

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Mechanical structures for electrical and electronic equipment – Thermal management for cabinets in accordance with IEC 60297 and IEC 60917 series – Part 5: Cooling performance evaluation for indoor cabinets

Structures mécaniques pour équipements électriques et électroniques – Gestion thermique pour les armoires conformes aux séries IEC 60297 et IEC 60917 – Partie 5: Évaluation des performances de refroidissement pour les baies intérieures



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Mechanical structures for electrical and electronic equipment – Thermal management for cabinets in accordance with IEC 60297 and IEC 60917 series – Part 5: Cooling performance evaluation for indoor cabinets

Structures mécaniques pour équipements électriques et électroniques – Gestion thermique pour les armoires conformes aux séries IEC 60297 et IEC 60917 – Partie 5: Évaluation des performances de refroidissement pour les baies intérieures

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.240

ISBN 978-2-8322-3308-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	6
4 Cabinet cooling class criteria	8
5 Cooling performance of cabinets	9
5.1 General.....	9
5.2 Cooling method of indoor cabinets.....	9
5.2.1 Classification of cooling methods.....	9
5.2.2 Cooling performances	10
5.2.3 Concept for temperature rise	10
5.2.4 Temperature rise limits.....	10
5.3 Natural convection cooling	10
5.4 Natural ventilation cooling	11
5.5 Forced air cooling (forced ventilation).....	11
5.6 Representative examples of calculated cooling performance	12
Annex A (informative) Background information	13
A.1 Air velocity calculation of natural ventilation.....	13
A.2 Background information of the validation test results by CFD simulations	13
Figure 1 – Natural convection cooling.....	8
Figure 2 – Natural ventilation cooling	9
Figure 3 – Forced air cooling.....	9
Figure 4 – Velocity of natural convection as a function of cabinet height	11
Figure A.1 – Balanced force on internal air of a cabinet	13
Figure A.2 – Thermal simulation example – Type A	14
Figure A.3 – Thermal simulation example – Type B	15
Figure A.4 – Thermal simulation example – Type C	16
Figure A.5 – Thermal simulation example – Type D	17
Figure A.6 – Thermal simulation example – Type E	18
Table 1 – Classification of cooling method.....	10
Table 2 – Representative examples of calculated cooling performances.....	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MECHANICAL STRUCTURES FOR ELECTRICAL
AND ELECTRONIC EQUIPMENT –
THERMAL MANAGEMENT FOR CABINETS IN
ACCORDANCE WITH IEC 60297 AND IEC 60917 SERIES –**

Part 5: Cooling performance evaluation for indoor cabinets

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62610-5 has been prepared by subcommittee 48D: Mechanical structures for electrical and electronic equipment, of IEC technical committee 48:Electrical connectors and mechanical structures for electrical and electronic equipment.

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

CDV	Report on voting
48D/591/CDV	48D/604/RVC

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.

A list of all parts in the IEC 62610 series, published under the general title *Mechanical structures for electrical and electronic equipment – Thermal management for cabinets in accordance with IEC 60297 and IEC 60917 series*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62610-5:2016

INTRODUCTION

Indoor cabinets containing electronic equipment in subrack(s) and/ or chassis provide cooling by several different means, depending on the heat load of the equipment in the cabinet. In most cases air convection is used for cooling. The cabinets can be sealed or non-sealed, and may be equipped with fans for forced air cooling or rely on natural convection cooling without fans. In addition the subrack(s) or chassis may contain their own fans or rely on natural convection. Air convection systems are used to cool low to medium heat load applications. Indoor cabinets containing subrack(s) and/ or chassis assembled with high heat load electronic equipment typically are cooled by air to air heat exchangers or water supplied heat exchangers, and are not considered in this standard.

Sealed cabinets are used for systems operated in an industrial atmosphere, to protect the equipment against harsh environments, such as dust or water (IP), or provisions for EMC or acoustic noise. Non-sealed cabinets are used in offices, laboratories or data centres, where the environment is controlled.

The cooling performance of an electronic cabinet depends on the type of the cabinet, either sealed or non-sealed, with or without air moving devices, ventilated or re-circulated, and also, on the heat loads and the additional cooling systems (if any) of the equipment inside the cabinet.

Therefore, it is difficult to determine properly the cooling capabilities of empty electronic cabinets for various applications. This standard introduces a simplified method for an overall cooling performance evaluation for empty indoor cabinets in accordance with IEC 60917 or IEC 60297 series.

The purpose of this standard is to classify the cooling methods of empty indoor cabinets, to simplify the thermal hydraulic formulae for the evaluation and classification of cabinet cooling performances, and to exemplify the cooling performances for representative cabinet sizes based on IEC 60917 or IEC 60297.

This enables the users to select the appropriate cabinet cooling solutions for their applications.

MECHANICAL STRUCTURES FOR ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT – THERMAL MANAGEMENT FOR CABINETS IN ACCORDANCE WITH IEC 60297 AND IEC 60917 SERIES –

Part 5: Cooling performance evaluation for indoor cabinets

1 Scope

This part of IEC 62610 specifies a method for evaluating the cooling capacity mainly for air convection cooling of empty cabinets in accordance with IEC 60297 and IEC 60917 series.

2 Normative references

Void.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

ventilation

movement of the air inside a cabinet, causing replacement of the inside air by the cabinet external ambient air

3.2

buoyancy

force of air in the opposite direction of gravity that is produced by the difference in density due to the temperature differences between the air inside and external to the cabinet

3.3

natural ventilation

air movement produced by buoyancy

3.4

forced air cooling

forced ventilation

ventilation by air moving devices

3.5

natural convection cooling

cooling by natural air convection and radiation

3.6

air moving device

device creating air movement, e.g. fans, blowers, and other forced air movement equipment

3.7

sealed cabinet, without air moving devices

cabinet not provided with ventilation holes, not equipped with air moving devices, where the heat is transferred to the external environment by natural convection and radiation from the external surfaces of the cabinet

Note 1 to entry: The internal air temperature gradually increases from the bottom to the top of the cabinet.

3.8

sealed cabinet, with air moving devices

cabinet not provided with ventilation holes, equipped with air moving devices for re-circulating internal air, where the heat is transferred from the surface of the cabinet towards the outside of the cabinet both by convection (forced inside, natural outside) and by radiation

Note 1 to entry: A sealed cabinet without air moving devices which contains subracks or chassis systems with air moving devices may be equivalent to a sealed cabinet with air moving devices.

Note 2 to entry: The cooling performance of this type of cabinet is equal to that of "the sealed cabinet, without air moving devices" because the heat transfer mechanism to the external environment is identical, however the internal air temperature is equalized.

3.9

non-sealed cabinet, without air moving devices

cabinet where the heat is transferred by natural convection from the provided ventilation holes and, in addition, the heat is transferred to the external environment by natural convection and radiation from the external surfaces of the cabinet

Note 1 to entry: The source of the natural ventilation airflow is only by buoyancy of the cabinet internal air, even if there are some subracks or chassis systems with air moving devices, except if the air moving devices airflow goes directly outside of the cabinet.

3.10

non-sealed cabinet, with air moving devices

cabinet equipped with air moving devices and ventilation holes

Note 1 to entry: Two cooling modes, re-circulation and forced ventilation, are utilized for this type of cabinet, depending on the location of the air moving devices.

3.11

air moving devices on the subrack <re-circulation>

cabinet equipped with subracks and/or chassis with air moving devices

Note 1 to entry: The air inside the cabinet is re-circulated by subrack or chassis mounted fans, but is not ventilated by the fans.

3.12

air moving devices on a cabinet <forced ventilation>

cabinet equipped with air moving devices on the top cover, bottom cover or the rear cover of the cabinet, it does not matter if the fans are mounted internal or external to the cabinet

Note 1 to entry: The air moving devices force the air to exit the cabinet through ventilation holes. If the cabinet mounted air moving devices airflow is larger than the combined airflow of the cabinet mounted subrack and/or chassis systems the temperature rise inside the cabinet may be zero.

Note 2 to entry: If the cabinet mounted air moving devices airflow is smaller than the combined airflow of the cabinet mounted subrack and/or chassis systems, this will cause cabinet internal air re-circulation. The maximum cabinet internal air temperature will be equal to the maximum cabinet mounted subrack and/or chassis system air exit temperature.

