>
<b>Annexe B (informative) Transfert thermique par convection à travers une lame d'air ventilée</b> .....		<b>59</b>
<b>Annexe C (informative) Ombrage causé par les surplombs et les avancées latérales</b> .....		<b>66</b>
<b>Annexe D (informative) Données climatiques de référence relatives à la saison chaude</b> .....		<b>74</b>
<b>Annexe E (informative) Calcul des échanges radiatifs intérieurs en grande longueur d'onde dans les bâtiments</b> .....		<b>75</b>
<b>Annexe F (informative) Coefficients de transferts thermiques radiatifs extérieurs en grande longueur d'onde</b> .....		<b>76</b>
<b>Annexe G (informative) Facteurs solaires</b> .....		<b>78</b>
<b>Annexe H (informative) Apports internes</b> .....		<b>80</b>
<b>Annexe I (informative) Renouvellement d'air</b> .....		<b>82</b>
<b>Annexe J (informative) Résultats détaillés des essais de validation pris en compte dans le « modèle global de validation »</b> .....		<b>90</b>
<b>Annexe K (informative) Méthode de calcul de l'humidité intérieure sans absorption ni désorption des parois et autres structures</b> .....		<b>92</b>
<b>Annexe L (informative) Références normatives à des publications internationales avec publications européennes correspondantes</b> .....		<b>95</b>
<b>Bibliographie</b> .....		<b>97</b>

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 13791 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, *Performance thermique et utilisation de l'énergie en environnement bâti*, sous-comité SC 2, *Méthodes de calcul*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13791:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications apportées à la version précédente sont indiquées dans le tableau qui suit.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>

Article / paragraphe	Modifications
2	Ajout de l'ISO 9050, l'ISO 10292, l'ISO 15099, l'ISO 15927-2 et l'EN 673
3.2	Suppression de $q_a$ et $v_m$ et ajout de $m_a$
4.2.1	Modification de l'Équation (1) Suppression de $m_{a,i}$ et ajout des descriptions de $\rho_a$ et $v_{ai}$
4.5.6.1	Remplacement de $q_a$ par $m_a$
8.3.9.1	Modification des valeurs des Tableaux 22 et 23
8.3.9.2	Modification des valeurs des Tableaux 24 et 25
I.2.2	Remplacement de $m$ par $m_a$ Modification de l'Équation (I.1) et ajout des descriptions de $n$ et $\Delta p_0$ Modification de l'Équation (I.4) et ajout de la description de $\Delta C_w$ Modification de l'unité utilisée dans le Tableau I.1
I.2.3	Remplacement de $m$ , $m_w$ et $m_T$ respectivement par $m_a$ , $m_{a,w}$ et $m_{a,T}$ Modification des Équations (I.5), (I.6), (I.9), (I.10), (I.11), (I.12), (I.13) et (I.14) Remplacement de $A$ par $A_T$ dans l'Équation (I.13) Remplacement de $\Delta c_p$ par $\Delta C_w$ Ajout des descriptions des Equations (I.8) et (I.10)
I.2.3.3.3	Modification de la description I.2.3.3.3
I.3.2	Remplacement de $\Delta c_p$ par $\Delta C_w$ Remplacement de $m_w$ par $m_{a,w}$
I.3.3	Remplacement de $m_T$ par $m_{a,T}$
Annexe J	Modification des valeurs des Tableaux J.1 et J.2
Annexe K	Ajout d'une nouvelle annexe

## Introduction

La présente Norme internationale est destinée aux spécialistes pour leur permettre de développer et/ou valider des méthodes de calcul horaire des températures intérieures d'un seul local.

Les exemples d'application de telles méthodes comprennent:

- a) l'évaluation du risque de surchauffe intérieure;
- b) l'optimisation des aspects de conception d'un bâtiment (masse thermique d'un bâtiment, protection solaire, taux de renouvellement d'air, etc.) pour obtenir des conditions de confort thermique;
- c) l'évaluation afin de déterminer si un bâtiment nécessite un dispositif mécanique de refroidissement.

Les critères de performance d'un bâtiment ne sont pas compris. Ils peuvent être pris en considération au niveau national. La présente Norme internationale peut également être utilisée comme référence pour la mise au point de méthodes plus simplifiées pour les applications susmentionnées ou applications similaires.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 13791:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 13791:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>



# Performance thermique des bâtiments — Calcul des températures intérieures en été d'un local sans dispositif de refroidissement — Critères généraux et procédures de validation

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les hypothèses, conditions aux limites, équations et essais de validation à adopter pour une méthode de calcul, en régime transitoire horaire, des températures intérieures (de l'air et opérative) pendant les périodes chaudes, d'un seul local dépourvu d'installation de refroidissement/chauffage en service. Elle n'impose aucune technique numérique particulière. Les essais de validation sont inclus dans l'Article 8. Un exemple de technique de résolution est donné à l'Annexe A.

