

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62194

Première édition
First edition
2005-08

**Méthode d'évaluation de la performance
thermique des enveloppes**

**Method of evaluating the thermal
performance of enclosures**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62194:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62194

Première édition
First edition
2005-08

**Méthode d'évaluation de la performance
thermique des enveloppes**

**Method of evaluating the thermal
performance of enclosures**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application.....	12
2 Références normatives.....	12
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	14
3.1 Définition des principes de conception des types d'enveloppes.....	14
3.2 Symboles et termes abrégés	14
4 Cartographie d'écoulement pour l'établissement du facteur d'absorption	18
5 Evaluation de la puissance thermique.....	20
6 Conditions d'environnement.....	20
6.1 Applications extérieures.....	20
6.2 Applications intérieures	22
7 Détermination du facteur d'absorption de l'enveloppe.....	22
7.1 Montage de mesure.....	22
7.2 Calcul	26
8 Résultat et présentation	26
8.1 Comparaison de différentes conceptions d'enveloppes	26
8.2 Echange thermique à travers les parois.....	28
8.3 Ecoulement d'air entre les parois.....	30
8.4 Résultats pour les enveloppes à une seule paroi	32
8.5 Résultats pour les enveloppes à double paroi (méthode simplifiée)	34
Annexe A (normative) Taux de transfert de chaleur.....	38
Annexe B (informative) Relations géométriques pour le rayonnement solaire.....	40
Annexe C (informative) Exemple de calcul pour la simple et double paroi.....	44
Annexe D (informative) Méthode par itération pour des résultats rigoureux de l'enveloppe à double paroi.....	48
Bibliographie.....	60
Figure 1 – Types d'enveloppes	14
Figure 2 – Cartographie d'écoulement pour l'établissement du facteur d'absorption.....	18
Figure 3 – Exemple de montage de mesure pour le facteur d'absorption de l'enveloppe	24
Figure 4 – Echange thermique à travers les parois.....	28
Figure 5 – Ecoulement d'air entre les parois.....	32
Figure B.1 – Relations géométriques pour le rayonnement solaire.....	40
Figure D.1 – Modèle thermique pour enveloppe à double paroi	48
Figure D.2 – Procédure par itération pour les enveloppes à double paroi	52

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION	11
1 Scope.....	13
2 Normative references.....	13
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations.....	15
3.1 Definition of enclosure design principles.....	15
3.2 Symbols and abbreviated terms.....	15
4 Flow chart for establishing the absorption factor	19
5 Evaluation of the heat load	21
6 Environmental conditions.....	21
6.1 Outdoor applications	21
6.2 Indoor applications.....	23
7 Determination of the enclosure absorption factor	23
7.1 Measurement set-up.....	23
7.2 Calculation	27
8 Result and presentation	27
8.1 Comparison of different enclosure designs	27
8.2 Heat transfer through walls	29
8.3 Airflow between walls	31
8.4 Results for single-wall enclosures.....	33
8.5 Results for double-wall enclosures (simple method).....	35
Annex A (normative) Heat transfer rate.....	39
Annex B (informative) Geometric relations for solar radiation	41
Annex C (informative) Example for single and double wall calculation.....	45
Annex D (informative) Iteration method for exact results of a double wall enclosure	49
Bibliography.....	61
Figure 1 – Enclosure types.....	15
Figure 2 – Flow chart for establishing the absorption factor.....	19
Figure 3 – Example of measurement set-up for enclosure absorption factor.....	25
Figure 4 – Heat transfer through walls	29
Figure 5 – Airflow between walls	33
Figure B.1 – Geometric angles for solar radiation impact.....	41
Figure D.1 – Thermal model for double wall enclosure.....	49
Figure D.2 – Iteration procedure for double-wall enclosures.....	53

Tableau 1 – Coefficients de transmission thermique par convection.....	22
Tableau 2 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à une seule paroi	34
Tableau 3 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à double paroi (méthode simplifiée).....	36
Tableau C.1 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à une simple paroi	44
Tableau C.2 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à double paroi (méthode simplifiée).....	46
Tableau D.1 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à double paroi	56
Tableau D.2 – Valeurs de départ pour les itérations	56
Tableau D.3 – Résultats après le calcul du premier bloc obtenu par itération.....	56
Tableau D.4 – Résultats après le calcul du second bloc obtenu par itération	58

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

Table 1 – Convection heat transfer coefficients.....	23
Table 2 – Parameters for single-wall enclosure calculation	35
Table 3 – Parameters for double-wall enclosure calculation (simple method)	37
Table C.1 – Given parameters for single-wall enclosure calculation	45
Table C.2 – Given parameters for double-wall enclosure calculation (simple method)	47
Table D.1 – Given parameters for double wall enclosure calculation	57
Table D.2 – Starting values for iterations	57
Table D.3 – Results after first iteration block	57
Table D.4 – Results after second iteration block	59

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DES ENVELOPPES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62194 a été établie par le sous-comité 48D: Structures mécaniques pour équipement électronique, du comité d'études 48 de la CEI: Composants électromécaniques et structures mécaniques pour équipements électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
48D/324/FDIS	48D/328/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHOD OF EVALUATING THE THERMAL
PERFORMANCE OF ENCLOSURES**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62194 has been prepared by subcommittee 48D: Mechanical structures for electronic equipment, of IEC technical committee 48: Electromechanical components and mechanical structures for electronic equipment.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
48D/324/FDIS	48D/328/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

INTRODUCTION

Lorsque l'on installe des enveloppes avec des composants électroniques, les conditions climatiques sont très importantes, étant donné que la fonction de l'électronique est affectée par la température ambiante. Du fait de la puissance thermique et du rayonnement solaire, les enveloppes deviennent chaudes. Étant donné que l'échange thermique par l'intermédiaire de la surface de l'enveloppe n'est souvent pas suffisant, une unité de contrôle thermique peut être requise pour maintenir des conditions tolérables à l'intérieur de l'enveloppe. Pour la conception de l'enveloppe, l'effet du rayonnement solaire était jusqu'à présent soit évalué par l'intermédiaire de la constante solaire soit ajouté avec une valeur fixe pour la puissance dissipée. Une observation plus étroite du rayonnement tient compte d'une évaluation de la performance thermique de l'enveloppe de façon plus efficace et plus économique.

Les normes existantes définissant les conditions d'environnement sont les suivantes: pour les enveloppes de plein air la CEI 61969-3 et la EN 300 119 et pour les enveloppes d'intérieur la CEI 60721, la EN 300 019 et la CEI 61587-1.

Les normes de dimensions auxquelles on se réfère sont les suivantes: pour les enveloppes de plein air la CEI 61969-1, la CEI 61969-2 et pour les enveloppes d'intérieur la CEI 60297-2, la EN 300 119 et la CEI 60917-2.

A la demande des utilisateurs et des fabricants, une propriété globale de gestion de la chaleur des enveloppes vides a dû être développée. La présente norme établit pour les enveloppes une méthode destinée à évaluer la gestion de la chaleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

INTRODUCTION

When installing enclosures with electronic components, the climatic conditions are very important, as the function of the electronics is affected by the ambient temperature. Because of heat load and solar radiation, the enclosures become hot. Since the heat transfer via the enclosure surface is often not sufficient, a climate control unit may be required to maintain tolerable enclosure internal conditions. For the enclosure design, the effect of the solar radiation was either estimated via the solar constant or added with a fixed value for heat load. Closer observation of the radiation allows for a more accurate and cost-efficient method of enclosure thermal performance evaluation.

There are existing standards defining the environmental conditions: for outdoor enclosures, IEC 61969-3 and EN 300 019 and, for indoor enclosures, IEC 60721, EN 300 019, and IEC 61587-1.

Dimensional standards referred to for outdoor enclosures are IEC 61969-1 and IEC 61969-2, and, for indoor enclosures, IEC 60297-2, EN 300 119 and IEC 60917-2.

As requested by users and manufacturers, a unified heat management property of empty enclosures had to be developed. This standard establishes a method of thermal performance evaluation for enclosures.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DES ENVELOPPES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit une méthode d'évaluation de la performance thermique dans les enveloppes d'intérieur conformément à la CEI 60917, la CEI 60297 et, pour les enveloppes d'extérieur, conformément à la CEI 61969.

La présente norme contient des critères pour la détermination des facteurs d'absorption thermique se rapportant:

- aux principes de conception d'enveloppe;
- à la puissance thermique interne;
- au rayonnement solaire.

Le facteur d'absorption de l'enveloppe est destiné à fournir une valeur commune pour la comparaison et la sélection d'enveloppes construites conformément à la présente norme.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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).

CEI 60297 (toutes les parties), *Dimensions des structures mécaniques de la série 482,6 mm (19 in)*

CEI 60721-2-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-4: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*

CEI 60917 (toutes les parties), *Ordre modulaire pour le développement des structures mécaniques pour les infrastructures électroniques*

CEI 61969 (toutes les parties), *Structures mécaniques pour équipement électronique – Enveloppes de plein air*

METHOD OF EVALUATING THE THERMAL PERFORMANCE OF ENCLOSURES

1 Scope

This International Standard provides a method of thermal performance evaluation for empty indoor enclosures according to IEC 60917 and IEC 60297, and, for outdoor enclosures according to IEC 61969.

This standard contains criteria to determine the thermal absorption factors relating to

- principles of enclosure design;
- internal heat load;
- sun radiation.

The enclosure absorption factor is intended to provide a common value for comparing and selecting enclosures built in accordance with this standard.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60297 (all parts), *Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series*

IEC 60721-2-4, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60917 (all parts), *Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices*

IEC 61969 (all parts), *Mechanical structures for electronic equipment – Outdoor enclosures*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Définition des principes de conception des types d'enveloppes

La conception de l'enveloppe influence la puissance thermique. Les types suivants d'enveloppes sont définis et illustrés à la Figure 1.

- A Simple paroi
- B Double paroi (avec isolement/sans isolement/avec ou sans écoulement de l'air)
- C Simple paroi et écran solaire
- D Double paroi et protection contre le soleil (avec isolement/sans isolement/avec ou sans écoulement de l'air)

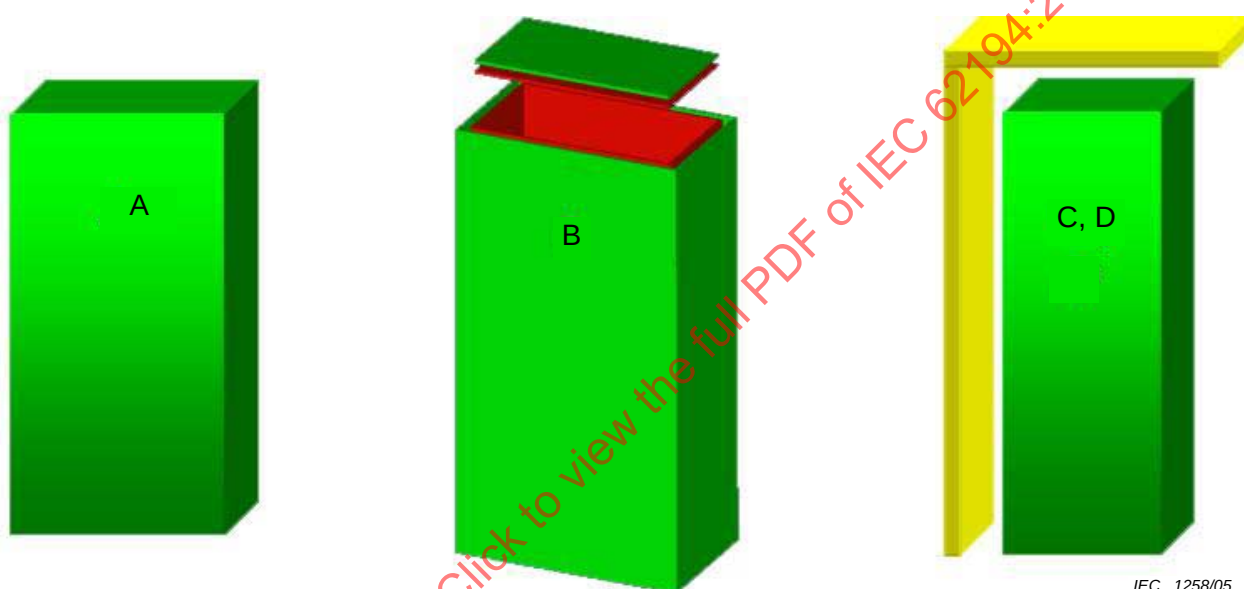


Figure 1 – Types d'enveloppes

3.2 Symboles et termes abrégés

- A Superficie des surfaces de l'enveloppe à l'exclusion de la surface inférieure en mètres carrés (m^2)
- $\bar{A}$ Facteur d'absorption du matériau
- $\bar{A}_E$ Facteur d'absorption de l'enveloppe
- A_W Section de la double paroi en mètres carrés (m^2)
- a_w Angle azimutal avec la paroi
- a_0 Angle azimutal solaire
- c_F Facteur correctif pour le calcul de la double paroi (méthode simplifiée)
- $c_{p,air}$ Capacité thermique spécifique d'air en joules par kilogramme et par kelvin ($J/(kg \ K)$)
- h Angle de la hauteur du soleil
- k Taux de transfert de chaleur en watts par mètre carré et par kelvin ($W/(m^2 \ K)$)
- P Puissance thermique en watts (W)

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

3.1 Definition of enclosure design principles

The enclosure design influences heat flow. The following enclosure types are defined and illustrated in Figure 1.