3.13

simplified cooling performance evaluation

method to estimate the heat load of a cabinet based upon the chosen cooling mechanism, the cabinet internal temperature limit, typical ambient temperature / humidity, and the overall cabinet size chosen for the application

Note 1 to entry: The criteria definition of conditions for the simplified cooling performance are shown in Clause 5.

Note 2 to entry: It is assumed that the cabinets are used in an standalone application. If cabinets are arranged side-by-side, placed along a building wall or back to back the cooling performance may be reduced due to loss of heat transfer surface area.

3.14

typical temperature rise

cabinet with a 10 K internal temperature rise with respect to the cabinet external ambient temperature

Note 1 to entry: This level should be applied for cabinets which do not contain high heat tolerant components in subrack and/or chassis systems. The cabinet application would be installed in a relatively high ambient temperature environment.

3.15

extended temperature rise

cabinet with a 20 K internal temperature rise with respect to the cabinet external ambient temperature

Note 1 to entry: This level should be applied for cabinets which contain high heat tolerant components in subrack and/or chassis systems. The cabinet application would be installed in a low ambient temperature environment typically controlled by air conditioners.

4 Cabinet cooling class criteria

To be able to estimate the cooling performance of a cabinet the following criteria are used to classify the type of cabinet.

- If the cabinet is sealed (Figure 1a and Figure 1b) or non-sealed (ventilated) (Figure 2a, Figure 2b and Figure 3).
- If the cabinet has no air moving devices (Figure 1a, Figure 2a) or has air moving devices (Figure 1b, Figure 2b and Figure 3).
- If the cabinet has air moving devices on the top cover or the rear cover (Figure 3).

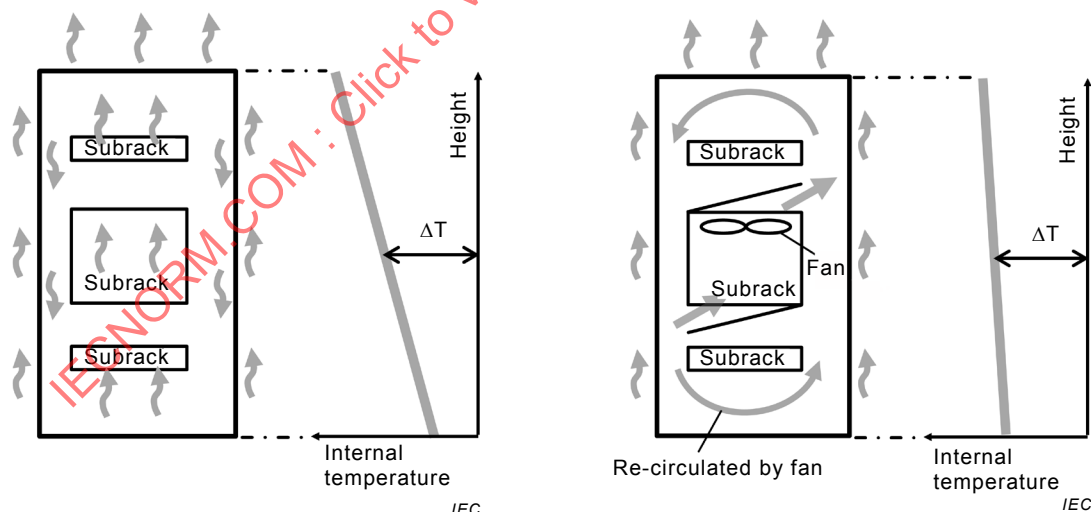


Figure 1a – Sealed cabinet without air moving devices – natural convection

Figure 1b – Sealed cabinet with air moving devices – natural convection

Figure 1 – Natural convection cooling

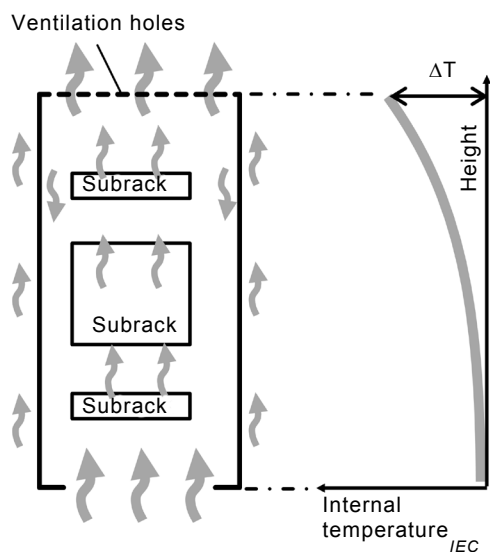


Figure 2a – Non-sealed cabinet without air moving devices – ventilated

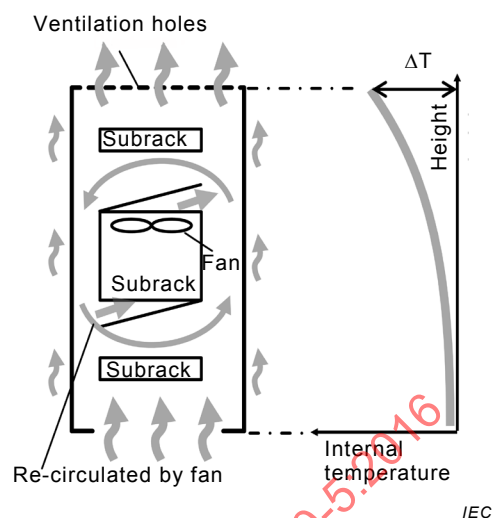
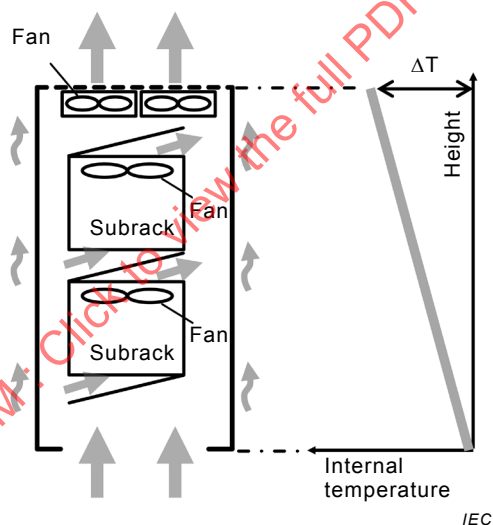


Figure 2b – Non-sealed cabinet with subrack and/or chassis system mounted air moving devices – ventilated

Figure 2 – Natural ventilation cooling



Non-sealed cabinet mounted air moving devices and with subrack and/or chassis system mounted air moving devices – ventilated

Figure 3 – Forced air cooling

5 Cooling performance of cabinets

5.1 General

In this clause, the cooling methods of indoor cabinets are classified, and the calculation procedures for each cooling performance of the cabinets are shown.

5.2 Cooling method of indoor cabinets

5.2.1 Classification of cooling methods

Classification of cooling methods is summarized as follows, see Table 1:

Table 1 – Classification of cooling method

Type	Definition	Sealed	Air moving devices	Ventilation	Reference figure	Cooling method and formula of cooling performance
A	see 3.7	yes	no	no	Figure 1a	natural convection see 5.3
B	see 3.8		yes		Figure 1b	
C	see 3.9	no	no	natural	Figure 2a	natural ventilation see 5.4
D	see 3.11		yes		Figure 2b	
E	see 3.12				forced	Figure 3

5.2.2 Cooling performances

The basic air-cooling calculation which is used in this standard is shown as follows.

$$Q = Q_s + Q_v$$

where

Q is the cooling performance of the indoor cabinet;

Q_s is the heat dissipation from surfaces of the cabinet;

Q_v is the heat dissipation by ventilation.

5.2.3 Concept for temperature rise

Let ΔT be the temperature rise of the inside air of the cabinet. Let ΔT_s be the temperature rise of the surface of the cabinet. The relation between the two can be estimated that ΔT_s is the half of ΔT .

$$\Delta T_s = \Delta T/2$$

In case of the sealed cabinet, the temperature rise inside the cabinet is to be measured by an average temperature. In case of the non-sealed cabinet, the temperature rise is to be measured at the cabinet air exit.