La présente Norme internationale ne renferme pas suffisamment d'informations pour définir un mode opératoire permettant de déterminer les conditions internes de zones spéciales telles que : solariums, atriiums, éléments solaires passifs indirects (murs capteurs à stockage thermique ou murs Trombe, panneaux solaires) et zones dans lesquelles le rayonnement solaire peut traverser le local. Dans de telles situations, il est nécessaire de disposer de plusieurs hypothèses et de modèles de résolution plus détaillés (voir Bibliographie).

## 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 6946, *Composants et parois de bâtiments — Résistance thermique et coefficient de transmission thermique — Méthode de calcul*

ISO 7345, *Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions*

ISO 9050, *Verre dans la construction — Détermination de la transmission lumineuse, de la transmission solaire directe, de la transmission énergétique solaire totale, de la transmission de l'ultraviolet et des facteurs dérivés des vitrages*

ISO 9251, *Isolation thermique — Conditions de transfert thermique et propriétés des matériaux — Vocabulaire*

ISO 9288, *Isolation thermique — Transfert de chaleur par rayonnement — Grandeurs physiques et définitions*

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

ISO 10077-1, *Performance thermique des fenêtres, portes et fermetures — Calcul du coefficient de transmission thermique — Partie 1: Généralités*

ISO 10077-2, *Performance thermique des fenêtres, portes et fermetures — Calcul du coefficient de transmission thermique — Partie 2: Méthode numérique pour les encadrements*

## ISO 13791:2012(F)

ISO 10292, *Verre dans la construction — Calcul du coefficient de transmission thermique U, en régime stationnaire des vitrages multiples*

ISO 13370, *Performance thermique des bâtiments — Transfert de chaleur par le sol — Méthodes de calcul*

ISO 15099, *Performance thermique des fenêtres, portes et stores — Calculs détaillés*

ISO 15927-2, *Performance hygrothermique des bâtiments — Calcul et présentation des données climatiques — Partie 2: Données horaires pour le dimensionnement de la charge de refroidissement*

EN 410, *Verre dans la construction — Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages*

EN 673, *Verre dans la construction — Détermination du coefficient de transmission thermique, U — Méthode de calcul*

### 3 Termes, définitions, symboles et unités

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 7345, l'ISO 9251, l'ISO 9288, l'ISO 9346 ainsi que les suivants s'appliquent.

##### 3.1.1

###### **environnement intérieur**

espace clos, séparé de l'environnement extérieur ou d'espaces adjacents par un élément d'ouvrage du bâtiment

##### 3.1.2

###### **élément constituant d'un local**

paroi, toit, plafond, plancher, porte ou fenêtre séparant l'environnement intérieur de l'environnement extérieur ou d'un espace adjacent

##### 3.1.3

###### **air ambiant**

air de l'environnement intérieur

##### 3.1.4

###### **température de l'air intérieur**

température de l'air ambiant

##### 3.1.5

###### **température superficielle intérieure**

température de la surface intérieure d'un élément de construction

##### 3.1.6

###### **température radiante moyenne**

température surfacique uniforme d'une enceinte dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur radiante que dans l'enceinte non uniforme réelle

##### 3.1.7

###### **température opérative**

température uniforme d'une enceinte dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur par rayonnement et convection que dans l'espace non uniforme réel

### 3.2 Symboles et unités

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les symboles et unités suivants s'appliquent.

Symbole	Définition	Unité
$A$	aire	$m^2$
$A_c$	aire de la surface en contact avec la lame d'air	$m^2$
$A_f$	aire de plancher	$m^2$
$A_j$	aire de l'élément constituant d'un local $j$	$m^2$
$A_p$	aire projetée du système considéré	$m^2$
$A_s$	aire ensoleillée	$m^2$
$A_{sh}$	zone ombragée	$m^2$
$a$	diffusivité thermique	$m^2/s$
$C$	capacité thermique	J/K
$c$	capacité thermique massique	J/(kg·K)
$c_a$	capacité thermique massique de l'air	J/(kg·K)
$c_d$	coefficient de décharge	—
$c_{me}$	capacité thermique massique du milieu	J/(kg·K)
$c_v$	coefficient de vitesse	—
$d$	épaisseur	m
$E_r$	paramètre de ventilation	—
$F$	facteur de forme	—
$F_{sk}$	facteur de forme de l'élément avec le ciel	—
$f_d$	facteur de répartition solaire	—
$f_{ic}$	facteur interne de convection	—
$f_s$	facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire dû aux obstacles extérieurs	—
$f_{sa}$	facteur d'apport solaire sur l'air	—
$f_{sl}$	facteur d'affaiblissement solaire	—
$G_i$	production d'humidité	kg/s
$G_v$	entrée d'humidité par ventilation	kg/s
$g_s$	flux thermique par volume	W/m <sup>3</sup>
$g$	accélération due à la gravité	m/s <sup>2</sup>
$H$	hauteur de l'élément	m
$h$	coefficient de transfert thermique surfacique	W/(m <sup>2</sup> ·K) «à suivre»

