

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
890**

Première édition
First edition
1987

**Méthode de détermination par extrapolation
des échauffements pour les ensembles
d'appareillage à basse tension
dérivés de série (EDS)**

**A method of temperature-rise assessment
by extrapolation for partially type-tested
assemblies (PTTA) of low-voltage
switchgear and controlgear**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 890: 1987

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

RAPPORT TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT

890

Première édition
First edition
1987

Méthode de détermination par extrapolation des échauffements pour les ensembles d'appareillage à basse tension dérivés de série (EDS)

A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low voltage switchgear and controlgear

© CEI 1987 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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	6
3. Objet	6
4. Conditions d'application	6
5. Calcul	8
5.1 Informations nécessaires	8
5.2 Conduite de calcul	8
6. Vérification de la conception	14
ANNEXE A — Exemples chiffrés de détermination de l'échauffement de l'air à l'intérieur d'une enveloppe	36

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 890:1987

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	7
3. Object	7
4. Conditions for application	7
5. Calculation	9
5.1 Necessary information	9
5.2 Calculation procedure	9
6. Evaluation of the design	15
APPENDIX A — Examples for the calculation of the temperature rise of air inside enclosures	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE DE DÉTERMINATION PAR EXTRAPOLATION
DES ÉCHAUFFEMENTS
POUR LES ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE
TENSION DÉRIVÉS DE SÉRIE (EDS)**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 17D: Ensembles d'appareillage à basse tension, du Comité d'Etudes n° 17 de la CEI: Appareillage.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
17D(BC)31	17D(BC)32

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

La publication suivante de la CEI est citée dans le présent rapport:

Publication n° 439-1 (1985): Ensembles d'appareillage à basse tension, Première partie: Règles pour les ensembles de série et les ensembles dérivés de série.

Le contenu du corrigendum de mars 1988 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**A METHOD OF TEMPERATURE-RISE ASSESSMENT
BY EXTRAPOLATION
FOR PARTIALLY TYPE-TESTED ASSEMBLIES (PTTA)
OF LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 17D: Low-voltage Switchgear and Controlgear Assemblies, of IEC Technical Committee No. 17: Switchgear and Controlgear.

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

Six Months Rule	Report on Voting
17D(CO)31	17D(CO)32

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

The following IEC publication is quoted in this report:

Publication No. 439-1 (1985): Low-voltage Switchgear and Controlgear Assemblies, Part 1: Requirements for Type-tested and Partially Type-tested Assemblies.

The contents of the corrigendum of March 1988 have been included in this copy.

MÉTHODE DE DÉTERMINATION PAR EXTRAPOLATION DES ÉCHAUFFEMENTS POUR LES ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION DÉRIVÉS DE SÉRIE (EDS)

1. Introduction

La Publication 439-1 de la CEI prescrit, parmi les essais de type, un essai d'échauffement. Cependant, pour certains types d'ensembles pour lesquels il est soit difficile, soit économiquement non justifié d'effectuer un essai d'échauffement, il est admis de remplacer l'essai par un calcul sous forme d'extrapolation des données résultant d'essais effectués sur d'autres ensembles. De tels ensembles sont alors appelés des ensembles dérivés de série (EDS).

Différentes méthodes de calcul acceptables peuvent être conçues. Les facteurs et coefficients utilisés dans le présent rapport ont été déduits de mesures effectuées sur de nombreux ensembles et la pertinence de la méthode a été vérifiée par comparaison avec les résultats d'essai. Par conséquent, la méthode décrite dans ce rapport n'est qu'une des méthodes possibles et peut, pour les ensembles dérivés de série, être employée pour la vérification de la conformité aux règles du paragraphe 8.2.1 de la Publication 439-1 de la CEI. Le présent rapport n'est applicable qu'aux EDS.

2. Domaine d'application

La méthode suivante est applicable aux EDS sous enveloppe ou aux sections compartimentées des EDS sans ventilation forcée.

Notes 1. — L'influence des matériaux et l'épaisseur des parois des enveloppes sont négligeables sur les températures en régime établi. La méthode est donc applicable aux enveloppes en tôle d'acier, tôle d'aluminium, fonte, matériaux isolants et similaires.