5.2.4 Temperature rise limits

The tolerated temperature rise of the cabinet depends on how components mounted inside are tolerant to high temperature. The cabinet temperature rise should be classified into two levels listed below:

typical temperature rise $\Delta T = 10 \text{ K}$

extended temperature rise $\Delta T = 20 \text{ K}$

5.3 Natural convection cooling

The cooling performance of natural convection is applicable to a sealed cabinet without air moving devices and a sealed cabinet with air moving devices.

The cooling performance of natural convection is calculated with the following formula.

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

where

h_s is the heat transfer coefficient of the surface, the value of h_s shall be $8 \text{ W/m}^2\text{K}$;

A is sum of the external surfaces area of the cabinet except the bottom.

NOTE The h_s value accounts for heat transfer due to both natural convection and radiation.

5.4 Natural ventilation cooling

The cooling performance of natural ventilation is applicable to a non-sealed cabinet without air moving devices and a non-sealed cabinet with air moving devices on the subrack or chassis (re-circulating). The cooling performance of natural convection is calculated with the following formula.

$$Q = Q_s + Q_v$$

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

$$Q_v = \rho \times C_p \times u \times A_p \times \Delta T$$

where

ρ is the density of the ambient air, the value should be 1,2 kg/m³;

C_p is the specific heat of the ambient air at constant pressure, the value should be 1 005 J/kgK;

U is the air velocity of natural convection;

A_p is the surface area on top of the cabinet.

The velocity u varies according to the cabinet height and cabinet temperature rise. The value of u is determined from Figure 4.

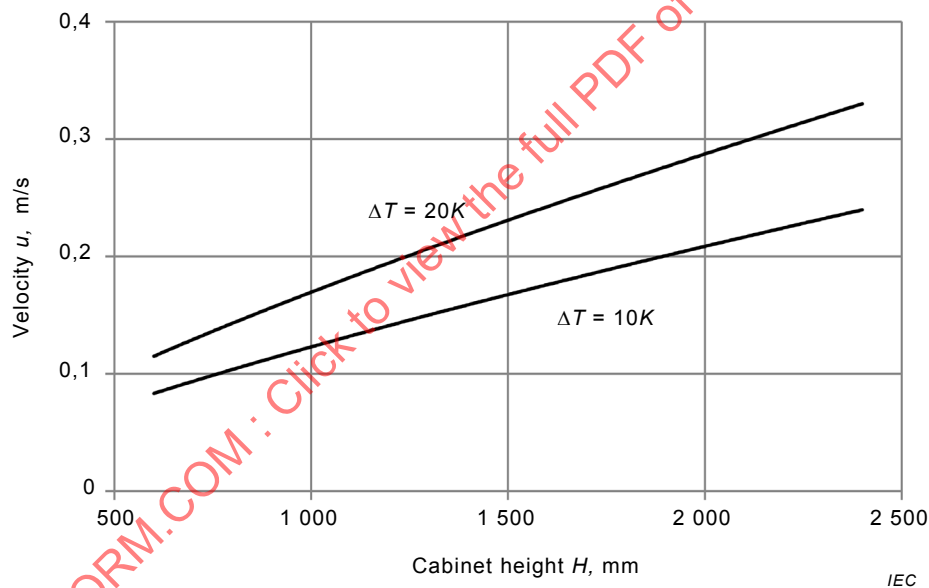


Figure 4 – Velocity of natural convection as a function of cabinet height

The graph shows the velocity u of natural ventilation as a function of the cabinet height in the typical temperature rise $\Delta T = 10K$ and the extended temperature rise $\Delta T = 20 K$.

5.5 Forced air cooling (forced ventilation)

The cooling performance of the ventilated cabinet cooled via forced convection is calculated with the following formula. The cooling performance of forced air cooling is applicable to a non-sealed cabinet with air moving devices for ventilation on the top or rear of the cabinet.

$$Q = Q_s + Q_v$$

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

$$Q_v = \rho \times C_p \times F \times \Delta T$$

where

- ρ is the density of the ambient air, the value should be 1,2 kg/m³;
- C_p is the specific heat of the ambient air at constant pressure, the value should be 1 005 J/kgK;
- F is the flow rate of the cabinet fans.

5.6 Representative examples of calculated cooling performance

The cooling performance of a cabinet cooling method, typical and extended temperature rise and cabinet size is shown in Table 2. According to the sealed cabinet, the temperature increase of the air in the upper part of the cabinet may be higher than the value of ΔT , which is the average temperature of the cabinet. The arrangement of subrack and chassis systems should be considered.

Table 2 – Representative examples of calculated cooling performances

Cabinet dimensions mm			Typical temperature rise $\Delta T=10$ K (see 5.2.4)			Extended temperature rise $\Delta T=20$ K (see 5.2.4)		
W width	D depth	H height	Natural convection see 5.3 W	Natural ventilation see 5.4 W	Forced air cooling see 5.5 W	Natural convection see 5.3 W	Natural ventilation see 5.4 W	Forced air cooling see 5.5 W
600	600	2 000	210	1 100	3 600	410	2 900	7 100
800	900	2 200	330	2 300	3 700	660	6 000	7 400
600	600	1 200	130	740	3 500	260	2 000	7 000

NOTE In the forced air cooling, the cooling performances are calculated at flow rate of 1 000 m³/h (0,28m³/s).

Annex A (informative)

Background information

A.1 Air velocity calculation of natural ventilation

The graphs of Figure 4 come from the balanced force analysis. In a ventilated natural convection cabinet, the velocity of air should be balanced by buoyancy against flow resistance as shown in Figure A.1.

The buoyancy is proportional to cabinet height and temperature rise. Flow resistance is mainly proportional to the ratio of the inlet and outlet openings of the cabinet. In this standard, it is assumed that the bottom has a full opening and the top cover of the cabinet has a 50 % opening.

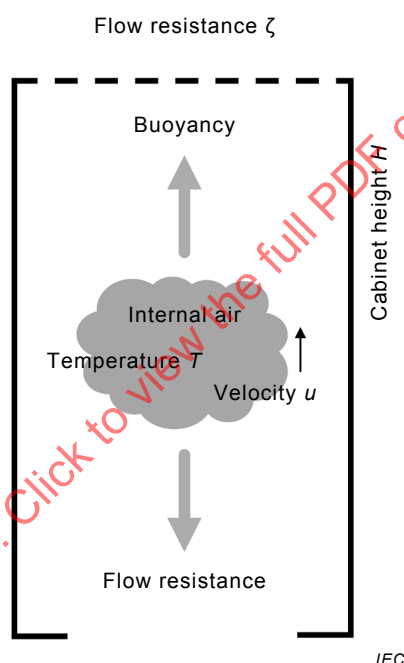


Figure A.1 – Balanced force on internal air of a cabinet

A.2 Background information of the validation test results by CFD simulations

The representative examples of thermal simulations in order to check the validation are shown below (see Figures A.2 to A.6). The cabinet types are A to E, corresponding to the classification in Table 1.

a) Sealed cabinet, without air moving devices, natural convection – type A

size:	600 mm × 600 mm × 2 000 mm
equipment:	7 subracks, 10 cards / subrack
thermal:	3 W / card, total heat dissipation 210 W
level:	typical temperature rise ($\Delta T = 10$ K)