- A Single-wall
- B Double-wall (with insulation/without insulation/with or without airflow)
- C Single-wall and sun-shield
- D Double-wall and sun-shield (with insulation/without insulation/with or without airflow)

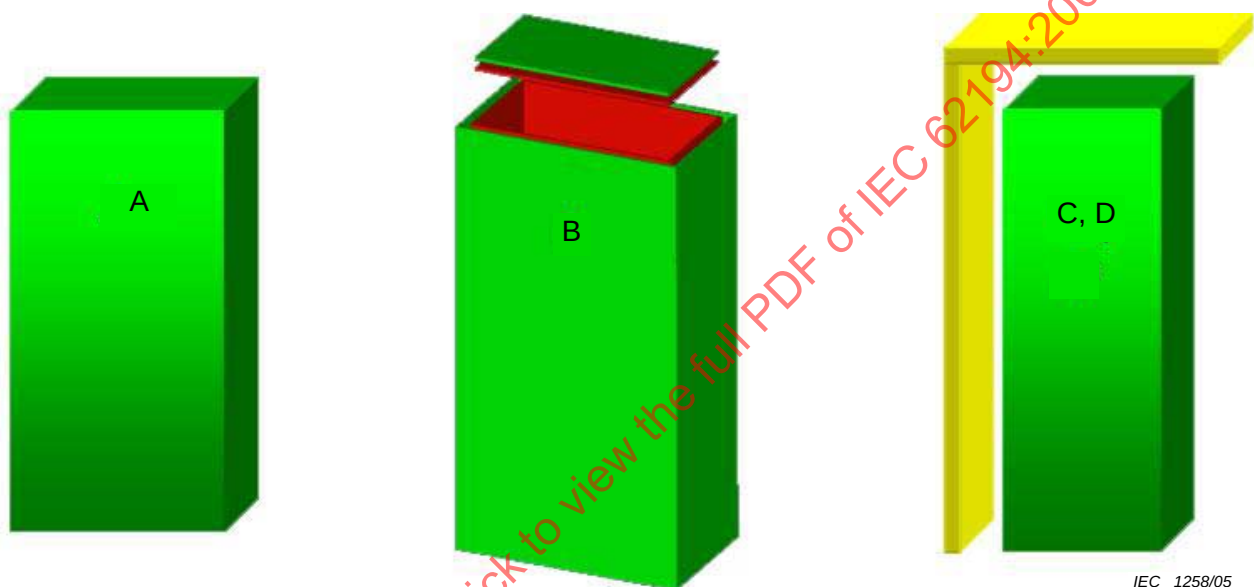


Figure 1 – Enclosure types

3.2 Symbols and abbreviated terms

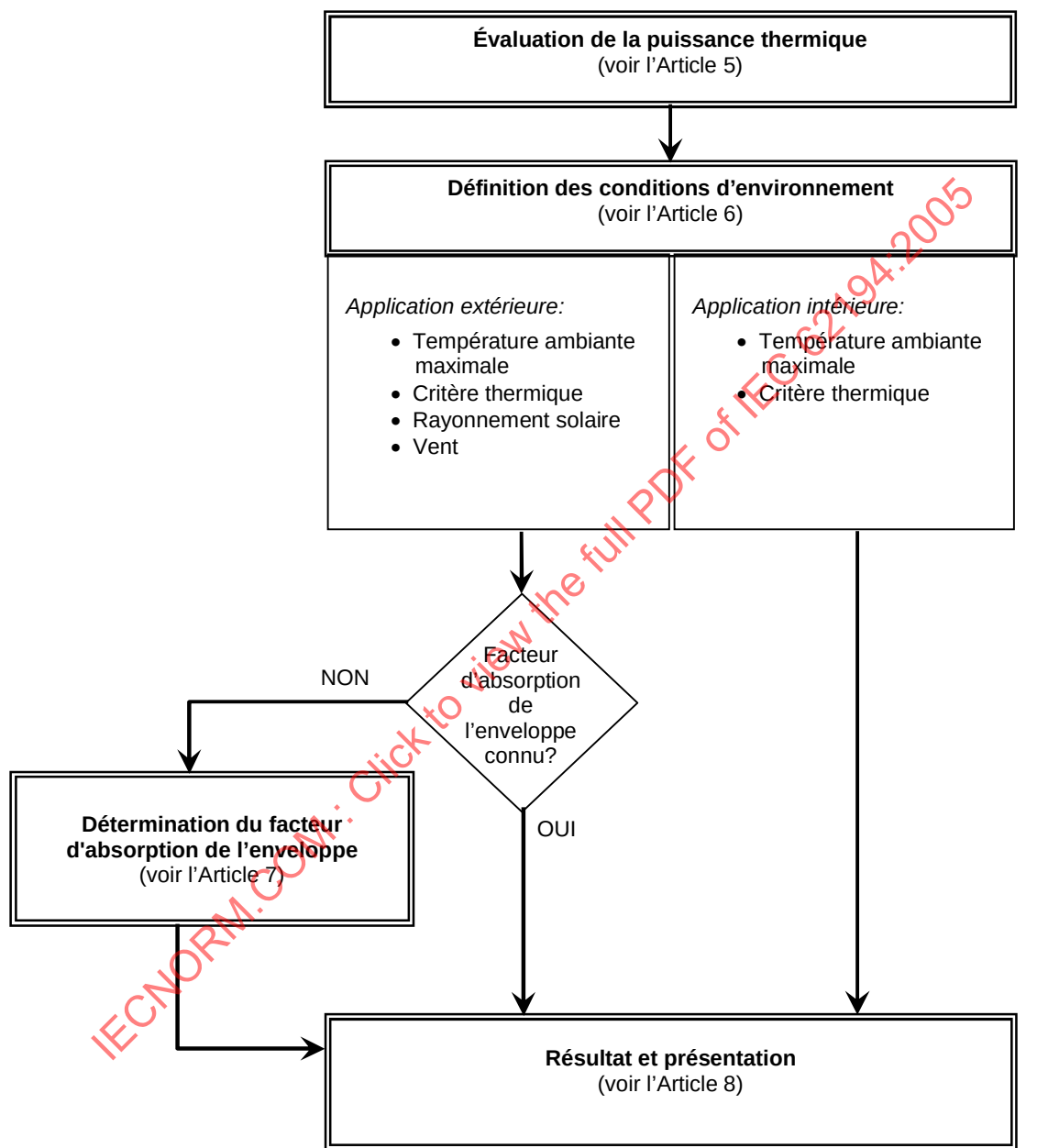
A	Area of the surfaces of the enclosure excluding the bottom in square metres (m^2)
$\bar{A}$	Material absorption factor
$\bar{A}_E$	Enclosure absorption factor
A_W	Cross-section of the double wall in square metres (m^2)
a_w	Wall azimuth angle
a_0	Sun azimuth angle
c_F	Corrective factor for double-wall calculation (simple method)
$c_{p,\text{air}}$	Specific heat capacity of air in joules per kilogram and per kelvin ($\text{J}/(\text{kg K})$)
h	Sun-height angle
k	Heat transfer rate in watts per square meter and per kelvin ($\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$)
P	Heat load in watts (W)

$\dot{Q}_{Tr}$	Échange thermique à travers les parois de l'enveloppe provoqué par la transmission en watts (W)
$\dot{Q}_{vent}$	Echange thermique transféré par l'écoulement de l'air avec les doubles parois en watts (W)
$\dot{q}_{dif}$	Rayonnement solaire diffus en watts par mètre carré (W/m ²)
$\dot{q}_g$	Rayonnement solaire reçu sur les surfaces horizontales en watts par mètre carré (rayonnement global) (W/m ²)
$\dot{q}_i$	Charge thermique interne spécifique en watts par mètre carré (W/m ²)
$\dot{q}_s$	Rayonnement solaire total reçu à travers l'atmosphère en watts par mètre carré (W/m ²) (direction normale avec le soleil)
$\dot{q}_w$	Rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe en watts par mètre carré (W/m ²)
s_j	Épaisseur du matériau j utilisé pour la paroi en mètres (m)
T_A	Température de l'air ambiant en kelvins (K)
T_W	Température de la paroi externe de l'enveloppe en kelvins (K)
t_a	Température ambiante en degrés Celsius (°C)
$t_{a,max}$	Température ambiante maximale en degrés Celsius (°C)
t_i	Température moyenne à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C)
$t_{i,max}$	Température maximale autorisée à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C)
t_m	Température de l'air entre les doubles parois en degrés Celsius (°C)
t_w	Température de la paroi externe de l'enveloppe en degrés Celsius (°C)
t_{wi}	Température de la paroi interne de l'enveloppe à double paroi en degrés Celsius (°C)
w	Vitesse du vent en mètre par seconde (m/s)
w_w	Vitesse de l'air entre les doubles parois en mètre par seconde (m/s)
α_{ka}	Coefficient de transfert de chaleur par convection externe en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m ² K))
α_{ki}	Coefficient de transfert de chaleur par convection interne en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m ² K))
α_{rad}	Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m ² K))
ε	Émissivité du traitement de surface de l'enveloppe
θ	Angle d'incidence
λ_j	Conductivité thermique du matériau j utilisée pour la paroi en watts par mètre et par kelvin (W/(m K))
ρ_{air}	Densité de l'air en kilogrammes par mètre cube (kg/m ³)

$\dot{Q}_{Tr}$	Heat transfer through enclosure walls caused by transmission in watts (W)
$\dot{Q}_{vent}$	Heat transfer transported by the airflow between the double wall in watts (W)
$\dot{q}_{dif}$	Diffuse solar radiation in watts per square metre (W/m ²)
$\dot{q}_g$	Solar radiation received on horizontal surfaces in watts per square metre (global radiation) (W/m ²)
$\dot{q}_i$	Specific internal heat load in watts per square metre (W/m ²)
$\dot{q}_s$	Solar total radiation received through the atmosphere in watts per square metre (W/m ²) (normal direction to the sun)
$\dot{q}_w$	Solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall in watts per square metre (W/m ²)
s_j	Material thickness of material j used for the wall in metres (m)
T_A	Ambient air temperature in kelvins (K)
T_W	Wall temperature on the outside of the enclosure in kelvins (K)
t_a	Ambient temperature in degrees Celsius (°C)
$t_{a,max}$	Maximum ambient temperature in degrees Celsius (°C)
t_i	Average temperature inside the enclosure in degrees Celsius (°C)
$t_{i,max}$	Maximum allowed temperature inside the enclosure in degrees Celsius (°C)
t_m	Air temperature between the double wall in degrees Celsius (°C)
t_w	Wall temperature on the outside of the enclosure in degrees Celsius (°C)
t_{wi}	Wall temperature of the interior wall of a double-wall enclosure in degrees Celsius (°C)
w	Wind speed in metres per second (m/s)
w_w	Air speed between the double wall in metres per second (m/s)
α_{ka}	Convection heat transfer coefficient outside in watts per square metre and per kelvin (W/(m ² K))
α_{ki}	Convection heat transfer coefficient inside in watts per square metre and per kelvin (W/(m ² K))
α_{rad}	Radiation heat transfer coefficient in watts per square metre and per kelvin (W/(m ² K))
ε	Emissivity of the enclosure surface treatment
θ	Incident angle
λ_j	Thermal conductivity of material j used for the wall in watts per metre and per kelvin (W/(m K))
ρ_{air}	Density of air in kilograms per cubic metre (kg/m ³)

4 Cartographie d'écoulement pour l'établissement du facteur d'absorption

La cartographie illustrée à la Figure 2 décrit les différentes étapes qui sont nécessaires pour la détermination de la performance thermique de l'enveloppe. Les détails des différentes étapes sont expliqués dans les articles suivant cette cartographie.