2. — Pour les EDS du type ouvert et à protection frontale, la détermination des échauffements n'est pas nécessaire s'il est évident que les températures de l'air ne sont pas susceptibles de s'élever excessivement.

3. Objet

La méthode proposée permet de déterminer l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe.

Note. — La température de l'air à l'intérieur de l'enveloppe est égale à la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'enveloppe, augmentée de l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe provenant des puissances dissipées par l'appareillage installé.

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'EDS est la température indiquée pour l'installation de l'EDS à l'intérieur (valeur moyenne sur 24 h) de 35°C. Si la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'EDS à l'emplacement d'utilisation excède 35°C, cette température plus élevée est censée être la température de l'air ambiant de l'EDS.

4. Conditions d'application

Cette méthode de calcul n'est applicable que si les conditions suivantes sont remplies:

- la répartition des puissances dissipées à l'intérieur de l'enveloppe est sensiblement uniforme;
- l'appareillage installé est disposé de façon à n'apporter qu'une légère gêne à la circulation de l'air;
- l'appareillage installé est conçu pour le courant continu ou pour le courant alternatif jusqu'à et y compris 60 Hz, la somme des courants des circuits d'alimentation n'excédant pas 3 150 A;

A METHOD OF TEMPERATURE-RISE ASSESSMENT BY EXTRAPOLATION FOR PARTIALLY TYPE-TESTED ASSEMBLIES (PTTA) OF LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR

1. Introduction

In IEC Publication 439-1, in the series of type tests, a temperature-rise test is specified. However, for certain types of assemblies for which the performance of a temperature-rise test is either not feasible or economically not justifiable a calculation of the temperature rise in the form of extrapolation from data found by tests on other assemblies may be made instead. Such assemblies are then called partially type-tested assemblies (PTTA).

Various methods of calculation can be conceived and are acceptable. The factors and coefficients set out in this report have been derived from measurements on numerous assemblies and the method has been verified by comparison with test results. The method described in this report is therefore one possible method and may for partially type-tested assemblies be used to prove compliance with the requirements of Sub-clause 8.2.1 of IEC Publication 439-1. This report applies to PTTAs only.

2. Scope

The following method is applicable to enclosed PTTA or partitioned sections of PTTA without forced ventilation.

Notes 1. — The influence of the materials and wall thicknesses usually used for enclosures are negligible on the steady state temperatures. The method is therefore applicable to enclosures made of sheet steel, sheet aluminium, cast iron, insulating material and the like.

2. — For open-type and dead-front PTTA, no temperature-rise assessment is needed if it is obvious that no excessive air temperatures are likely to arise.

3. Object

The proposed method is intended to determine the temperature rise of the air inside the enclosure.

Note. — The air temperature within the enclosure is equal to the ambient air temperature outside the enclosure plus the temperature rise of the air inside the enclosure caused by the power losses of the installed equipment.

Unless otherwise specified, the ambient air temperature outside the PTTA is the air temperature indicated for indoor installation of the PTTA (average value over 24 h) of 35°C. If the ambient air temperature outside the PTTA at the place of use exceeds 35°C, this higher temperature is deemed to be the ambient air temperature of the PTTA.

4. Conditions for application

This method of calculation is only applicable if the following conditions are fulfilled:

- there is an approximately even distribution of power losses inside the enclosure;
- the installed equipment is so arranged that air circulation is but little impeded;
- the equipment installed is designed for direct current or alternating current up to and including 60 Hz with the total of supply currents not exceeding 3 150 A;

- les conducteurs transportant des courants élevés et les parties structurales sont disposés de façon telle que les pertes par courants induits soient négligeables;
- pour les enveloppes avec orifices de ventilation, la section des orifices de sortie d'air est au moins 1,1 fois la section des orifices d'entrée;
- il n'y a pas plus de trois séparations horizontales dans l'EDS ou dans une colonne de celui-ci;
- lorsque des enveloppes avec des orifices extérieurs de ventilation ont des compartiments, la surface des ouvertures de ventilation dans chaque séparation intérieure horizontale doit être au moins égale à 50% de la section horizontale du compartiment.