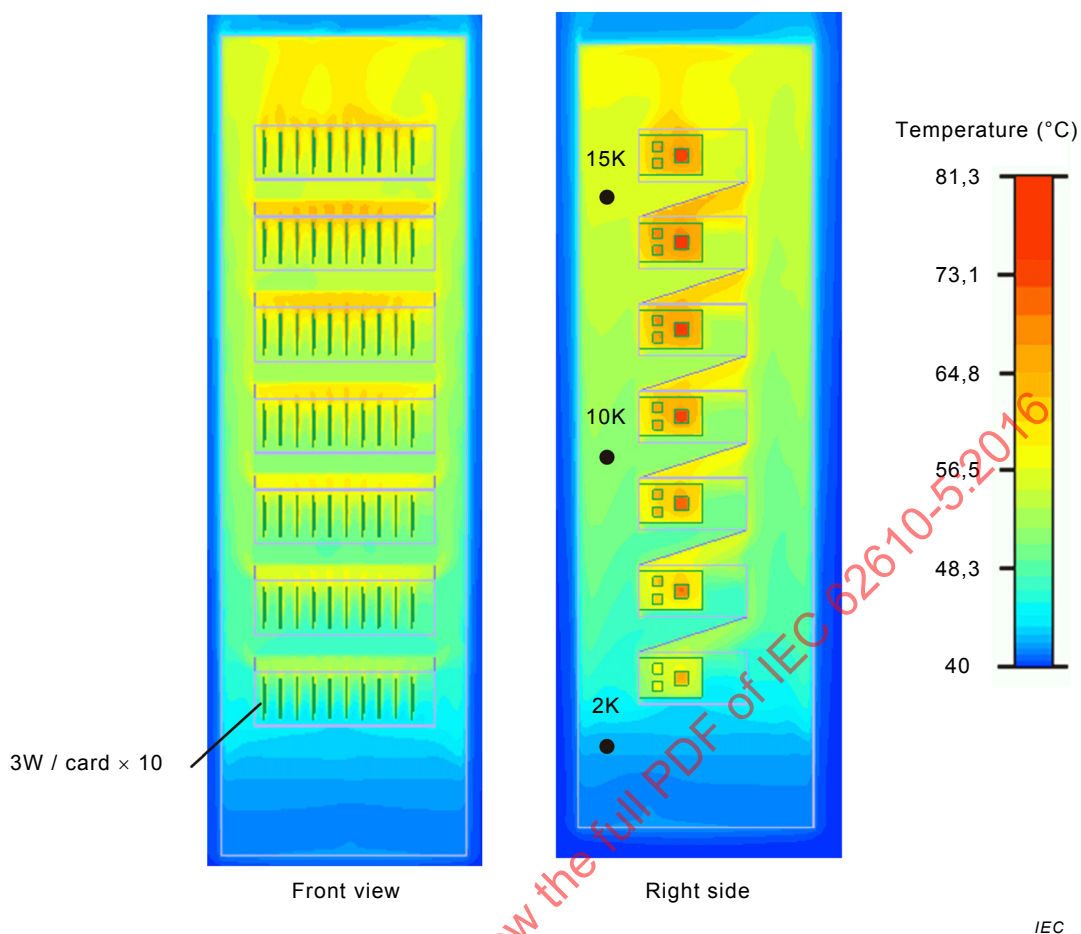


Figure A.2 – Thermal simulation example – Type A

- b) Sealed cabinet, with air moving devices, natural convection – type B
- size: 600 mm × 600 mm × 2 000 mm
- equipment: 5 subracks, 3 W card × 10, total 30 W / subrack
1 subrack, 10 W card × 2, 4 W card × 10, total 60 W / subrack, with fans
- thermal: total heat dissipation 210 W
- level: typical temperature rise ($\Delta T = 10$ K)

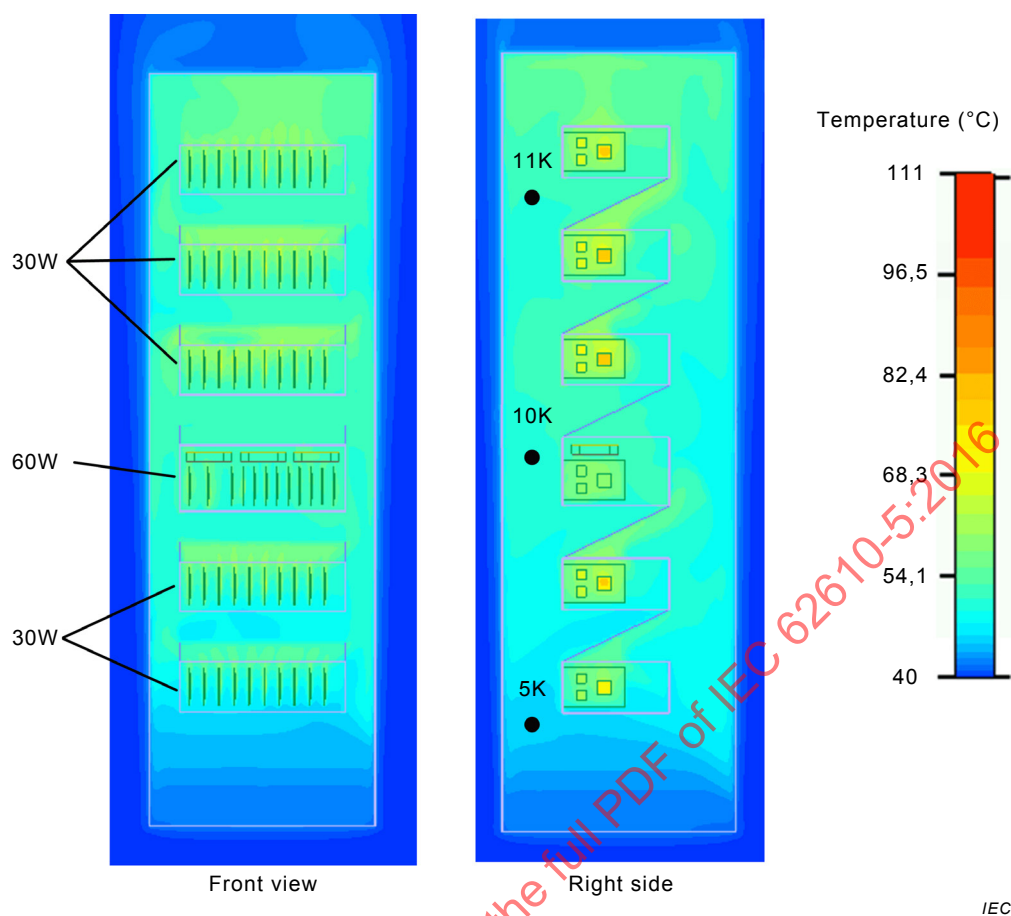


Figure A.3 – Thermal simulation example – Type B

c) Non-sealed cabinet, without air moving devices, natural ventilation – type C

size: 600 mm × 600 mm × 2 000 mm

equipment: 10 subracks, 11 W card × 10, total 110 W / subrack

thermal: total heat dissipation 1 100 W

level: typical temperature rise ($\Delta T = 10$ K)

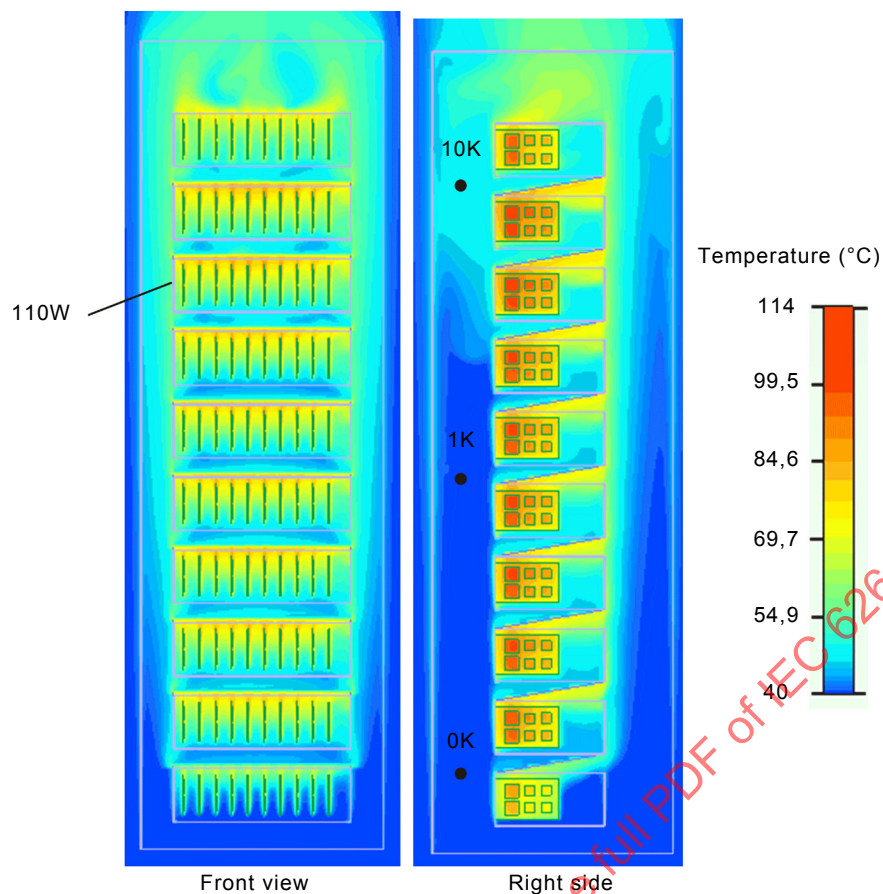


Figure A.4 – Thermal simulation example – Type C

d) Non-sealed cabinet, with air moving devices, natural ventilation – type D

size: 600 mm × 600 mm × 2 000 mm

equipment: 6 subracks, 11 W card × 10, total 110 W / subrack
2 subracks, 22 W card × 10, total 220 W / subrack, with fans

thermal: total heat dissipation 1 100 W

level: typical temperature rise ($\Delta T = 10$ K)