Symbole	Définition	Unité
$h_a$	coefficient de transfert thermique par convection pour les lames ventilées	W/(m <sup>2</sup> .K)
$h_c$	coefficient de transfert thermique par convection de la surface	W/(m <sup>2</sup> .K)
$h_g$	coefficient de transfert thermique par convection pour les espaces fermés	W/(m <sup>2</sup> .K)
$h_{lr}$	coefficient de transfert thermique radiatif à grande longueur d'onde	W/(m <sup>2</sup> .K)
$I$	intensité de rayonnement solaire	W/m <sup>2</sup>
$I_d$	composante diffuse du rayonnement solaire atteignant la surface	W/m <sup>2</sup>
$I_D$	composante directe du rayonnement solaire atteignant la surface	W/m <sup>2</sup>
$J_{r,j}$	radiosité en grande longueur d'onde	W/m <sup>2</sup>
$k$	coefficient de fissuration	—
$l$	longueur	m
$m_a$	débit d'air massique	kg/s
$m_{a,m}$	débit d'air massique forcé par ventilation mécanique	kg/s
$m_{a,n}$	débit d'air massique par ventilation naturelle	kg/s
$m_{a,T}$	débit massique dû à la température	kg/s
$m_{a,w}$	débit massique dû au vent	kg/s
$n$	exposant de débit	—
$p$	pression	Pa
$q$	densité de flux thermique	W/m <sup>2</sup>
$q_c$	densité de flux thermique par convection	W/m <sup>2</sup>
$q_{cd}$	densité de flux thermique par conduction	W/m <sup>2</sup>
$q_{c,i}$	densité de flux thermique par conduction à la surface intérieure	W/m <sup>2</sup>
$q_{lr}$	densité de flux thermique due aux échanges radiatifs en grande longueur d'onde avec d'autres surfaces intérieures	W/m <sup>2</sup>
$q_{sk}$	terme correctif prenant en compte les échanges de rayonnement en grande longueur d'onde de la paroi vers le ciel	W/m <sup>2</sup>
$q_{sr}$	densité de flux thermique due au rayonnement absorbé en courte longueur d'onde	W/m <sup>2</sup>
$R$	résistance thermique	m <sup>2</sup> .K/W
$T$	température thermodynamique	K
$T_e$	température de l'environnement	K
$T_{in}$	température de l'air pénétrant dans la lame d'air	K
$T_{out}$	température de l'air quittant la lame d'air	K
$t$	temps	s

«à suivre»

Symbole	Définition	Unité
$U$	coefficient de transmission thermique	W/(m <sup>2</sup> .K)
$V$	volume	m <sup>3</sup>
$v$	vitesse	m/s
$x,y,z$	coordonnées	m
$\Lambda$	conductance thermique	W/(m <sup>2</sup> .K)
$\Phi$	flux thermique	W
$\Phi_1$	flux thermique dû aux sources intérieures	W
$\Phi_{sa}$	flux thermique sur l'air dû aux apports solaires	W
$\Phi_{sr}$	flux thermique dû au rayonnement solaire pénétrant dans le local	W
$\Phi_V$	flux thermique par ventilation	W
$\Phi_{Va}$	flux thermique dû à l'air pénétrant dans le local à travers des lames d'air au sein des éléments délimitant ce local	W
$\alpha$	absorption solaire	—
$\varepsilon$	émissivité de grande longueur d'onde de la surface	
$\theta$	température en degrés Celsius	°C
$\theta_{a,d}$	température définie de l'air du local adjacent	°C
$\theta_{a,e}$	température de l'air du local adjacent	°C
$\theta_{a,i}$	température de l'air intérieur	°C
$\theta_v$	température de l'air alimenté mécaniquement	°C
$\lambda$	conductivité thermique	W/(m · K)
$\mu$	viscosité	kg/(m·s)
$v_i$	humidité par volume de l'air intérieur	kg/m <sup>3</sup>
$v_{in}$	humidité par volume de l'air entrant	kg/m <sup>3</sup>
$\rho$	réflexion solaire	—
$\rho_a$	masse volumique de l'air	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_m$	coefficient de réflexion solaire moyenne des surfaces du local	—
$\rho_{me}$	masse volumique du milieu	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{a,0}$	masse volumique de l'air à la température $T_0$	kg/m <sup>3</sup>
$\sigma$	constante de Stefan-Boltzmann	W/(m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )

3.3 Indices

a	air	cd	conduction
b	bâtiment	ec	plafond extérieur
c	convection	ef	plancher extérieur
D	rayonnement solaire direct	eq	équivalent
d	rayonnement solaire diffus	ic	plafond intérieur
e	extérieur	if	plancher intérieur
g	sol	il	section d'entrée
i	intérieur	lr	rayonnement de grande longueur d'onde
l	quittant la section	mr	radiant moyen
n	normal par rapport à la surface	op	opérative
r	rayonnement	sa	apport solaire sur l'air
s	surface	sk	ciel
sl	affaiblissement solaire	t	temps
sr	rayonnement de courte longueur d'onde	v	ventilation
va	ventilation à travers une lame d'air		

iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 13791:2012

4 Détermination des températures intérieures <https://standards.iteh.ai/sist/c0174722-2eb9-4654-b7dd-becfda63d02b/iso-13791-2012>

4.1 Hypothèses

L'évaluation de la température intérieure d'un local demande la résolution d'un système d'équations de transfert thermique et de transfert de masse en régime transitoire entre les ambiances extérieure et intérieure, à travers les parois opaques et transparentes constituant l'enveloppe du local. Les modes opératoires définis dans la présente Norme internationale permettent à l'utilisateur de déterminer la température de chaque élément, y compris l'air intérieur, en fonction du temps. Les hypothèses admises pour le calcul des températures intérieures d'un seul local en régime transitoire, en l'absence de tout dispositif de refroidissement, sont les suivantes:

- la température de l'air est uniforme dans tout le local;
- les différentes surfaces des éléments constituant du local sont isothermes;
- les propriétés thermophysiques des matériaux constituant les éléments du local sont indépendantes du temps;
- la conduction thermique à travers les éléments du local (à l'exclusion du sol) est supposée unidimensionnelle;
- la conduction thermique vers le sol à travers les éléments constituant du local est traitée par un flux thermique unidimensionnel équivalent, conformément à l'ISO 13370;
- il n'est généralement pas tenu compte de l'effet des ponts thermiques, mais s'il est pris en considération, la contribution des ponts thermiques au stockage thermique est ignorée;

- les volumes d'air sont considérés comme des lames d'air délimitées par deux surfaces isothermes et parallèles;
- les coefficients de transfert thermique convectif : sur la face extérieure, ils dépendent de la vitesse et de la direction du vent, et sur la face intérieure, ils dépendent de la direction du flux thermique;
- le flux thermique radiatif en grande longueur d'onde sur les faces extérieures des éléments du local est lié au coefficient de transfert thermique indépendant du temps;
- l'environnement radiant extérieur (à l'exception du ciel) est à la température d'air extérieur (voir 4.5.4.1);
- la répartition du rayonnement solaire au sein du local est indépendante du temps;
- les dimensions de chaque élément sont mesurées à l'intérieur du local;
- la température radiante moyenne est obtenue par pondération des différentes températures superficielles intérieures selon les aires utiles;
- la température opérative est la moyenne entre la température de l'air intérieur et la température superficielle moyenne.

## 4.2 Évaluation des températures utiles

### 4.2.1 Température de l'air intérieur

La température d'air d'un local, à chaque instant, est obtenue en résolvant l'Équation (1), où les flux thermiques vers l'air du local sont considérés comme positifs:

$$\sum_{j=1}^N (A q_{c,i})_j + \Phi_v + \Phi_{i,c} + \Phi_{sa} + \Phi_{va} = c_a \rho_a V_{a,i} \frac{\partial \theta_{a,i}}{\partial t} \quad (1)$$

où

- $N$  est le nombre de surfaces intérieures délimitant le volume d'air intérieur;
- $A$  est l'aire de chaque élément du bâtiment;
- $q_{c,i}$  est la densité du flux thermique par convection au niveau de la surface intérieure (voir 4.5.2.2);
- $\Phi_v$  est le flux thermique par ventilation (voir 4.5.6);
- $\Phi_{i,c}$  est la partie convective du flux thermique dû à des sources internes (voir 4.5.5);
- $\Phi_{sa}$  est le flux thermique sur l'air dû aux apports solaires (voir 4.5.3.4);
- $\Phi_{va}$  est le flux thermique dû à l'air pénétrant dans le local à travers des lames d'air au sein des éléments délimitant ce local;
- $c_a$  est la capacité thermique massique de l'air;
- $\rho_a$  est la masse volumique de l'air intérieur;
- $V_{a,i}$  est le volume de l'air intérieur;
- $\theta_{a,i}$  est la température de l'air intérieur;
- $t$  est le temps.