5. Calcul

5.1 Informations nécessaires

Les données suivantes sont nécessaires pour calculer l'échauffement de l'air à l'intérieur d'une enveloppe:

- dimensions de l'enveloppe: hauteur/largeur/profondeur;
- le type d'installation de l'enveloppe, conformément à la figure 4, page 24;
- la conception de l'enveloppe, c'est-à-dire avec ou sans orifices de ventilation;
- le nombre de séparations internes horizontales;
- les puissances dissipées effectives de l'appareillage installé dans l'enveloppe.

Note. — Les puissances dissipées effectives de l'appareillage installé dans les circuits de l'EDS utilisées pour ce calcul sont les puissances dissipées aux courants assignés correspondants des divers circuits, telles qu'elles sont spécifiées par le constructeur. Les puissances dissipées par les conducteurs sont déterminées par le calcul.

5.2 Conduite de calcul

Pour les enveloppes spécifiées dans les colonnes 4 et 5 du tableau I, le calcul de l'échauffement de l'air à l'intérieur des enveloppes est conduit en utilisant les formules données dans les colonnes 1 à 3 du tableau I.

Les facteurs appropriés et les exposants (caractéristiques) sont donnés dans les colonnes 6 à 10 du tableau I.

Les symboles, unités et désignations, sont à prendre dans le tableau II.

Pour les enveloppes ayant plus d'une colonne avec cloisonnement vertical, l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être déterminé séparément pour chaque compartiment.

Lorsque des enveloppes sans cloisonnement vertical ou sans colonnes individuelles ont une surface effective de refroidissement supérieure à 11,5 m² ou une largeur nettement supérieure à 1,5 m, il convient de les diviser pour les besoins du calcul en colonnes fictives dont les dimensions sont proches des valeurs mentionnées ci-après.

Note. — Un exemple de feuille de calcul figure à la page 34.

5.2.1 Détermination de la surface effective de refroidissement A_e de l'enveloppe

Le calcul est conduit suivant la formule (1) de la colonne 1, du tableau I.

La surface effective de refroidissement A_e d'une enveloppe est la somme des surfaces individuelles A_0 multipliées par le facteur de surface b . Ce facteur prend en compte la dissipation de chaleur des surfaces individuelles conformément au type d'installation de l'enveloppe.

- conductors carrying high currents and structural parts are so arranged that eddy-current losses are negligible;
- for enclosures with ventilating openings, the cross-section of the air outlet openings is at least 1.1 times the cross-section of the air inlet openings;
- there are no more than three horizontal partitions in the PTTA or a section of it;
- where enclosures with external ventilating openings have compartments, the surface of the ventilating openings in each horizontal partition shall be at least 50% of the horizontal cross-section of the compartment.

5. Calculation

5.1 Necessary information

The following data are needed to calculate the temperature rise of the air inside an enclosure:

- dimensions of the enclosure: height/width/depth;
- the type of installation of the enclosure according to Figure 4, page 25;
- design of enclosure, i.e. with or without ventilation openings;
- number of internal horizontal partitions;
- effective power loss of equipment installed in the enclosure.

Note. — The effective power losses of the equipment installed in the circuits of the PTTA used for this calculation are the power losses at the rated currents of the various circuits to be taken from information provided by the manufacturer. The power losses of the conductors are determined by calculation.

5.2 Calculation procedure

For the enclosures specified in columns 4 and 5 of Table I, the calculation of the temperature rise of the air inside the enclosures is carried out using the formulae laid down in columns 1 to 3 of Table I.

The pertinent factors and exponents (characteristics) are obtained from columns 6 to 10 of Table I.

The symbols, units and designations are to be taken from Table II.

For enclosures having more than one section with vertical partitions the temperature rise of the air inside the enclosure shall be determined separately for each section.

Where enclosures without vertical partitions or individual sections have an effective cooling surface greater than 11.5 m² or a width greater than about 1.5 m, they should be divided for the calculation into fictitious sections, whose dimensions approximate to the foregoing values.

Note. — The form shown on page 35 may be used as a calculation aid.

5.2.1 Determination of the effective cooling surface A_e of the enclosure

The calculation is carried out according to formula (1) in column 1 of Table I.