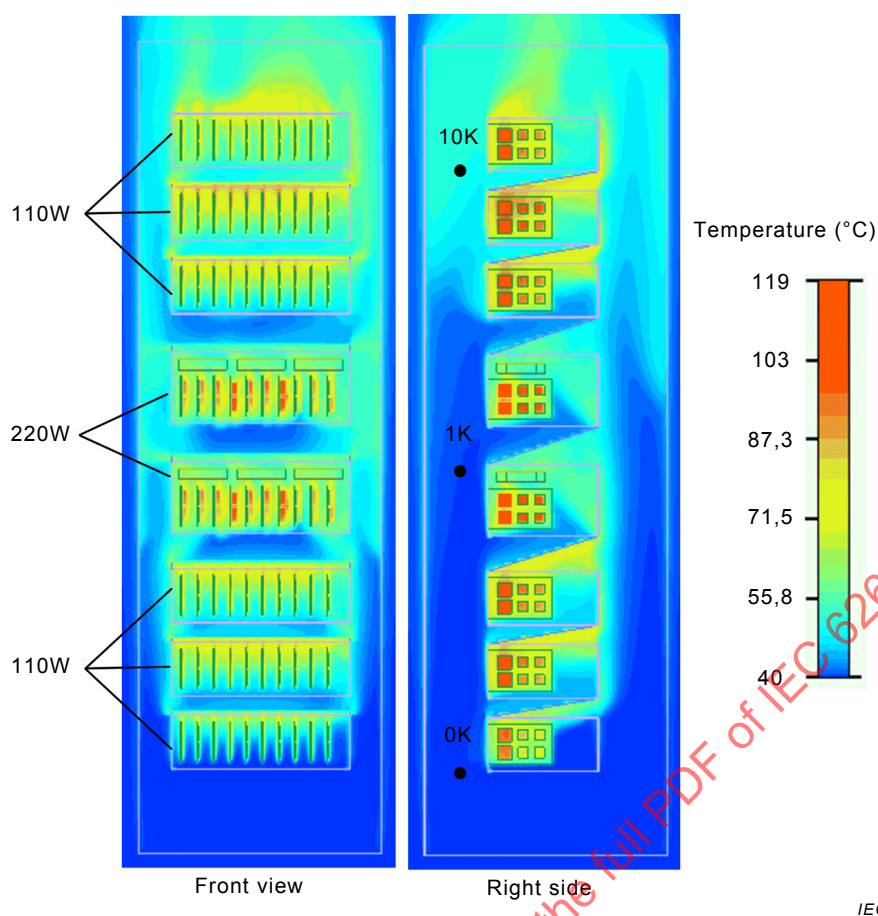


Figure A.5 – Thermal simulation example – Type D

e) Non-sealed cabinet, with air moving devices, forced air cooling – type E

size: 600 mm × 600 mm × 2 000 mm

equipment: 2 ATCA shelves, 128,6 W card × 14, total 1 800 W / subrack, with fans

thermal: total heat dissipation 3 600 W

level: typical temperature rise ($\Delta T = 10$ K)