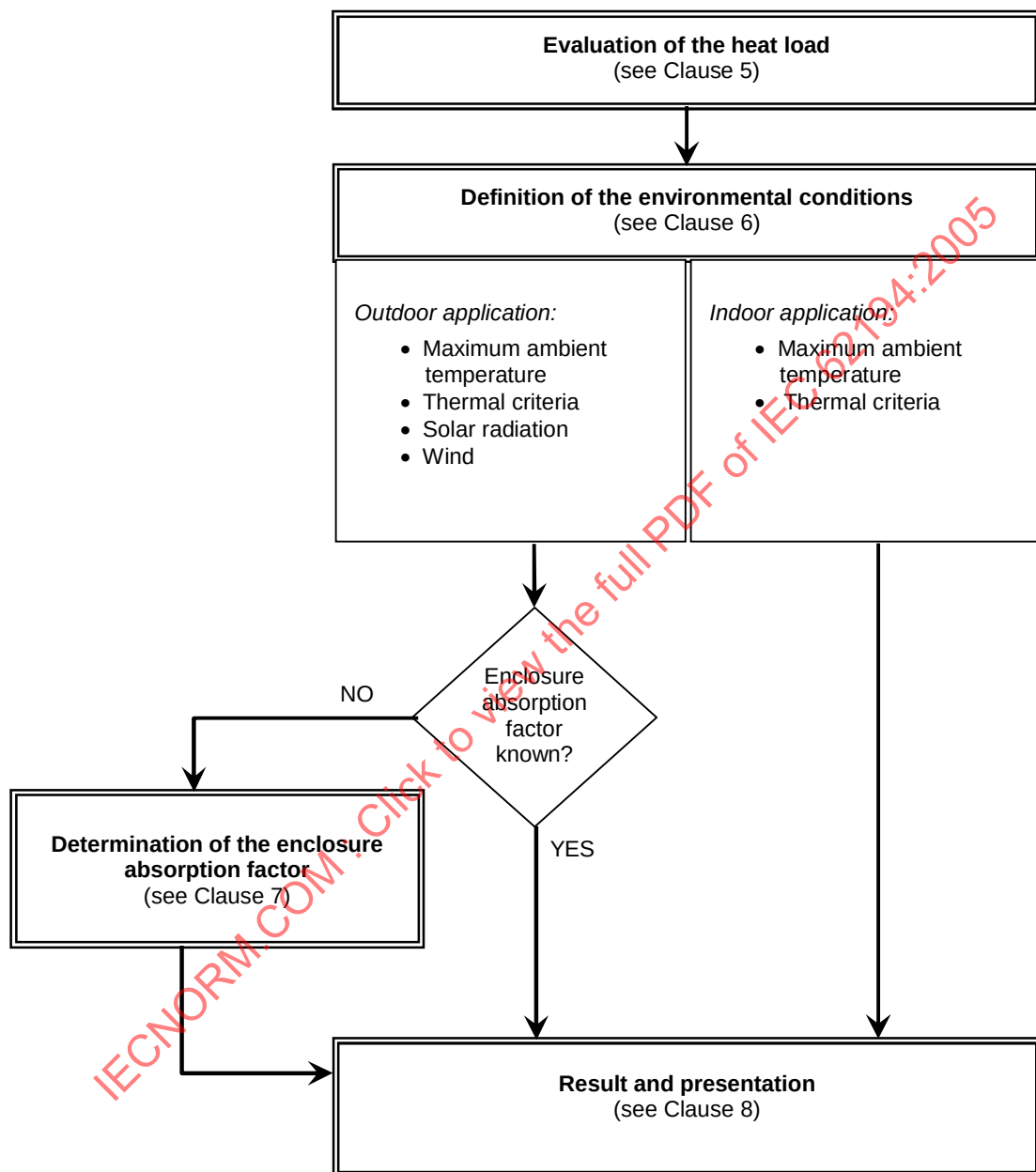


IEC 1259/05

Figure 2 – Cartographie d'écoulement pour l'établissement du facteur d'absorption

4 Flow chart for establishing the absorption factor

The flow chart shown in Figure 2 describes the different steps that are necessary for the determination of the thermal performance of the enclosure. The details of the different steps are explained in the clauses following this chart.



IEC 1259/05

Figure 2 – Flow chart for establishing the absorption factor

5 Evaluation de la puissance thermique

Pour la performance thermique il est important de comprendre la puissance thermique à l'intérieur de l'enveloppe. Si la puissance thermique des composants installés n'est pas connue, la consommation d'énergie de l'équipement installé peut être utilisée comme estimation de la puissance thermique interne.

P puissance thermique en watts (W);

$\dot{q}_i = \frac{P}{A}$ puissance thermique interne spécifique en watts par mètre carré (W/m²).

6 Conditions d'environnement

6.1 Applications extérieures

6.1.1 Limites de température ambiante

La connaissance des limites de température est nécessaire pour les calculs suivants:

$t_{a,max}$ température ambiante maximale en degrés Celsius (°C);

$t_{i,max}$ température maximale autorisée à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C).

6.1.2 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire total $\dot{q}_s$ est indiqué en W/m². Il dépend du site d'installation de l'enveloppe, du moment de la journée, du moment de l'année et du coefficient de trouble de l'atmosphère. Le coefficient de trouble atmosphérique d'Angström exprime la diffusion et l'absorption des particules de l'atmosphère sous forme d'aérosols. Des précisions supplémentaires sont fournies dans la CEI 60721-2-4.

Le rayonnement solaire total est composé de rayonnement direct et diffus. Différentes méthodes de détermination du rayonnement solaire pour une enveloppe sont décrites ci-après:

- la mesure du rayonnement solaire total qui tombe perpendiculairement aux surfaces individuelles de l'enveloppe;
- la mesure du rayonnement global sur le site d'installation. La quantité résultante doit être transférée aux surfaces individuelles de l'enveloppe. Cela peut être réalisé au moyen des relations géométriques représentées dans l'Annexe B en utilisant la formule (B.2);
- l'utilisation de tableaux météorologiques. Le rayonnement qui tombe perpendiculairement aux surfaces de l'enveloppe doit être déterminé.

La méthode par laquelle le rayonnement solaire a été déterminé doit être établie.

6.1.3 Vent

La vitesse du vent existant et la température de l'air ambiant ont une influence sur le transfert de la chaleur vers les surfaces de l'enveloppe. Si aucune formule générale n'est utilisée pour déterminer les coefficients de transmission thermique par convection externe α_{ka} et convection interne α_{ki} de l'enveloppe, les valeurs indiquées dans le Tableau 1 peuvent être utilisées. Ces valeurs dépendent de la vitesse du vent.

5 Evaluation of the heat load

For thermal performance it is important to understand the heat load in the interior of the enclosure. If the heat load of the installed components is unknown, the power consumption of the installed equipment can be used for estimating the internal heat load.

P heat load in watts (W);

$\dot{q}_i = \frac{P}{A}$ specific internal heat load in watts per square metre (W/m²).

6 Environmental conditions

6.1 Outdoor applications

6.1.1 Ambient temperature limits

Understanding the ambient temperature limits is necessary for the following calculations:

$t_{a,max}$ maximum ambient temperature in degrees Celsius (°C);

$t_{i,max}$ maximum allowed temperature inside the enclosure in degrees Celsius (°C).

6.1.2 Solar radiation

The solar total radiation $\dot{q}_s$ is indicated in W/m². It is dependent on the enclosure installation site, the time of the day, the time of the year and on the turbidity coefficient of the atmosphere. The Angstrom turbidity coefficient expresses the scattering and absorption of the aerosol particles in the atmosphere. For further details, refer to IEC 60721-2-4.

The total solar radiation is composed of direct and diffused radiation. The following describes different methods to determine the solar radiation for an enclosure by

- measuring the solar total radiation when falling perpendicularly to one of the individual surfaces of the enclosure;
- measuring the global radiation at the installation site. The resulting quantity shall be converted to the individual surfaces of the enclosure. This can be accomplished by using the geometric relations as presented in Annex B using formula (B.2);
- using meteorological tables. The radiation that falls perpendicularly on the enclosure surfaces shall be determined.

The method by which the solar radiation was determined shall be established.

6.1.3 Wind

The wind speed and ambient air temperature present have an influence on the heat transfer to the surfaces of the enclosure. If no general formula is used to determine the convection heat transfer coefficients for outside α_{ka} and inside α_{ki} of the enclosure, the values indicated in Table 1 can be used. These values are dependent on the wind speed.

Tableau 1 – Coefficients de transmission thermique par convection

Vitesse du vent w en m/s	0,3	0,5	1	3	5	10	20
Coefficients de transmission thermique:							
– externe α_{ka} en $W/(m^2 K)$	3,3	4,5	7	15	25	38	66
– interne α_{ki} en $W/(m^2 K)$							

Etant donné que les composants installés dans l'enveloppe peuvent être équipés de ventilateurs intégrés, il existe un écoulement forcé d'air à l'intérieur de l'enveloppe, et qui dépasse la convection naturelle. Si l'écoulement interne de l'air est connu, il convient d'utiliser les valeurs du Tableau 1. Sinon, la vitesse de l'air est supposée être de 1 m/s et le coefficient de transmission thermique par convection interne de α_{ki} est calculé comme suit:

$$\alpha_{ki} = 7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

6.2 Applications intérieures

Limites de températures ambiantes pour une application intérieure:

$t_{a,max}$ température ambiante maximale en degrés Celsius (°C);

$t_{i,max}$ température maximale autorisée à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C).

7 Détermination du facteur d'absorption de l'enveloppe

7.1 Montage de mesure

Le montage d'essai représenté à la Figure 3 doit mesurer le facteur d'absorption de l'enveloppe, qui est obtenu en mesurant la paroi la plus grande. Cette paroi de l'enveloppe doit faire face au sud dans l'hémisphère nord et au nord dans l'hémisphère sud. Le capteur de température a) doit être placé au centre de la paroi à mesurer. Une source de chaleur doit être installée à l'intérieur de l'enveloppe pour simuler une puissance thermique. Cette puissance thermique est sélectionnée pour correspondre à $\dot{q}_i$ de 250 W/m².

Table 1 – Convection heat transfer coefficients

Wind speed w in m/s	0,3	0,5	1	3	5	10	20
Heat transfer coefficients							
– outside α_{ka} in $W/(m^2 \cdot K)$	3,3	4,5	7	15	25	38	66
– inside α_{ki} in $W/(m^2 \cdot K)$							

Since the components in the enclosure may have integrated fans installed, forced air-flow is present inside the enclosure and exceeds natural convection. If the internal airflow is known, the values of Table 1 should be used. Otherwise, the air speed is assumed to be 1 m/s and the convection heat transfer coefficient inside α_{ki} is calculated as follows:

$$\alpha_{ki} = 7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

6.2 Indoor applications

Ambient temperature limits for indoor application:

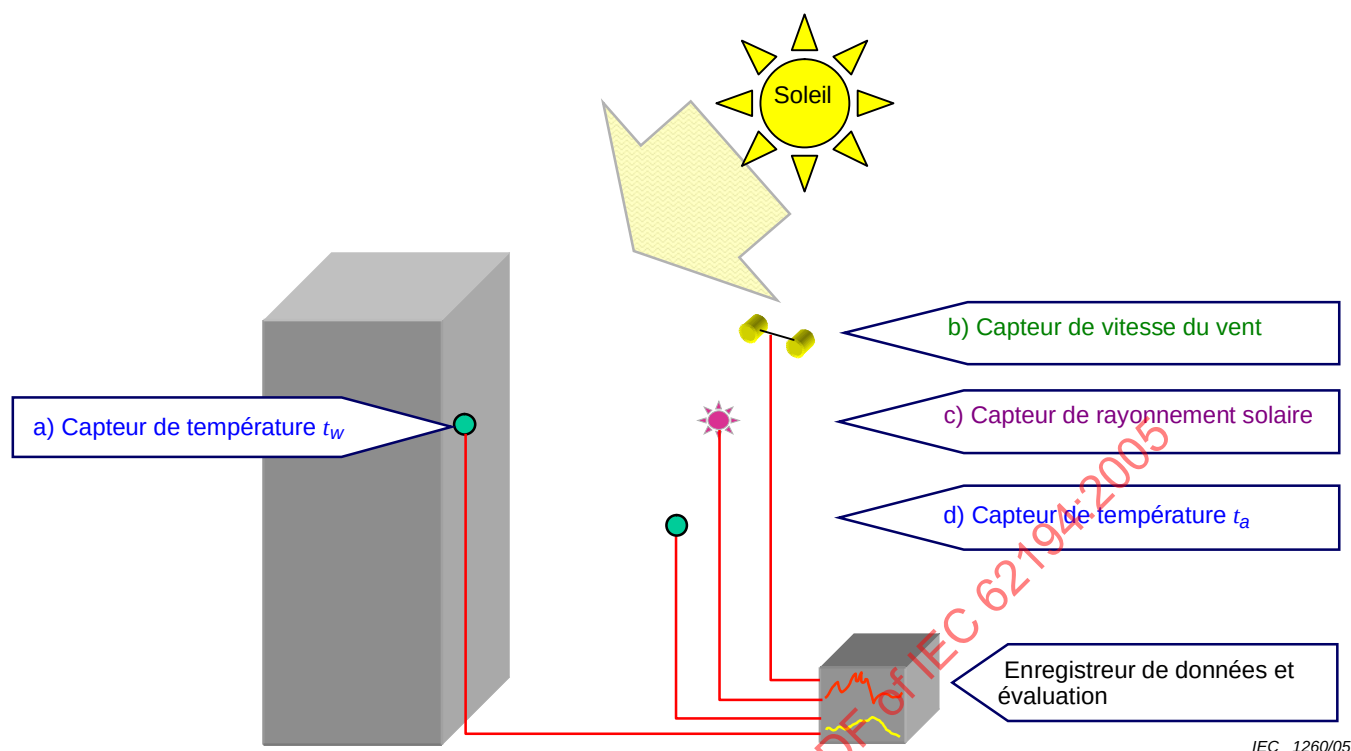
$t_{a,max}$ maximum ambient temperature in degrees Celsius (°C);

$t_{i,max}$ maximum allowed temperature inside the enclosure in degrees Celsius (°C).

7 Determination of the enclosure absorption factor

7.1 Measurement set-up

The test set-up shown in Figure 3 shall measure the enclosure absorption factor which is acquired by measuring the largest wall. This wall has to face the South in the Northern hemisphere and the North in the Southern hemisphere. The temperature sensor a) shall be placed in the centre of the measured wall. A heat source shall be installed inside the enclosure to simulate heat load. The heat load is chosen corresponding to $\dot{q}_i$ of 250 W/m².



IEC 1260/05

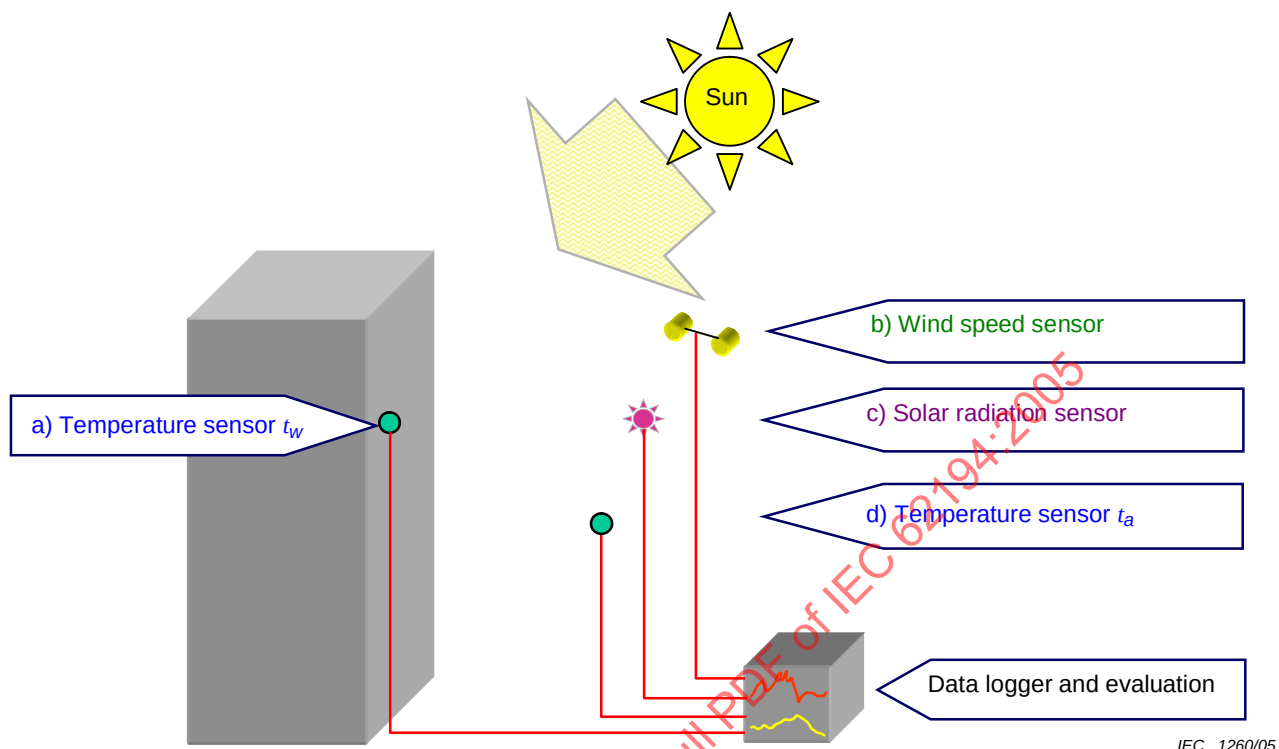
Figure 3 – Exemple de montage de mesure pour le facteur d'absorption de l'enveloppe

Dès que le régime continu est atteint, les valeurs suivantes doivent être déterminées:

- $\dot{q}_w$ le rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe en watts par mètre carré (W/m^2);
- t_a la température de l'air ambiant en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- t_w la température de la paroi à l'extérieur de l'enveloppe en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- w la vitesse du vent en mètres par seconde (m/s).

Les capteurs b), c) et d) doivent être fixés de telle sorte que les effets rétroactifs de l'échantillon sur les capteurs puissent être évités.

NOTE Si le rayonnement global $\dot{q}_g$ est mesuré, il convient de le convertir conformément à l'Annexe B en utilisant la formule (B.2), le rayonnement tombant perpendiculairement à la paroi.



IEC 1260/05

Figure 3 – Example of measurement set-up for enclosure absorption factor

At steady state, the following values shall be determined:

- $\dot{q}_w$ solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall in watts per square metre (W/m^2);
- t_a ambient air temperature in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- t_w wall temperature on the outside of the enclosure in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- w wind speed in metres per second (m/s).

The sensors b), c) and d) shall be attached in such a way that retroactive effects of the test specimen to the sensors are avoided.

NOTE If the global radiation $\dot{q}_g$ is measured, it should be converted according to Annex B using formula (B.2), radiation falling perpendicularly to the wall.

7.2 Calcul

Le facteur d'absorption de l'enveloppe doit être calculé de la façon suivante:

$$\bar{A}_E = \frac{(\alpha_{ka} + \alpha_{rad}) \cdot (T_W - T_A)}{q_i + q_w} \quad (1)$$

$$\alpha_{rad} = 5,67 \cdot \frac{\left(\frac{T_W}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_A}{100}\right)^4}{T_W - T_A} \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2)$$

où

$\dot{q}_i$ est la puissance thermique interne spécifique, selon 7.1, en watts par mètre carré (W/m^2) (pour la définition, voir l'Article 5);

$\dot{q}_w$ est le rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe en watts par mètre carré (W/m^2);

T_A est la température ambiante en kelvins (K);

T_W est la température de la paroi externe de l'enveloppe en kelvins (K);

α_{ka} est le coefficient de transmission thermique externe selon l'Article 6 en watts par mètre carré et par kelvin ($W/(m^2 K)$);

α_{rad} est le coefficient de transmission thermique par rayonnement en watts par mètre carré et par kelvin ($W/(m^2 K)$).

Si le facteur d'absorption est déterminé selon la formule (1), tous les paramètres utilisés pour la conversion doivent être mentionnés. Les conditions environnementales correspondantes sont définies et peuvent être converties si différentes conditions environnementales s'appliquent.

NOTE 1 De nouvelles mesures sont nécessaires lors d'un changement de couleur de l'enveloppe, le facteur d'absorption de l'enveloppe étant influencé par les couleurs de la surface.

NOTE 2 La réflexion du rayonnement solaire et l'émissivité ε de la surface de l'enveloppe sont implicitement incluses dans la formule (1) comme résultant du montage de mesure de 7.1.

NOTE 3 Les températures indiquées en degrés Celsius ($^{\circ}C$) peuvent être converties en kelvins (K) au moyen de la formule suivante:

$$T_K = 273,15 K + t_C \cdot \frac{K}{^{\circ}C}$$

8 Résultat et présentation

8.1 Comparaison de différentes conceptions d'enveloppes

Différentes conceptions d'enveloppes peuvent être comparées entre elles au moyen du facteur d'absorption de l'enveloppe selon l'Article 7. Le facteur d'absorption de l'enveloppe contient également l'information pour évaluer les températures internes moyennes de l'enveloppe, des précisions sont présentées en 8.4 et 8.5.

Une valeur plus petite de $\bar{A}_E$ indique une bonne performance thermique de l'enveloppe par rapport à l'impact du rayonnement solaire. La température prévue à l'intérieur peut être prévue inférieure.

Une valeur plus grande de $\bar{A}_E$ indique l'inverse.

7.2 Calculation

The enclosure absorption factor is to be calculated according to

$$\bar{A}_E = \frac{(\alpha_{ka} + \alpha_{rad}) \cdot (T_W - T_A)}{\dot{q}_i + \dot{q}_w} \quad (1)$$

$$\alpha_{rad} = 5,67 \cdot \frac{\left(\frac{T_W}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_A}{100}\right)^4}{T_W - T_A} \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2)$$

where

- $\dot{q}_i$ is the specific internal heat load, according to 7.1, in watts per square metre (W/m²) (for definition, see Clause 5);
- $\dot{q}_w$ is the solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall in watts per square meter (W/m²);
- T_A is the ambient air temperature in kelvins (K);
- T_W is the wall temperature on the outside of the enclosure in kelvins (K);
- α_{ka} is the convection heat transfer coefficient outside according to Clause 6 in watts per square meter and per kelvin (W/(m² K));
- α_{rad} is the radiation heat transfer coefficient in watts per square metre and per kelvin (W/(m² K)).

If the absorption factor is determined according to formula (1), all parameters used for conversion shall be recorded. The relevant environmental conditions are defined and may be converted if different environmental conditions apply.

NOTE 1 New measurements are necessary when the colour of the enclosure is changed, the enclosure absorption factor being influenced by surface colours.

NOTE 2 The reflection of the solar radiation and the emissivity ε of the enclosure surface are implicitly included in formula (1) as a result of the measurement set-up of 7.1.

NOTE 3 Temperatures indicated in degrees Celsius (°C) can be converted into kelvins (K) by means of the following formula:

$$T_K = 273,15 \text{ K} + t_C \cdot \frac{K}{^\circ\text{C}}$$

8 Result and presentation

8.1 Comparison of different enclosure designs

Different enclosure designs can be compared by using the enclosure absorption factor according to Clause 7. The enclosure absorption factor also contains information to evaluate average internal temperature of the enclosure. Details are shown in 8.4 and 8.5.

A lower value for $\bar{A}_E$ indicates a good thermal performance of the enclosure regarding impact from solar radiation. The inside temperature can be expected lower.

A higher value for $\bar{A}_E$ indicates the opposite.

Exemple:

Les mesures sur des enveloppes de conceptions différentes et de mêmes dimensions, matériaux et traitements de surface conformément à l'Article 7 donnent les facteurs d'absorption d'enveloppe suivants:

- | | |
|---|------------------------|
| a) enveloppe à une seule paroi | $\bar{A}_{E,1} = 0,61$ |
| b) enveloppe à double paroi (avec ou sans isolement) | $\bar{A}_{E,2} = 0,73$ |
| c) enveloppe à double paroi (avec ventilation entre les doubles parois) | $\bar{A}_{E,3} = 0,36$ |
| d) enveloppe à une seule paroi avec écran solaire | $\bar{A}_{E,4} = 0,44$ |

Résultat:

Comme $\bar{A}_{E,3} < \bar{A}_{E,4} < \bar{A}_{E,1} < \bar{A}_{E,2}$, les températures intérieures des différentes enveloppes seront dans le même ordre $t_{i,3} < t_{i,4} < t_{i,1} < t_{i,2}$ pour la même charge solaire et la même puissance thermique.