The effective cooling surface A_e of an enclosure is the sum of the individual surfaces A_0 multiplied by the surface factor b . This factor takes into account the heat dissipation of the individual surfaces according to the type of installation of the enclosure.

5.2.2 Détermination de l'échauffement $\Delta t_{0,5}$ de l'air intérieur à mi-hauteur de l'enveloppe

Le calcul est conduit suivant la formule (2) de la colonne 2 du tableau I.

Dans la formule (2), la constante k de l'enveloppe tient compte de la taille de la surface effective de refroidissement pour les enveloppes sans orifices de ventilation et, en outre, de la section des orifices d'entrée d'air pour les enveloppes avec orifices de ventilation.

La relation entre l'échauffement de l'air intérieur de l'enveloppe et la puissance effectivement dissipée P est exprimée par l'exposant x .

Le facteur d tient compte de la relation entre l'échauffement et le nombre de séparations horizontales internes.

5.2.3 Détermination de l'échauffement interne $\Delta t_{1,0}$ de l'air à la partie supérieure de l'enveloppe

Le calcul est effectué suivant la formule (3) dans la colonne 3 du tableau I.

Le facteur c tient compte de la répartition de la température à l'intérieur d'une enveloppe. Sa détermination varie avec la conception et l'installation de l'ensemble comme suit:

- a) Pour les enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement:

$$A_e > 1,25 \text{ m}^2$$

Le facteur c de la figure 4, page 24, dépend du type d'installation et du facteur f (hauteur/base) avec:

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$$

- b) Pour les enveloppes avec des orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement:

$$A_e > 1,25 \text{ m}^2$$

Le facteur c de la figure 6, page 28, dépend de la section des orifices d'entrée de ventilation et du facteur f (hauteur/base), avec:

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$$

- c) Pour les enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement:

$$A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$$

Le facteur c de la figure 8, page 32, dépend du facteur g (hauteur/largeur) avec:

$$g = \frac{h}{w}$$

ou:

h est la hauteur de l'enveloppe, en mètres

A_b est la surface de la base de l'enveloppe, en mètres carrés

w est la largeur de l'enveloppe, en mètres

5.2.4 Courbe caractéristique pour l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe

Pour vérifier la conception selon l'article 6, il est nécessaire d'utiliser les résultats calculés aux paragraphes 5.2.2 et 5.2.3 avec les courbes caractéristiques appropriées d'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe comme une fonction de la hauteur de l'enveloppe. Les températures de l'air à l'intérieur des tranches horizontales sont pratiquement constantes.

5.2.2 Determination of the internal temperature rise $\Delta t_{0.5}$ of the air at mid-height of the enclosure

The calculation is carried out according to formula (2) in column 2 of Table I.

In formula (2) the enclosure constant k allows for the size of the effective cooling surface for enclosures without ventilation openings and, in addition, for the cross-section of the air inlet openings for enclosures with ventilating openings.

The dependence of the temperature rises occurring in the enclosure on the effective power loss P is expressed by the exponent x .

The factor d allows for the dependence of the temperature rise on the number of internal horizontal partitions.

5.2.3 Determination of the internal temperature rise $\Delta t_{1.0}$ of air at the top of the enclosure

The calculation is made according to formula (3) in column 3 of Table I.

Factor c allows for the temperature distribution inside an enclosure. Its determination varies with the design and installation of the assembly as follows:

- a) For enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 4, page 25, depends on the type of installation and the height/base factor f , where:

$$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$$

- b) For enclosures with ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 6, page 29, depends on the cross-section of air inlet openings and the height/base factor f , where:

$$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$$

- c) For enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e \leq 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 8, page 33, depends on the height/width factor g , where:

$$g = \frac{h}{w}$$

where:

h is the enclosure height, in metres

A_b is the surface area of the enclosure base, in square metres

w is the enclosure width, in metres

5.2.4 Characteristic curve for temperature rise of air inside enclosure

To evaluate the design according to Clause 6, it is necessary to apply the calculated results of Sub-Clauses 5.2.2 and 5.2.3 with the proper characteristic curve for temperature rise of air inside the enclosure as a function of the enclosure height. The air temperatures within horizontal levels are practically constant.