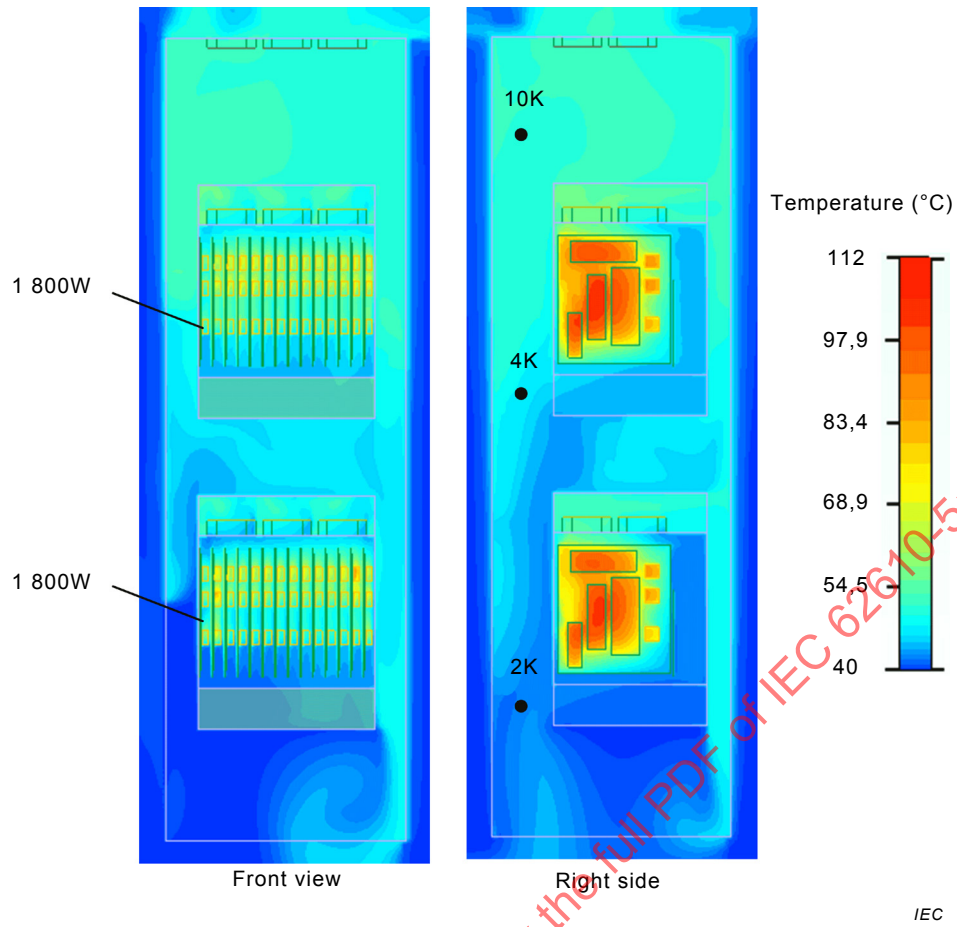


Figure A.6 – Thermal simulation example – Type E

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62610-5:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application.....	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	24
4 Critères de classification de refroidissement de baie	26
5 Performances de refroidissement des baies	28
5.1 Généralités	28
5.2 Méthode de refroidissement de baies intérieures	28
5.2.1 Classification des méthodes de refroidissement.....	28
5.2.2 Performances de refroidissement	29
5.2.3 Concept d'échauffement.....	29
5.2.4 Limites de l'échauffement.....	29
5.3 Refroidissement par convection naturelle.....	29
5.4 Refroidissement par ventilation naturelle	30
5.5 Refroidissement par ventilation forcée (ventilation forcée).....	30
5.6 Exemples représentatifs des performances de refroidissement calculées	31
Annexe A (informative) Informations de base.....	32
A.1 Calcul de la vitesse de l'air de la ventilation naturelle.....	32
A.2 Informations de base sur les résultats d'essai de validation par simulation CFD.....	32
Figure 1 – Refroidissement par convection naturelle.....	27
Figure 2 – Refroidissement par ventilation naturelle.....	27
Figure 3 – Refroidissement par ventilation forcée	28
Figure 4 – Vitesse de la convection naturelle en fonction de la hauteur de la baie	30
Figure A.1 – Force équilibrée sur l'air intérieur d'une baie.....	32
Figure A.2 – Exemple de simulation thermique – Type A.....	33
Figure A.3 – Exemple de simulation thermique – Type B.....	34
Figure A.4 – Exemple de simulation thermique – Type C	35
Figure A.5 – Exemple de simulation thermique – Type D	36
Figure A.6 – Exemple de simulation thermique – Type E.....	37
Tableau 1 – Classification des méthodes de refroidissement.....	29
Tableau 2 – Exemples représentatifs des performances de refroidissement calculées	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**STRUCTURES MÉCANIQUES POUR ÉQUIPEMENTS
ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES –
GESTION THERMIQUE POUR LES ARMOIRES
CONFORMES AUX SÉRIES IEC 60297 ET IEC 60917 –****Partie 5: Évaluation des performances
de refroidissement pour les baies intérieures**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62610-5 a été établie par le sous-comité 48D: Structures mécaniques pour équipements électriques et électroniques, du comité d'études 48 de l'IEC: Connecteurs électriques et structures mécaniques pour les équipements électriques et électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
48D/591/CDV	48D/604/RVC

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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62610, publiées sous le titre général *Structures mécaniques pour équipements électriques et électroniques – Gestion thermique pour les armoires conformes aux séries IEC 60297 et IEC 60917*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Les titres des normes existant déjà dans cette série seront mis à jour lors de la prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les baies intérieures dont le ou les bacs à cartes et/ou les châssis contiennent des équipements électroniques disposent de nombreux moyens de refroidissement qui diffèrent selon la charge thermique des équipements contenus dans la baie. Dans la plupart des cas, le refroidissement est assuré par convection d'air. Les baies peuvent être scellées ou non scellées et leur refroidissement peut être assuré par ventilation forcée (avec ventilateurs) ou par convection naturelle (sans ventilateurs). Par ailleurs, le ou les bacs à cartes ou les châssis peuvent être équipés de leurs propres ventilateurs ou bien bénéficier de la convection naturelle. Les systèmes de convection d'air sont utilisés pour le refroidissement de charges thermiques basses à moyennes. Dans le cas, non abordé dans la présente norme, des baies intérieures dont le ou les bacs à cartes et/ou les châssis contiennent des équipements électroniques à charge thermique élevée, le refroidissement est généralement assuré par des échangeurs de chaleur air-air ou par des échangeurs de chaleur à eau.

Les baies scellées sont utilisées dans des systèmes fonctionnant dans un contexte industriel. Elles assurent la protection des équipements contre les effets des environnements hostiles tels que la poussière ou l'eau (IP) ou dans le cadre de dispositions prises pour la compatibilité électromagnétique ou le bruit acoustique. Les baies non scellées sont utilisées dans les bureaux, les laboratoires ou les centres de traitement des données, dont l'environnement est maîtrisé.

Les performances de refroidissement d'une baie électronique dépendent du type de baie: scellée ou non scellée, avec ou sans dispositif de circulation d'air, à ventilation ou recirculation d'air. Les performances dépendent également des charges thermiques impliquées et, s'il y a lieu, des systèmes de refroidissement complémentaires des équipements contenus dans la baie.

Par conséquent, il est difficile de déterminer précisément les capacités de refroidissement des baies électroniques vides destinées à différentes applications. La présente norme présente une méthode simplifiée d'évaluation générale des performances de refroidissement des baies intérieures vides conformes aux séries IEC 60917 ou IEC 60297.

La présente norme a pour objet de classer les méthodes de refroidissement des baies intérieures vides, de simplifier les formules thermohydrauliques d'évaluation et de classification des performances de refroidissement des baies et de caractériser les performances de refroidissement pour des dimensions de baies représentatives basées sur l'IEC 60917 ou l'IEC 60297.

Ainsi, la présente norme permet aux utilisateurs de choisir les solutions appropriées de refroidissement des baies adaptées à leurs applications.

STRUCTURES MÉCANIQUES POUR ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES – GESTION THERMIQUE POUR LES ARMOIRES CONFORMES AUX SÉRIES IEC 60297 ET IEC 60917 –

Partie 5: Évaluation des performances de refroidissement pour les baies intérieures

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62610 spécifie une méthode d'évaluation de la capacité de refroidissement principalement appliquée au refroidissement par convection d'air de baies vides conformes aux séries IEC 60297 et IEC 60917.

2 Références normatives

Vacant.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

ventilation

mouvement de l'air dans une baie, occasionnant le remplacement de l'air intérieur par l'air ambiant extérieur à la baie

3.2

flottabilité

force de l'air agissant dans la direction opposée à la gravité produite par la différence de densité due aux différences de température entre l'air intérieur et l'air extérieur à la baie

3.3

ventilation naturelle

mouvement d'air produit par la flottabilité

3.4

refroidissement par ventilation forcée

ventilation forcée

ventilation assurée par des dispositifs de circulation d'air

3.5

refroidissement par convection naturelle

refroidissement assuré par convection d'air naturelle et rayonnement

3.6

dispositif de circulation d'air

dispositif créant un mouvement d'air, par exemple ventilateurs, soufflantes ou autres équipements produisant un mouvement d'air forcé

3.7

baie scellée, sans dispositifs de circulation d'air

baie sans trous de ventilation ni dispositifs de circulation d'air dans laquelle la chaleur est transférée vers l'environnement extérieur par convection naturelle et rayonnement depuis les parois extérieures de la baie

Note 1 à l'article: La température de l'air intérieur augmente progressivement du bas vers le haut de la baie.

3.8

baie scellée, avec dispositifs de circulation d'air

baie sans trous de ventilation, mais équipée de dispositifs de circulation d'air pour la recirculation de l'air intérieur dans laquelle la chaleur est transférée depuis la paroi vers l'extérieur de la baie à la fois par convection (circulation intérieure forcée, circulation naturelle à l'extérieur) et par rayonnement

Note 1 à l'article: Une baie scellée sans dispositifs de circulation d'air qui contient des systèmes de bacs à cartes ou de châssis équipés de dispositifs de circulation d'air peut correspondre à une baie scellée avec dispositifs de circulation d'air.

Note 2 à l'article: Les performances de refroidissement de ce type de baie sont égales à celles de "la baie scellée, sans dispositifs de circulation d'air" car le mécanisme de transfert de chaleur vers l'environnement extérieur est identique, bien que la température de l'air intérieur soit égalisée.

3.9

baie non scellée, sans dispositifs de circulation d'air

baie dans laquelle la chaleur est transférée par convection naturelle depuis les trous de ventilation ménagés et dans laquelle par ailleurs la chaleur est transférée vers l'environnement extérieur par convection naturelle et rayonnement depuis ses parois extérieures

Note 1 à l'article: Même si certains systèmes de bacs à cartes ou de châssis sont équipés de dispositifs de circulation d'air, la source du flux d'air par ventilation naturelle est seulement due à la flottabilité de l'air intérieur de la baie, sauf si le flux d'air engendré par les dispositifs de circulation d'air est directement dirigé à l'extérieur de la baie.

3.10

baie non scellée, avec dispositifs de circulation d'air

baie équipée de dispositifs de circulation d'air et de trous de ventilation

Note 1 à l'article: Deux modes de refroidissement, la recirculation et la ventilation forcée, sont utilisés pour ce type de baie, selon l'emplacement des dispositifs de circulation d'air.

3.11

dispositifs de circulation d'air d'un bac à cartes <recirculation>

baie comportant des bacs à cartes et/ou des châssis équipés de dispositifs de circulation d'air

Note 1 à l'article: L'air à l'intérieur de la baie est recirculé par des ventilateurs fixés sur les bacs à cartes ou sur les châssis, mais n'est pas ventilé par les ventilateurs.

3.12

dispositifs de circulation d'air d'une baie <ventilation forcée>

baie équipée de dispositifs de circulation d'air installés sur la paroi supérieure, sur la base ou sur la paroi arrière, que les ventilateurs soient fixés à l'intérieur ou à l'extérieur de la baie

Note 1 à l'article: Les dispositifs de circulation d'air forcent l'air à sortir de la baie par des trous de ventilation. Si le flux d'air des dispositifs de circulation d'air fixés sur la baie est plus important que les flux d'air combinés du système de bacs à cartes et/ou de châssis, l'échauffement à l'intérieur de la baie peut être nul.