8.2 Echange thermique à travers les parois

Pour les enveloppes à une seule paroi, l'échange thermique à travers les parois doit être déterminé par la formule (3):

$$\dot{Q}_{Tr} = k \cdot A (t_a - t_i) \quad (3)$$

où

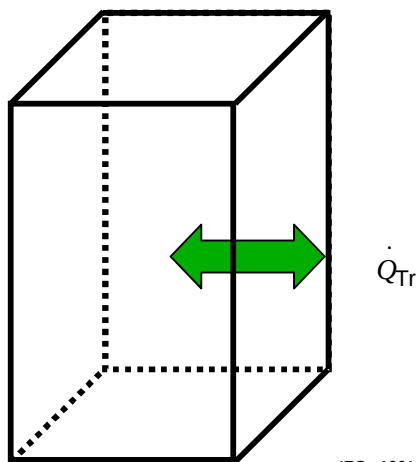
A est la superficie des surfaces de l'enveloppe à l'exclusion de la partie inférieure en mètres carrés (m²);

k est le taux de transfert de chaleur défini dans l'Annexe A en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));

$\dot{Q}_{Tr}$ est l'échange thermique en watts (W) (voir Figure 4);

t_a est la température ambiante en degrés Celsius (°C);

t_i est la température moyenne à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C).



IEC 1261/05

Figure 4 – Echange thermique à travers les parois

Example:

Measurements according to Clause 7 of different enclosure designs with the same dimensions, materials and surface treatments will result in the following enclosure absorption factors:

- | | | |
|----|--|------------------------|
| a) | single-wall enclosure | $\bar{A}_{E,1} = 0,61$ |
| b) | double-wall enclosure (without insulation and without ventilation) | $\bar{A}_{E,2} = 0,73$ |
| c) | double-wall enclosure (with ventilation between double wall) | $\bar{A}_{E,3} = 0,36$ |
| d) | single-wall enclosure with sun shield | $\bar{A}_{E,4} = 0,44$ |

Result:

At $\bar{A}_{E,3} < \bar{A}_{E,4} < \bar{A}_{E,1} < \bar{A}_{E,2}$ the inside temperatures of the different enclosures will be the same $t_{i,3} < t_{i,4} < t_{i,1} < t_{i,2}$ at the same solar load and same heat load.

8.2 Heat transfer through walls

For single-wall enclosures, the heat transfer through the walls shall be determined by formula (3):

$$\dot{Q}_{Tr} = k \cdot A \cdot (t_a - t_i) \quad (3)$$

where

A is the area of surfaces of the enclosure excluding the bottom in square meter (m^2);

k is the heat transfer rate, as defined in Annex A, in watts per square meter and per kelvin ($W/(m^2K)$);

$\dot{Q}_{Tr}$ is the heat transfer in watt (W) (see Figure 4);

t_a is the ambient temperature in degrees Celsius ($^{\circ}C$);

t_i is the average temperature inside the enclosure in degrees Celsius ($^{\circ}C$).

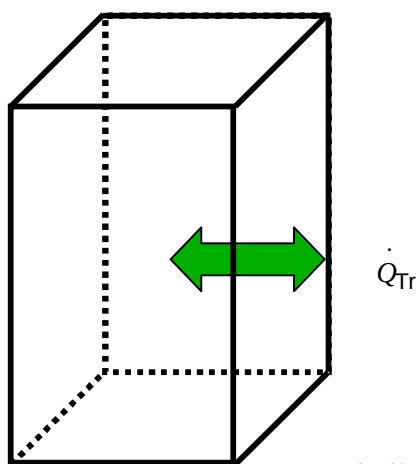


Figure 4 – Heat transfer through walls

8.3 Écoulement d'air entre les parois

S'il y a un écoulement d'air entre les doubles parois de l'enveloppe, la formule (4) doit être utilisée (voir également la Figure 5):

$$\dot{Q}_{\text{vent}} = \dot{m} \cdot c_{p,\text{air}} \cdot \Delta T \quad (4)$$

où

$$\dot{m} = \rho_{\text{air}} \cdot A_W \cdot w_W$$

$$\Delta T = t_m - t_a$$

A_W est la section de la double paroi en mètres carrés (m²);

$c_{p,\text{air}}$ est la capacité thermique spécifique de l'air en joules par kilogramme et par kelvin (J/(kg K));

$\dot{Q}_{\text{vent}}$ est l'échange thermique dû à l'écoulement d'air entre les doubles parois en watts (W);

t_a est la température ambiante en degrés Celsius (°C);

t_m est la température de l'air entre les doubles parois en degrés Celsius (°C);

w_W est la vitesse de l'air entre les doubles parois en mètres par seconde (m/s);

ρ_{air} est la densité de l'air en kilogramme par mètre cube (kg/m³).

NOTE Il pourrait être difficile de déterminer la température de l'air t_m entre les doubles parois. Si t_m n'est pas mesurée, il est autorisé d'utiliser les températures des parois pour approcher t_m par la formule (5):

$$t_m = \frac{t_{wi} + t_w}{2} \quad (5)$$

où

t_m est la température de l'air entre les doubles parois en degrés Celsius (°C);

t_w est la température des parois à l'extérieur de l'enveloppe en degré Celsius (°C);

t_{wi} est la température de paroi à l'intérieur d'une enveloppe à double paroi en degrés Celsius (°C).

Lorsque la formule (5) est utilisée, les températures t_m , t_w ou t_{wi} doivent être mesurées au niveau supérieur des parois.

8.3 Airflow between walls

If there is airflow between the double walls of the enclosure, formula (4) is to be used (see also Figure 5):

$$\dot{Q}_{\text{vent}} = \dot{m} \cdot c_{p,\text{air}} \cdot \Delta T \quad (4)$$

where

$$\dot{m} = \rho_{\text{air}} \cdot A_W \cdot w_W$$

$$\Delta T = t_m - t_a$$

A_W is the cross-section of the double wall in square metres (m²);

$c_{p,\text{air}}$ is the specific heat capacity of air in joules per kilogram and per kelvin (J/(kg K));

$\dot{Q}_{\text{vent}}$ is the heat transfer transported by the airflow between the double walls in watts (W);

t_a is the ambient temperature in degrees Celsius (°C);

t_m is the air temperature between the double walls in degrees Celsius (°C);

w_W is the air speed between the double walls in metres per second (m/s);

ρ_{air} is the density of air in kilogram per cubic meter (kg/m³).

NOTE It might be difficult to determine the air temperature t_m between the double walls. If t_m is not measured, it is allowed to use the wall temperatures to approximate t_m by formula (5):

$$t_m = \frac{t_{wi} + t_w}{2} \quad (5)$$

where

t_m is the air temperature between the double wall in degrees Celsius (°C);

t_w is the wall temperature on the outside of the enclosure in degrees Celsius (°C);

t_{wi} is the wall temperature of the interior wall of a double-wall enclosure in degrees Celsius (°C).

When using formula (5) the temperatures t_m , t_w or t_{wi} shall be measured at the top of the walls.

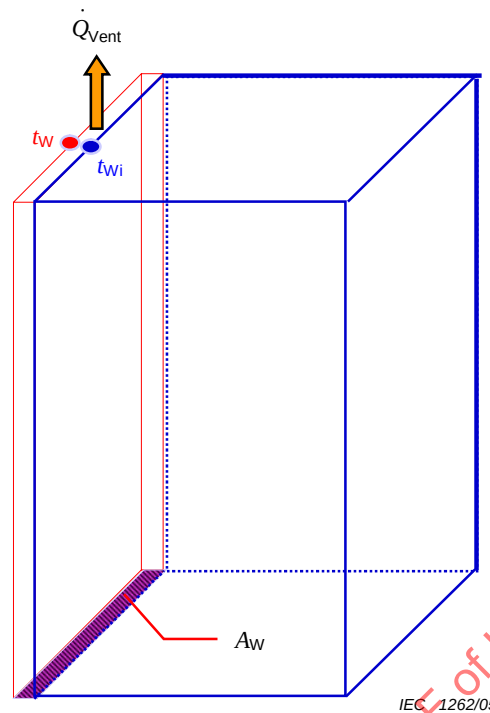


Figure 5 – Ecoulement d'air entre les parois

8.4 Résultats pour les enveloppes à une seule paroi

Une méthode de calcul de la température interne d'une enveloppe à une seule paroi est très simple lorsque l'on utilise le facteur d'absorption de l'enveloppe $\bar{A}_E$.

La base de calcul est la formule (1) en 7.2. Pour rendre le calcul plus facile, on prend pour hypothèse que le facteur d'absorption de l'enveloppe est le même pour toutes les parois. La température moyenne intérieure peut être calculée par la formule (6).

$$t_i = \frac{\bar{A}_E \cdot (\dot{q}_{w,R} \cdot A_R + \dot{q}_{w,EW} \cdot A_{EW} + \dot{q}_{w,NW} \cdot A_{NW} + \dot{q}_{w,WW} \cdot A_{WW} + \dot{q}_{w,SW} \cdot A_{SW} + \dot{q}_i \cdot A)}{A \cdot (\alpha_{ka} + \alpha_{rad})} + \frac{\dot{q}_i}{\alpha_{ki}} + t_a \quad (6)$$

où

A est la superficie des surfaces de l'enveloppe à l'exclusion de la partie inférieure en mètres carrés (m²);

A_x est la surface de la paroi x en mètres carrés (m²);

$\bar{A}_E$ est le facteur d'absorption de l'enveloppe;

$\dot{q}_i$ est la puissance thermique interne spécifique, selon l'Article 5, en watts par mètre carré (W/m²);

$\dot{q}_{w,x}$ est le rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe x en watts par mètre carré (W/m²);

t_a est la température ambiante en degrés Celsius (°C);

t_i est la température moyenne à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C);

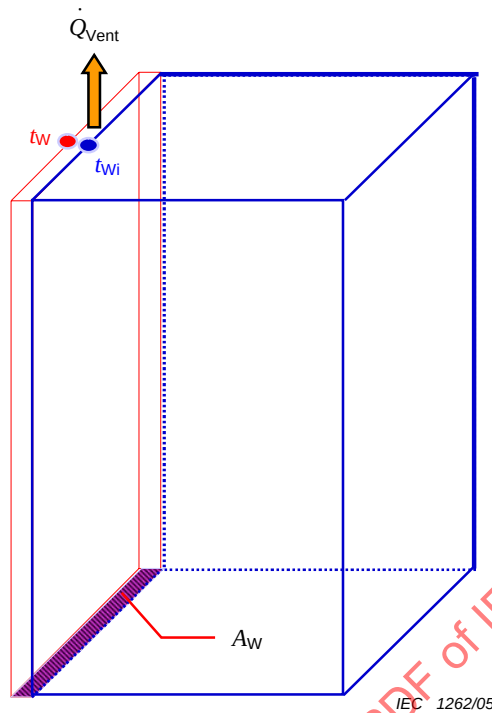


Figure 5 – Airflow between walls

8.4 Results for single-wall enclosures

A method of calculating the internal temperature of a single-wall enclosure can be performed by using the enclosure absorption factor $\bar{A}_E$.

The calculation basis is formula (1) in 7.2. For easier calculation, it is assumed that the enclosure absorption factor is equal for all walls. The average inside temperature can be calculated by formula (6).

$$t_i = \frac{\bar{A}_E \cdot (\dot{q}_{w,R} \cdot A_R + \dot{q}_{w,EW} \cdot A_{EW} + \dot{q}_{w,NW} \cdot A_{NW} + \dot{q}_{w,WW} \cdot A_{WW} + \dot{q}_{w,SW} \cdot A_{SW} + \dot{q}_i \cdot A)}{A \cdot (\alpha_{ka} + \alpha_{rad})} + \frac{\dot{q}_i}{\alpha_{ki}} + t_a \quad (6)$$

where

A is the area of the surfaces of the enclosure excluding the bottom in square meters (m^2);

A_x is the surface of wall x in square metres (m^2);

$\bar{A}_E$ is the enclosure absorption factor;

$\dot{q}_i$ is the specific internal heat load, according to Clause 5, in watts per square meter (W/m^2);

$\dot{q}_{w,x}$ is the solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall x in watts per square metres (W/m^2);

t_a is the ambient temperature in degrees Celsius ($^{\circ}C$);

t_i is the average temperature inside the enclosure in degrees Celsius ($^{\circ}C$);

- α_{ka} est le coefficient de transmission thermique externe, selon l'Article 6, en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- α_{ki} est le coefficient de transmission thermique par convection interne, selon l'Article 6, en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- α_{rad} est le coefficient de transmission thermique par rayonnement en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- x est un caractère pour identifier les parois (R pour le toit, EW pour la paroi est, NW pour la paroi nord, WW pour la paroi ouest et SW pour la paroi sud).