Note 2 à l'article: Un flux d'air des dispositifs de circulation d'air fixés sur la baie moins important que les flux d'air combinés des systèmes de bacs à cartes et/ou de châssis engendre la recirculation de l'air intérieur de la baie. La température maximale de l'air intérieur de la baie est égale à la température maximale de sortie du système de bac à cartes et/ou de châssis de la baie.

3.13

évaluation simplifiée des performances de refroidissement

méthode d'estimation de la charge thermique d'une baie basée sur le mécanisme de refroidissement choisi, sur la limite de la température intérieure de la baie, sur la température ambiante typique / l'humidité et sur la dimension globale de la baie choisie pour l'application

Note 1 à l'article: La définition des critères des conditions applicables aux performances simplifiées de refroidissement est présentée à l'Article 5.

Note 2 à l'article: Les baies sont prévues pour être utilisées dans une application indépendante. Si les baies sont disposées côte à côte, le long du mur d'un bâtiment ou dos à dos, les performances de refroidissement peuvent être réduites en raison de la perte de surface de transfert de chaleur.

3.14

échauffement typique

baie présentant un échauffement interne de 10 K par rapport à la température ambiante extérieure à la baie

Note 1 à l'article: Il convient d'appliquer ce niveau aux baies dont les systèmes de bacs à cartes et/ou de châssis ne contiennent pas de composants résistant à des températures élevées. L'application de la baie est alors installée dans un environnement à la température ambiante relativement élevée.

3.15

échauffement étendu

baie présentant un échauffement interne de 20 K par rapport à la température ambiante extérieure à la baie

Note 1 à l'article: Il convient d'appliquer ce niveau aux baies dont les systèmes de bacs à cartes et/ou de châssis contiennent des composants résistant à des températures élevées. L'application de la baie est alors installée dans un environnement à la température ambiante basse, généralement contrôlée par des climatiseurs.

4 Critères de classification de refroidissement de baie

Afin de pouvoir estimer les performances de refroidissement d'une baie, les critères suivants sont utilisés pour déterminer le type de la baie.

- Si la baie est scellée (Figure 1a et Figure 1b) ou si elle est non scellée (ventilée) (Figure 2a, Figure 2b et Figure 3).
- Si la baie n'est pas équipée de dispositifs de circulation d'air (Figure 1a, Figure 2a) ou si elle est équipée de dispositifs de circulation d'air (Figure 1b, Figure 2b et Figure 3).
- Si les dispositifs de circulation d'air sont situés sur le dessus ou à l'arrière de la baie (Figure 3).

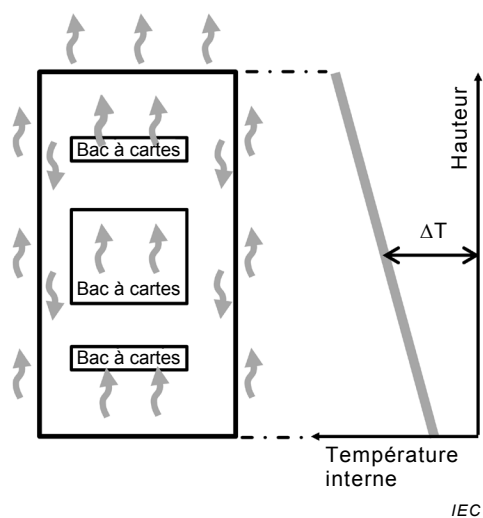


Figure 1a – Baie scellée sans dispositifs de circulation d'air – convection naturelle

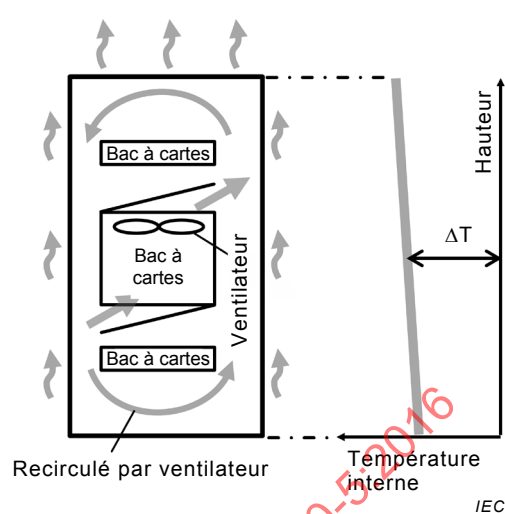


Figure 1b – Baie scellée avec dispositifs de circulation d'air – convection naturelle

Figure 1 – Refroidissement par convection naturelle

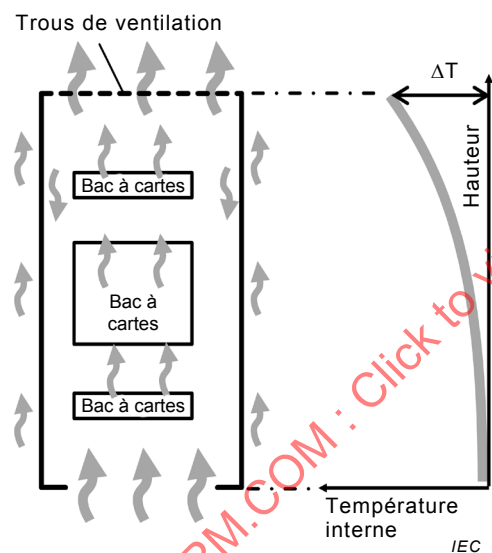


Figure 2a – Baie non scellée sans dispositifs de circulation d'air – ventilée

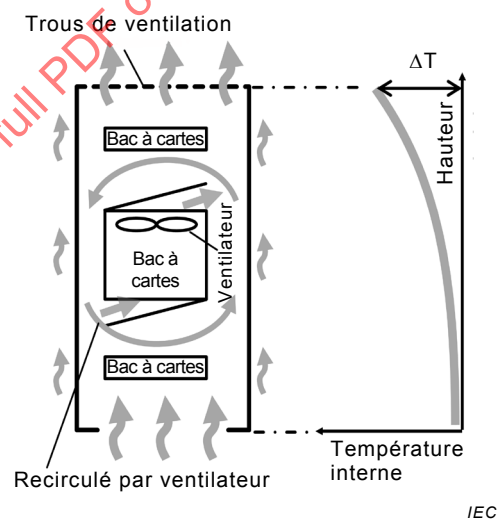
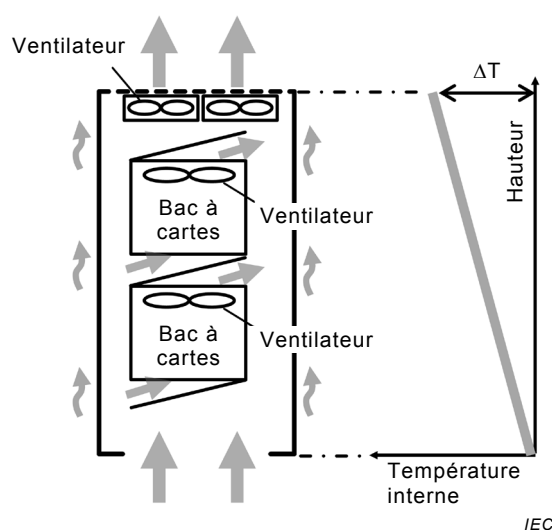


Figure 2b – Baie non scellée avec système de bac à cartes et/ou de châssis équipé de dispositifs de circulation d'air – ventilée

Figure 2 – Refroidissement par ventilation naturelle



Baie non scellée équipée de dispositifs de circulation d'air et avec système de bac à cartes et/ou de châssis équipé de dispositifs de circulation d'air – ventilée

Figure 3 – Refroidissement par ventilation forcée

5 Performances de refroidissement des baies

5.1 Généralités

Le présent article donne une classification des méthodes de refroidissement pour baies intérieures et indique les procédures de calcul pour chaque performance de refroidissement.