Dans le Tableau 2, on énumère les paramètres qu'il est nécessaire de connaître pour le calcul. Un exemple détaillé pour ce calcul est présenté à l'Article C.1.

Tableau 2 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à une seule paroi

Dimensions	Largeur, hauteur, profondeur
Facteur d'absorption de l'enveloppe	$\bar{A}_E$
Rayonnement solaire sur les parois	$\dot{q}_{w,R}; \dot{q}_{w,EW}; \dot{q}_{w,NW}; \dot{q}_{w,WW}; \dot{q}_{w,SW}$
Environnement	$\alpha_{ka}; \alpha_{ki}; \alpha_{rad}; t_a$
Puissance thermique interne spécifique	$\dot{q}_i$

8.5 Résultats pour les enveloppes à double paroi (méthode simplifiée)

Une méthode simplifiée pour calculer la température interne d'une enveloppe à double paroi consiste à utiliser les deux étapes suivantes:

Etape 1: Calcul des températures prévues à l'intérieur pour chaque paroi d'enveloppe $t_{i,x}$ selon la formule (7):

$$t_{i,x} = t_a + \frac{\dot{q}_i}{\alpha_{ki}} + \frac{\bar{A}_E \cdot (\dot{q}_{w,x} + c_F \cdot \dot{q}_i)}{\alpha_{ka} + \alpha_{rad} + \frac{\rho_{air} \cdot A_W \cdot w_w \cdot c_{p,air}}{A_x}} \quad (7)$$

où

- A_x est la surface de la paroi x en mètres carrés (m²);
- $\bar{A}_E$ est le facteur d'absorption de l'enveloppe;
- A_W est la section de la double paroi en mètres carrés (m²);
- c_F est le facteur correctif pour le calcul de la double paroi (méthode simplifiée);
- $c_{p,air}$ est la capacité thermique spécifique de l'air en joules par kilogramme et par kelvin (J/(kg K));
- $\dot{q}_i$ est la puissance thermique interne spécifique, selon l'Article 5, en watts par mètre carré (W/m²);
- $\dot{q}_{w,x}$ est le rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe x en watts par mètre carré (W/m²);
- t_a est la température ambiante en degrés Celsius (°C);

- α_{ka} is the convection heat transfer coefficient outside, according to Clause 6, in watts per square metre and per kelvin (W/(m² K));
- α_{ki} is the convection heat transfer coefficient inside, according to Clause 6, in watts per square metre and per kelvin (W/(m² K));
- α_{rad} is the radiation heat transfer coefficient in watts per square meter and per kelvin (W/(m² K));
- x is an identifier for the walls (R for roof, EW for east wall, NW for north wall, WW for west wall and SW for south wall).

In Table 2, parameters are required for the calculation. A detailed example for this calculation is shown in Clause C.1.

Table 2 – Parameters for single-wall enclosure calculation

Dimensions	Width, height, depth
Enclosure absorption factor	$\bar{A}_E$
Solar radiation on walls	$\dot{q}_{w,R}; \dot{q}_{w,EW}; \dot{q}_{w,NW}; \dot{q}_{w,WW}; \dot{q}_{w,SW}$
Environment	$\alpha_{ka}; \alpha_{ki}; \alpha_{rad}; t_a$
Specific internal heat load	$\dot{q}_i$

8.5 Results for double-wall enclosures (simple method)

A simple method for calculating the internal temperature of a double-wall enclosure is by using the following two steps.

Step 1: Calculation of the expected inside temperatures for every enclosure wall $t_{i,x}$ according to formula (7):

$$t_{i,x} = t_a + \frac{\dot{q}_i}{\alpha_{ki}} + \frac{\bar{A}_E \cdot (\dot{q}_{w,x} + c_F \cdot \dot{q}_i)}{\alpha_{ka} + \alpha_{rad} + \frac{\rho_{air} \cdot A_W \cdot w_w \cdot c_{p,air}}{A_x}} \quad (7)$$

where

- A_x is the surface of wall x in square meters (m²);
- $\bar{A}_E$ is the enclosure absorption factor;
- A_W is the cross-section of the double wall in square metres (m²);
- c_F is the corrective factor for double-wall calculation (simple method);
- $c_{p,air}$ is the specific heat capacity of air in joules per kilogram and per kelvin (J/(kg K));
- $\dot{q}_i$ is the specific internal heat load, according to Clause 5, in watts per square metre (W/m²);
- $\dot{q}_{w,x}$ is the solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall x in watts per square metre (W/m²);
- t_a is the ambient temperature in degrees Celsius (°C);

- $t_{i,x}$ est la température interne estimée calculée pour la paroi x (enveloppe à double paroi);
- w_w est la vitesse de l'air entre les doubles parois en mètres par seconde (m/s);
- α_{ka} est le coefficient de transmission thermique externe par convection, selon l'Article 6, en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- α_{ki} est le coefficient de transmission thermique interne par convection, selon l'Article 6, en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- α_{rad} est le coefficient de transmission thermique par rayonnement en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- ρ_{air} est la densité de l'air en kilogrammes par mètre cube (kg/m³);
- x est un caractère pour identifier les parois (R pour le toit, EW pour la paroi est, NW pour la paroi nord, WW pour la paroi ouest et SW pour la paroi sud).

NOTE 1 Du fait des différentes simplifications, il est nécessaire d'utiliser un facteur correctif c_F pour cette méthode. La plage type pour c_F est 3,6 à 3,9.

NOTE 2 Si la vitesse de l'air entre les doubles parois n'est pas connue, les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour $w_w = 0,2$ m/s à 0,4 m/s.

Etape 2: Calcul de la température t_i à l'intérieur de l'enveloppe en prenant la moyenne des résultats de l'étape 1 selon la formule (8):

$$t_i = \frac{1}{A} \cdot (t_{i,R} \cdot A_R + t_{i,EW} \cdot A_{EW} + t_{i,SW} \cdot A_{SW} + t_{i,WW} \cdot A_{WW} + t_{i,NW} \cdot A_{NW}) \quad (8)$$

où

- A est la superficie des surfaces de l'enveloppe à l'exclusion de la partie inférieure en mètres carrés (m²);
- A_x est la surface de la paroi x en mètres carrés (m²);
- t_i est la température moyenne à l'intérieur de l'enveloppe en degrés Celsius (°C);
- $t_{i,x}$ est la température estimée à l'intérieur calculée par la paroi x (enveloppe à double paroi);
- x est un caractère pour identifier les parois (R pour le toit, EW pour la paroi est, NW pour la paroi nord, WW pour la paroi ouest et SW pour la paroi sud).

Dans le Tableau 3, on énumère les paramètres qu'il est nécessaire de connaître pour le calcul simplifié. Un exemple détaillé pour ce calcul est présenté à l'Article C.2.

Tableau 3 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à double paroi (méthode simplifiée)

Dimensions	Largeur, hauteur, profondeur
Section de la double paroi	A_w
Facteur d'absorption de l'enveloppe	$\bar{A}_E$
Rayonnement solaire sur les parois	$\dot{q}_{w,R}; \dot{q}_{w,EW}; \dot{q}_{w,NW}; \dot{q}_{w,WW}; \dot{q}_{w,SW}$
Environnement	$\alpha_{ka}; \alpha_{ki}; \alpha_{rad}; t_a; \rho_{air}; c_{p,air}$
Vitesse de l'air entre les doubles parois	w_w
Puissance thermique interne spécifique	$\dot{q}_i$
Facteur correctif	c_F

Si une méthode plus exacte est prescrite pour déterminer la température à l'intérieur d'une enveloppe à double paroi, une méthode par itération peut être trouvée à l'Article D.1 et un exemple à l'Article D.2.

- $t_{i,x}$ is the estimated inside temperature calculated by wall x (double-wall enclosure);
- w_w is the air speed between the double wall in metres per second (m/s);
- α_{ka} is the convection heat transfer coefficient outside, according to Clause 6, in watts per square metre and per kelvin (W/(m² K));
- α_{ki} is the convection heat transfer coefficient inside, according to Clause 6, in watts per square meter and per kelvin (W/(m² K));
- α_{rad} is the radiation heat transfer coefficient in watts per square metre and per kelvin (W/(m² K));
- ρ_{air} is the density of air in kilograms per cubic meter (kg/m³);
- x is an identifier for the walls (R for roof, EW for east wall, NW for north wall, WW for west wall and SW for south wall).

NOTE 1 Due to different simplifications it is necessary to use a corrective factor c_F for this method. The typical range for c_F is 3,6 to 3,9.

NOTE 2 If the air speed between the double walls is not known, the following values can be used for $w_w = 0,2$ m/s to 0,4 m/s.

Step 2: Calculation of the enclosure inside temperature t_i by averaging the results of step 1 according to formula (8):

$$t_i = \frac{1}{A} \cdot (t_{i,R} \cdot A_R + t_{i,EW} \cdot A_{EW} + t_{i,SW} \cdot A_{SW} + t_{i,WW} \cdot A_{WW} + t_{i,NW} \cdot A_{NW}) \quad (8)$$

where

- A is the area of the surfaces of the enclosure excluding the bottom in square metres (m²);
- A_x is the surface of wall x in square metres (m²);
- t_i is the average temperature inside the enclosure in degreea Celsius (°C);
- $t_{i,x}$ is the estimated inside temperature calculated by wall x (double-wall enclosure);
- x is an identifier for the walls (R for roof, EW for east wall, NW for north wall, WW for west wall and SW for south wall).

The parameters that are required for the simple calculation are stated in Table 3. A detailed example for this calculation is shown in Clause C.2.

Table 3 – Parameters for double-wall enclosure calculation (simple method)

Dimensions	Width, height, depth
Cross-section of double wall	A_w
Enclosure absorption factor	$\bar{A}_E$
Solar radiation on walls	$\dot{q}_{w,R}; \dot{q}_{w,EW}; \dot{q}_{w,NW}; \dot{q}_{w,WW}; \dot{q}_{w,SW}$
Environment	$\alpha_{ka}; \alpha_{ki}; \alpha_{rad}; t_a; \rho_{air}; c_{p,air}$
Air speed between double wall	w_w
Specific internal heat load	$\dot{q}_i$
Corrective factor	c_F

If a more exact method is required to determine the inside temperature of a double-wall enclosure, a method of iteration can be found in Clause D.1 and an example in Clause D.2.