5.2 Méthode de refroidissement de baies intérieures

5.2.1 Classification des méthodes de refroidissement

La classification des méthodes de refroidissement est résumée comme suit, voir Tableau 1:

Tableau 1 – Classification des méthodes de refroidissement

Type	Définition	Scellée	Dispositifs de circulation d'air	Ventilation	Figure de référence	Méthode de refroidissement et formule de performances de refroidissement
A	voir 3.7	oui	non	non	Figure 1a	convection naturelle voir 5.3
B	voir 3.8		oui		Figure 1b	
C	voir 3.9	non	non	naturelle	Figure 2a	ventilation naturelle voir 5.4
D	voir 3.11		oui		Figure 2b	
E	voir 3.12			forcée	Figure 3	refroidissement par ventilation forcée voir 5.5

5.2.2 Performances de refroidissement

Le calcul de base du refroidissement à air utilisé dans la présente norme est indiqué comme suit.

$$Q = Q_s + Q_v$$

où

Q est la performance de refroidissement de la baie intérieure;

Q_s est la dissipation de chaleur depuis les parois de la baie;

Q_v est la dissipation de chaleur par ventilation.

5.2.3 Concept d'échauffement

Soit ΔT l'échauffement de l'air intérieur de la baie. Soit ΔT_s l'échauffement de la paroi de la baie. La relation entre les deux peut être estimée de sorte que ΔT_s est la moitié de ΔT .

$$\Delta T_s = \Delta T / 2$$

Dans le cas d'une baie scellée, l'échauffement à l'intérieur de la baie doit être mesuré en se basant sur une température moyenne. Dans le cas d'une baie non scellée, l'échauffement doit être mesuré au niveau de la sortie d'air de la baie.

5.2.4 Limites de l'échauffement

L'échauffement toléré de la baie dépend de la tolérance aux températures élevées des composants contenus dans la baie. Il convient de classer l'échauffement de la baie selon les deux niveaux indiqués ci-dessous:

échauffement typique $\Delta T = 10 \text{ K}$

échauffement étendu $\Delta T = 20 \text{ K}$

5.3 Refroidissement par convection naturelle

Les performances de refroidissement par convection naturelle sont applicables à une baie scellée sans dispositifs de circulation d'air et à une baie scellée avec dispositifs de circulation d'air.

Les performances de refroidissement par convection naturelle sont calculées avec la formule suivante:

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

où

h_s est le coefficient de transfert de chaleur de la paroi. La valeur de h_s doit être égale à $8 \text{ W/m}^2\text{K}$;

A est la somme des aires des surfaces extérieures de la baie à l'exception de la base de la baie.

NOTE La valeur h_s est valable pour les transferts de chaleur dus aussi bien à la convection naturelle qu'au rayonnement.

5.4 Refroidissement par ventilation naturelle

Les performances de refroidissement par ventilation naturelle sont applicables à une baie non scellée sans dispositifs de circulation d'air et à une baie non scellée dont le bac à cartes ou le châssis est équipé de dispositifs de circulation d'air (recirculation). Les performances de refroidissement par convection naturelle sont calculées avec la formule suivante:

$$Q = Q_s + Q_v$$

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

$$Q_v = \rho \times C_p \times u \times A_p \times \Delta T$$

où

ρ est la densité de l'air ambiant. Il convient que la valeur soit égale à 1,2 kg/m³;

C_p est la chaleur spécifique de l'air ambiant à pression constante. Il convient que la valeur soit égale à 1 005 J/kgK;

U est la vitesse de l'air de la convection naturelle;

A_p est l'aire de la paroi supérieure de la baie.

La vitesse u varie selon la hauteur de la baie et selon l'échauffement de la baie. La valeur de u est déterminée d'après la Figure 4.

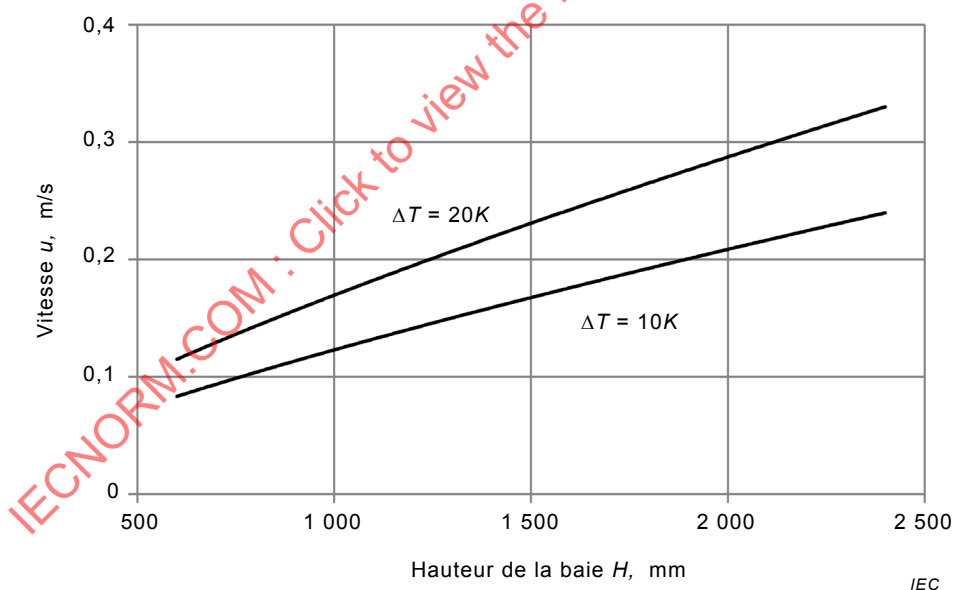


Figure 4 – Vitesse de la convection naturelle en fonction de la hauteur de la baie

Le diagramme indique la vitesse u de la ventilation naturelle en fonction de la hauteur de la baie dans le cadre de l'échauffement typique $\Delta T = 10 K$ et de l'échauffement étendu $\Delta T = 20 K$.

5.5 Refroidissement par ventilation forcée (ventilation forcée)

Les performances de refroidissement de la baie ventilée refroidie par convection forcée sont calculées avec la formule suivante. Les performances de refroidissement par ventilation forcée sont applicables à une baie non scellée avec dispositifs de circulation d'air assurant une ventilation par le haut ou l'arrière de la baie.

$$Q = Q_s + Q_v$$

$$Q_s = h_s \times A \times \Delta T_s$$

$$Q_v = \rho \times C_p \times F \times \Delta T$$

où

ρ est la densité de l'air ambiant. Il convient que la valeur soit égale à 1,2 kg/m³;

C_p est la chaleur spécifique de l'air ambiant à pression constante. Il convient que la valeur soit égale à 1 005 J/kgK;

F est le débit des ventilateurs de la baie.

5.6 Exemples représentatifs des performances de refroidissement calculées

Le Tableau 2 présente les performances de refroidissement selon les méthodes de refroidissement d'une baie, l'échauffement typique et l'échauffement étendu et les dimensions de la baie. S'agissant de la baie scellée, l'augmentation de la température de l'air dans la partie supérieure de la baie peut être supérieure à la valeur de ΔT , qui est la température moyenne de la baie. Il convient de prendre en compte la disposition des systèmes de bacs à cartes et de châssis.

Tableau 2 – Exemples représentatifs des performances de refroidissement calculées

Dimensions de la baie mm			Échauffement typique $\Delta T=10$ K (voir 5.2.4)			Échauffement étendu $\Delta T=20$ K (voir 5.2.4)		
L largeur	P profondeur	H hauteur	Convection naturelle voir 5.3 W	Ventilation naturelle voir 5.4 W	Refroidisse- ment par ventilation forcée voir 5.5 W	Convection naturelle voir 5.3 W	Ventilation naturelle voir 5.4 W	Refroidisse- ment par ventilation forcée voir 5.5 W
600	600	2 000	210	1 100	3 600	410	2 900	7 100
800	900	2 200	330	2 300	3 700	660	6 000	7 400
600	600	1 200	130	740	3 500	260	2 000	7 000

NOTE Dans le cas du refroidissement par ventilation forcée, les performances de refroidissement sont calculées pour un débit de 1 000 m³/h (0,28 m³/s).