Annexe A (normative)

Taux de transfert de chaleur

Le taux de transfert de chaleur est défini dans la formule (A.1):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ki}} + \sum_j \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_{ka}}} \quad (\text{A.1})$$

où

- k est le taux de transfert de chaleur en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- s_j est l'épaisseur du matériau j utilisé pour la paroi en mètres (m);
- α_{ka} est le coefficient de transmission thermique par convection externe en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- α_{ki} est le coefficient de transmission thermique par convection interne en watts par mètre carré et par kelvin (W/(m² K));
- λ_j est la conductivité thermique du matériau j utilisée pour la paroi en watts par mètre et par kelvin (W/(m K)).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

Annex A (normative)

Heat transfer rate

The heat transfer rate is defined in formula (A.1):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ki}} + \sum_j \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_{ka}}} \quad (\text{A.1})$$

where

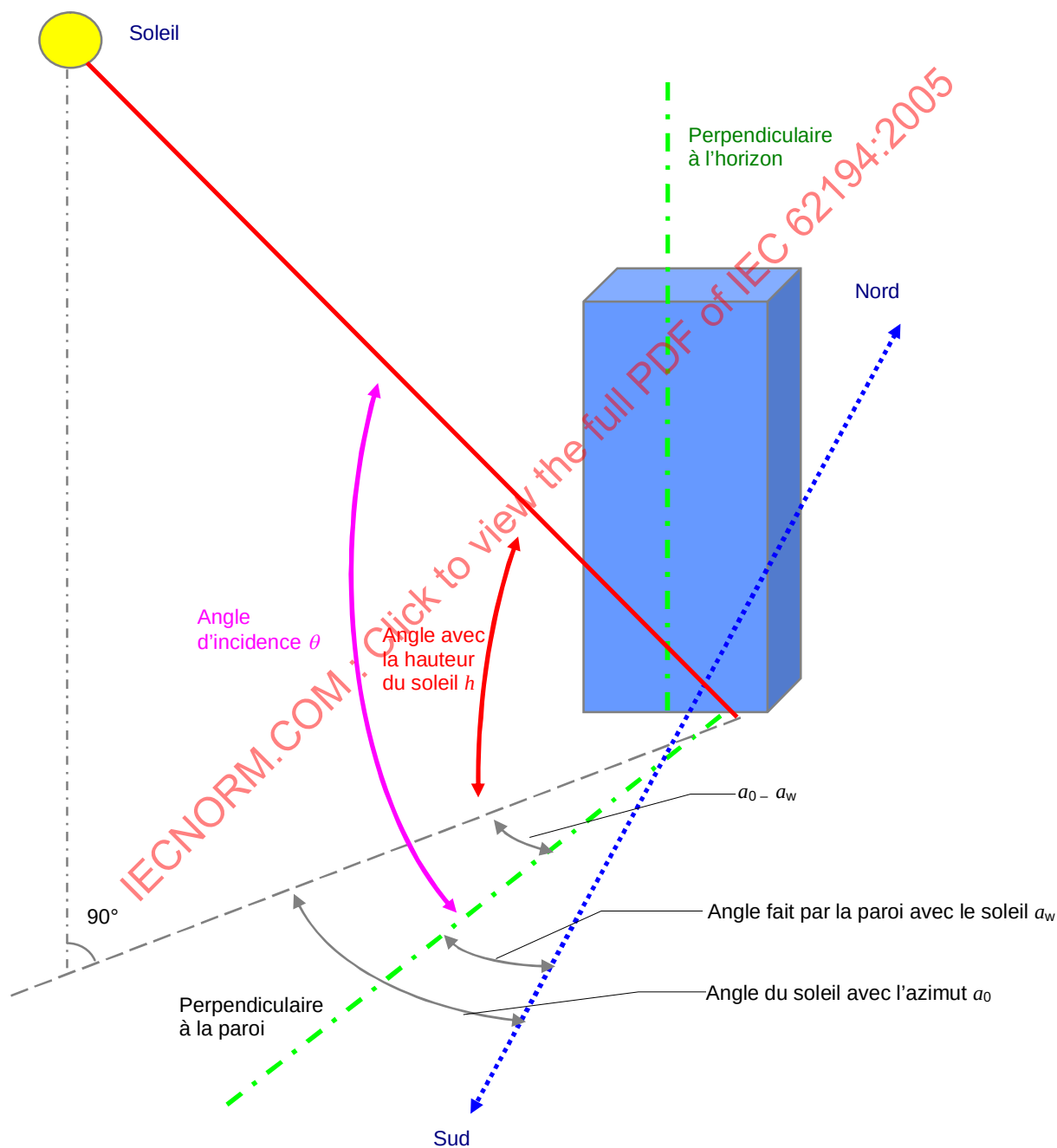
- k is the heat transfer rate in watts per square metre and per kelvin ($\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$);
- s_j is the material thickness of material j used for the wall in metres (m);
- α_{ka} is the convection heat transfer coefficient outside in watts per square meter and per kelvin ($\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$);
- α_{ki} is the convection heat transfer coefficient inside in watts per square meter and per kelvin ($\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$);
- λ_j is the thermal conductivity of material j used for the wall in watts per meter and per kelvin ($\text{W}/(\text{m K})$).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

Annexe B (informative)

Relations géométriques pour le rayonnement solaire

Lors de la conversion du rayonnement solaire arrivant à la surface verticale, certaines relations angulaires doivent être prises en considération. La Figure B.1 représente un schéma d'ensemble. Les directions indiquées sont valables pour l'hémisphère nord; dans l'hémisphère sud, les directions doivent être inversées.



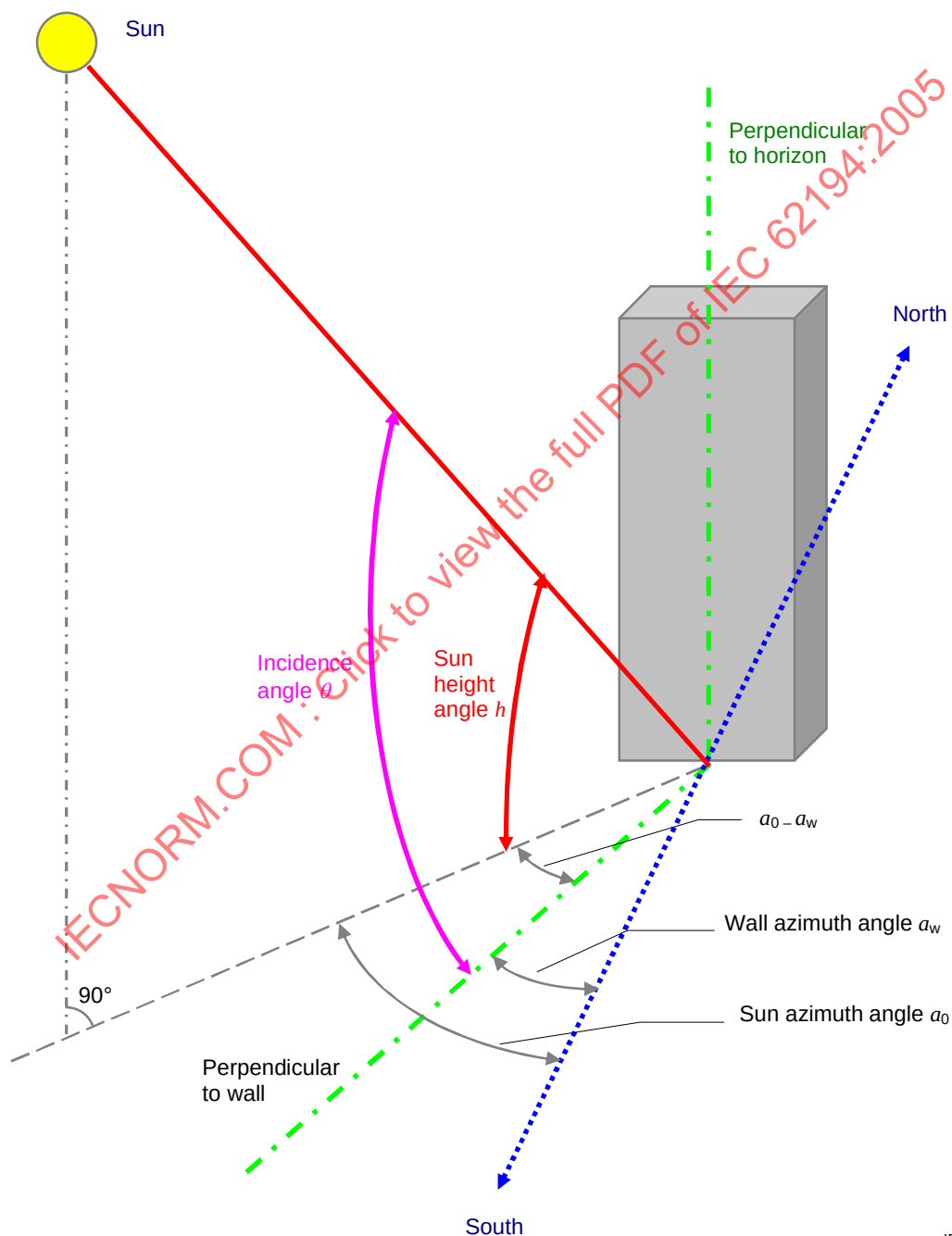
IEC 1263/05

Figure B.1 – Relations géométriques pour le rayonnement solaire

Annex B (informative)

Geometric relations for solar radiation

When converting the impacting solar radiation to the vertical area, some angular relations have to be considered. Figure B.1 shows a schematic overview. The indicated angles are valid for the Northern Hemisphere; in the Southern Hemisphere, the angles have to be exchanged.



IEC 1263/05

Figure B.1 – Geometric angles for solar radiation impact

Le rayonnement solaire qui tombe sur les surfaces verticales est déterminé selon la formule (B.1):

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= (\dot{q}_S - \dot{q}_{\text{dif}}) \cdot \cos(a_0 - a_w) \cdot \cos(h) + \dot{q}_{\text{dif}} \\ &= \cos(\theta) \cdot \dot{q}_S + [1 - \cos(\theta)] \cdot \dot{q}_{\text{dif}}\end{aligned}\quad (\text{B.1})$$

Si le rayonnement global est indiqué, le rayonnement solaire est converti selon la formule (B.2):

$$\dot{q}_w = (\dot{q}_g - \dot{q}_{\text{dif}}) \cdot \frac{\cos(a_0 - a_w)}{\tan(h)} + \dot{q}_{\text{dif}} \quad (\text{B.2})$$

où

a_0 est l'angle du soleil avec l'azimut;

a_w est l'angle fait par la paroi avec le soleil;

h est l'angle avec la hauteur du soleil;

$\dot{q}_{\text{dif}}$ est le rayonnement solaire diffus en watts par mètre carré (W/m^2);

$\dot{q}_g$ est le rayonnement solaire reçu sur les surfaces horizontales en watts par mètre carré (rayonnement global) (W/m^2);

$\dot{q}_s$ est le rayonnement solaire reçu à travers l'atmosphère en watts par mètre carré (W/m^2) (sens normal vers le soleil);

$\dot{q}_w$ est le rayonnement solaire (direct et diffus) sur la paroi de l'enveloppe en watts par mètre carré (W/m^2);

θ est l'angle d'incidence.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

The solar radiation that impacts the vertical areas is determined according to formula (B.1):

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= (\dot{q}_S - \dot{q}_{\text{dif}}) \cdot \cos(a_0 - a_w) \cdot \cos(h) + \dot{q}_{\text{dif}} \\ &= \cos(\theta) \cdot \dot{q}_S + [1 - \cos(\theta)] \cdot \dot{q}_{\text{dif}}\end{aligned}\quad (\text{B.1})$$

If the global radiation is indicated, the solar radiation is converted according to formula (B.2):

$$\dot{q}_w = (\dot{q}_g - \dot{q}_{\text{dif}}) \cdot \frac{\cos(a_0 - a_w)}{\tan(h)} + \dot{q}_{\text{dif}} \quad (\text{B.2})$$

where

a_0 is the sun azimuth angle;

a_w is the wall azimuth angle;

h is the sun-height angle;

$\dot{q}_{\text{dif}}$ is the diffuse solar radiation in watts per square metre (W/m^2);

$\dot{q}_g$ is the solar radiation received on horizontal surfaces in watts per square metre (global radiation) (W/m^2);

$\dot{q}_S$ is the solar radiation received through the atmosphere in watts per square metre (W/m^2) (normal direction to the sun);

$\dot{q}_w$ is the solar radiation (direct and diffuse) on the enclosure wall in watts per square metre (W/m^2);

θ is the incident angle.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62194:2005

Annexe C (informative)

Exemple de calcul pour la simple et double paroi

C.1 Exemple de calcul pour la simple paroi

Cet exemple illustre la façon de calculer la température moyenne à l'intérieur d'une enveloppe à simple paroi selon 8.4.

Les paramètres fournis sont énumérés dans le Tableau C.1.

Tableau C.1 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à une simple paroi

Dimensions de l'enveloppe	Largeur	0,60	m
	Hauteur	1,20	m
	Profondeur	0,60	m
Facteur d'absorption de l'enveloppe	$\bar{A}_E =$	0,60	
Température ambiante	$t_a =$	30	°C
Coefficients de transmission thermique	$\alpha_{ki} =$	5,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{ka} =$	10,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{rad} =$	6,8	(W/(m ² K))
Rayonnement solaire sur les parois	$\dot{q}_{w,R} =$	1 061	W/m ²
	$\dot{q}_{w,EW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,NW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,WW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,SW} =$	325	W/m ²
Puissance thermique	$P =$	250	W

Les prochaines étapes permettent de déterminer

$$A = 3,24 \text{ m}^2$$

$$A_R = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{EW} = A_{WW} = A_{NW} = A_{SW} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\dot{q}_i = P/A = 77,2 \text{ W/m}^2$$

La température t_i moyenne à l'intérieur peut donc être calculée selon la formule (6):

$$t = 56,8 \text{ °C}$$

C.2 Exemple pour le calcul de la double paroi (méthode simplifiée)

Cet exemple illustre la façon de calculer la température moyenne à l'intérieur d'une enveloppe à double paroi selon 8.5.

Annex C (informative)

Example for single and double wall calculation

C.1 Example for single-wall calculation

This example shows how to calculate the average inside temperature of a single-wall enclosure according to 8.4.

The given parameters are listed in Table C.1.

Table C.1 – Given parameters for single-wall enclosure calculation

Enclosure dimensions	Width	0,60	m
	Height	1,20	m
	Depth	0,60	m
Enclosure absorption factor	$\bar{A}_E =$	0,60	
Ambient temperature	$t_a =$	30	°C
Heat transfer coefficients	$\alpha_{ki} =$	5,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{ka} =$	10,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{rad} =$	6,8	(W/(m ² K))
Solar radiation on walls	$\dot{q}_{w,R} =$	1 061	W/m ²
	$\dot{q}_{w,EW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,NW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,WW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,SW} =$	325	W/m ²
Heat load	$P =$	250	W

Followed by the determination of

$$A = 3,24 \text{ m}^2$$

$$A_R = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{EW} = A_{WW} = A_{NW} = A_{SW} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\dot{q}_i = P/A = 77,2 \text{ W/m}^2$$

The average inside temperature t_i can now be calculated according to formula (6):

$$t_i = 56,8 \text{ °C}$$

C.2 Example for double-wall calculation (simple method)

This example shows how to calculate the average inside temperature of a double-wall enclosure according to 8.5.

Les paramètres fournis sont énumérés dans le Tableau C.2.

**Tableau C.2 – Paramètres pour le calcul de l'enveloppe à double paroi
(méthode simplifiée)**

Dimensions de l'enveloppe	Largeur	0,60	m
	Hauteur	1,20	m
	Profondeur	0,60	m
Section de la double paroi	$A_W =$	0,015	m ²
Facteur d'absorption de l'enveloppe	$\bar{A}_E =$	0,32	
Température ambiante	$t_a =$	30	°C
Coefficients de transmission thermique	$\alpha_{ki} =$	5,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{ka} =$	10,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{rad} =$	6,8	(W/(m ² K))
Rayonnement solaire sur les parois	$\dot{q}_{w,R} =$	1 061	W/m ²
	$\dot{q}_{w,EW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,NW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,WW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,SW} =$	325	W/m ²
Puissance thermique	$P =$	250	W
Facteur correctif	$c_F =$	3,8	
Densité de l'air	$\rho_{air} =$	1,293	kg/m ³
Capacité thermique spécifique de l'air	$c_{p,air} =$	1 005	Ws/(kg K)
Vitesse du vent entre les doubles parois	$w_w =$	0,3	m/s

Les prochaines étapes permettent de déterminer:

$$A = 3,24 \text{ m}^2$$

$$A_R = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{EW} = A_{WW} = A_{NW} = A_{SW} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\dot{q}_i = P/A = 77,2 \text{ W/m}^2$$

Les températures $t_{i,x}$ à l'intérieur peuvent donc être calculées selon la formule (7):

$$t_{i,R} = 58,6 \text{ °C}$$

$$t_{i,EW} = 50,2 \text{ °C}$$

$$t_{i,SW} = 53,4 \text{ °C}$$

$$t_{i,WW} = 50,2 \text{ °C}$$

$$t_{i,NW} = 50,2 \text{ °C}$$

La température moyenne intérieure peut être déterminée par la formule (8) :

$$t_i = 51,8 \text{ °C}$$

The given parameters are listed in Table C.2.

Table C.2 – Given parameters for double-wall enclosure calculation (simple method)

Enclosure dimensions	Width	0,60	m
	Height	1,20	m
	Depth	0,60	m
Cross-section of double wall	$A_w =$	0,015	m ²
Enclosure absorption factor	$\bar{A}_E =$	0,32	
Ambient temperature	$t_a =$	30	°C
Heat transfer coefficients	$\alpha_{ki} =$	5,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{ka} =$	10,0	(W/(m ² K))
	$\alpha_{rad} =$	6,8	(W/(m ² K))
Solar radiation on walls	$\dot{q}_{w,R} =$	1 061	W/m ²
	$\dot{q}_{w,EW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,NW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,WW} =$	78	W/m ²
	$\dot{q}_{w,SW} =$	325	W/m ²
Heat load	$P =$	250	W
Corrective factor	$c_F =$	3,8	
Density of air	$\rho_{air} =$	1,293	kg/m ³
Specific heat capacity of air	$c_{p,air} =$	1 005	Ws/(kg K)
Wind speed between double wall	$w_w =$	0,3	m/s

Followed by the determination of

$$A = 3,24 \text{ m}^2$$

$$A_R = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{EW} = A_{WW} = A_{NW} = A_{SW} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\dot{q}_i = P/A = 77,2 \text{ W/m}^2$$

The inside temperatures $t_{i,x}$ can now be calculated according to formula (7):

$$t_{i,R} = 58,6 \text{ °C}$$

$$t_{i,EW} = 50,2 \text{ °C}$$

$$t_{i,SW} = 53,4 \text{ °C}$$

$$t_{i,WW} = 50,2 \text{ °C}$$

$$t_{i,NW} = 50,2 \text{ °C}$$

The average inside temperature can be determined by formula (8):

$$t_i = 51,8 \text{ °C}$$

Annexe D (informative)

Méthode par itération pour des résultats rigoureux de l'enveloppe à double paroi

D.1 Méthode par itération pour des résultats rigoureux de l'enveloppe à double paroi

Une méthode plus exacte mais également plus compliquée que celle décrite en 8.5 pour calculer la température moyenne intérieure des enveloppes à double paroi consiste à utiliser la méthode par itération suivante. Il est nécessaire de définir un modèle pour des conditions de régime permanent illustré à la Figure D.1 et de résoudre les équations (D.1) et (D.2) pour chaque maille de température obtenue par itération. Pour de meilleurs résultats, une seconde itération conforme à l'équation (D.5) est utile. La procédure de calcul est décrite à la Figure D.2.

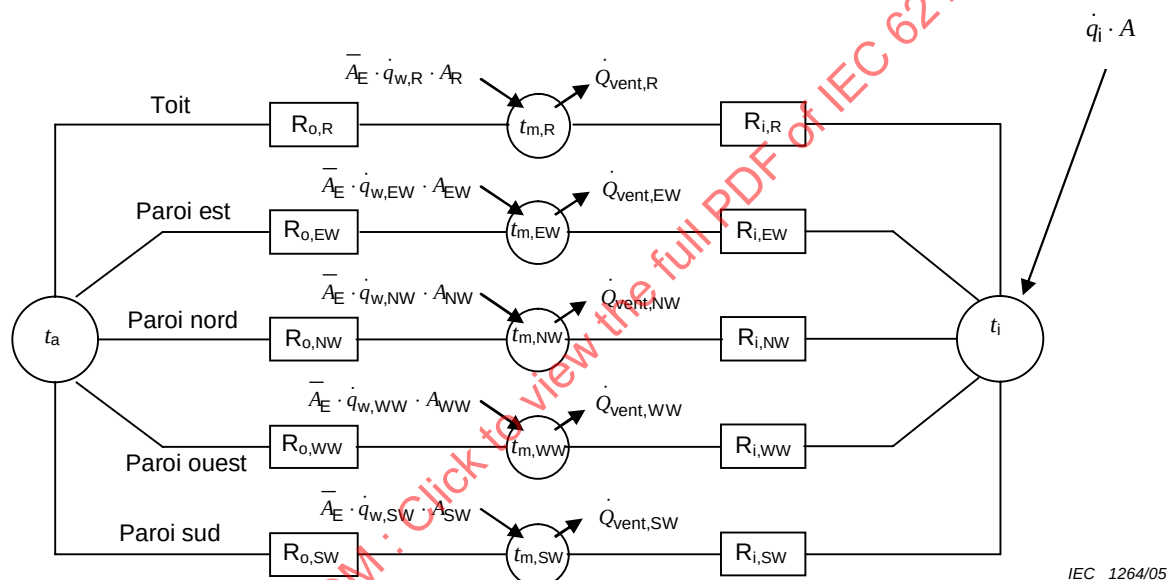


Figure D.1 – Modèle thermique pour enveloppe à double paroi

Les paramètres sont les suivants:

- A superficie des surfaces de l'enveloppe à l'exclusion de la surface inférieure en mètres carrés (m²);
- A_x surface de la paroi x en mètres carrés (m²);
- $\dot{Q}_{vent,x}$ échange thermique transféré par l'écoulement de l'air entre les doubles parois x en watts (W);
- $\dot{q}_i$ puissance thermique interne spécifique en watts par mètre carré (W/m²);
- $\dot{q}_{w,x}$ rayonnement solaire total perpendiculaire à la paroi x en watts par mètre carré (W/m²);

$$R_{o,x} = \frac{1}{\alpha_{ka}} \cdot \frac{1}{A_x} \quad \text{résistance thermique à l'extérieur de la paroi x en kelvins par watt (K/W);}$$

$$R_{i,x} = \frac{1}{\alpha_{ki}} \cdot \frac{1}{A_x} \quad \text{résistance thermique à l'intérieur de la paroi x en kelvins par watt (K/W);}$$

Annex D (informative)

Iteration method for exact results of a double wall enclosure

D.1 Iteration method for exact results of a double wall enclosure

A more exact, but also more complicated, method than that described in 8.5 to calculate the internal average temperature for double-wall enclosures consists of using the following iteration method. It is necessary to define a model for steady-state conditions, as shown in Figure D.1, and to solve the equations (D.1) and (D.2) for every temperature node by iteration. For better results, a second iteration according to equation (D.5) is helpful. The calculation procedure is described in Figure D.2.

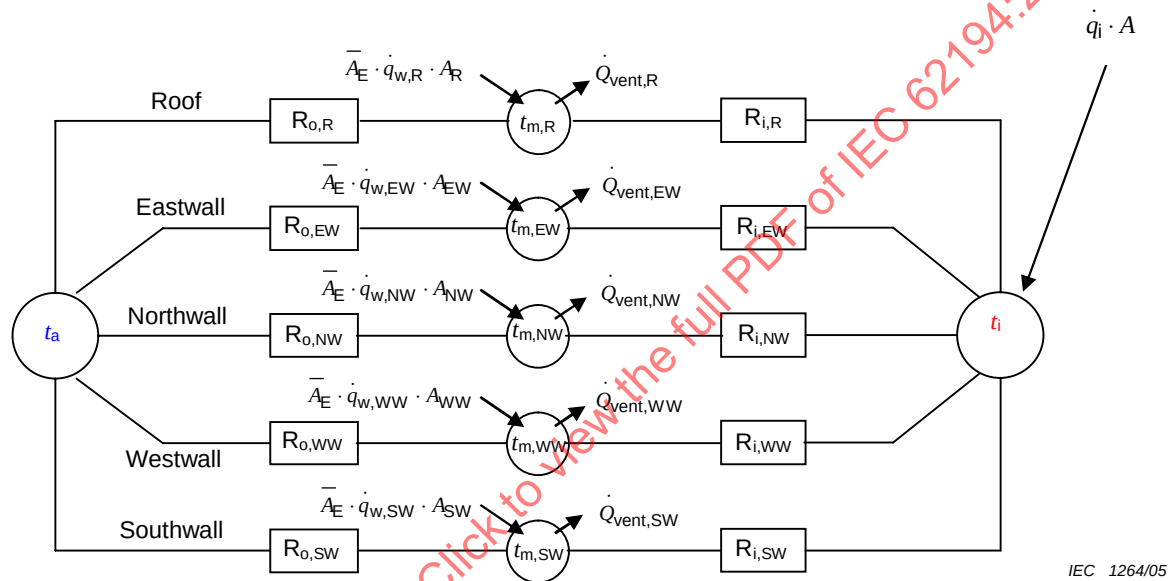


Figure D.1 – Thermal model for double wall enclosure

The parameters are:

- A area of the surfaces of the enclosure excluding the bottom in square metres (m^2);
- A_x surface of wall x in square metres (m^2);
- $\dot{Q}_{vent,x}$ heat transfer transported by the airflow between the double wall x in watts (W);
- $\dot{q}_i$ specific internal heat load in watts per square metres (W/m^2);
- $\dot{q}_{w,x}$ solar total radiation perpendicular on wall x in watts per square metres (W/m^2);

$$R_{o,x} = \frac{1}{\alpha_{ka}} \cdot \frac{1}{A_x} \quad \text{thermal resistance to the outside of wall } x \text{ in kelvins per watt (K/W);}$$

$$R_{i,x} = \frac{1}{\alpha_{ki}} \cdot \frac{1}{A_x} \quad \text{thermal resistance to the inside of wall } x \text{ in kelvins per watt (K/W);}$$