5.2.4.1 Courbe caractéristique pour l'échauffement de l'air pour les enveloppes ayant une surface effective de refroidissement A_e supérieure à $1,25 \text{ m}^2$

En règle générale, la courbe caractéristique de l'échauffement est assez précisément définie par une ligne droite joignant les points $\Delta t_{1,0}$ et $\Delta t_{0,5}$ (voir figure 1).

L'échauffement de l'air intérieur à la base de l'enveloppe est proche de zéro, c'est-à-dire que la courbe caractéristique tend asymptotiquement vers zéro. (En pratique, la partie en pointillés de la courbe caractéristique est d'importance secondaire.)

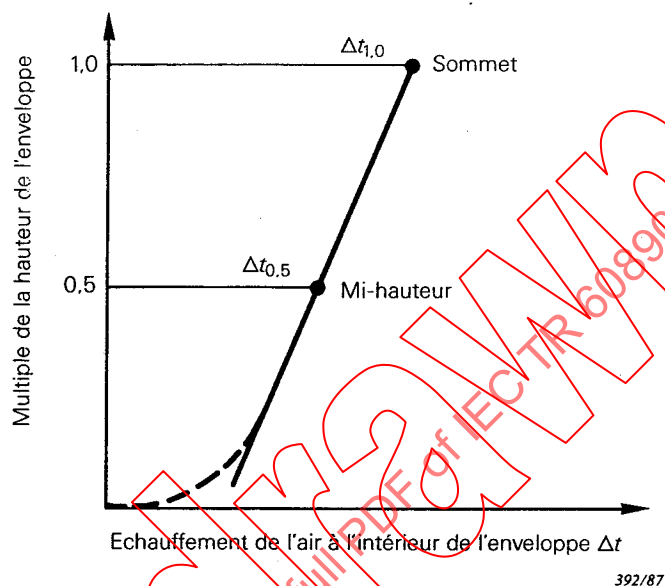


FIG. 1. — Courbe caractéristique de l'échauffement pour enveloppes avec A_e supérieure à $1,25 \text{ m}^2$.

5.2.4.1 *Temperature-rise characteristic curve for enclosures with an effective cooling surface A_e exceeding 1.25 m^2*

As a general rule, the characteristic curve of temperature rise is adequately well defined by a straight line which runs through the points $\Delta t_{1,0}$ and $\Delta t_{0,5}$ (see Figure 1).

The internal air temperature rise at the bottom of the enclosure is close to zero, i.e. the characteristic curve flattens out towards zero. (In practice, the dotted part of the characteristic curve is of secondary importance.)

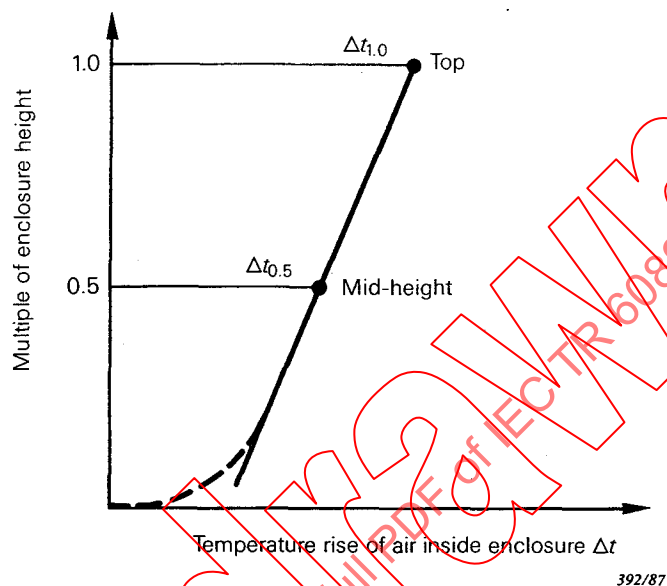


FIG. 1. — Temperature-rise characteristic curve for enclosures with A_e exceeding 1.25 m^2 .

5.2.4.2 Courbe caractéristique pour l'échauffement de l'air pour les enveloppes ayant une surface effective de refroidissement A_e inférieure ou égale à $1,25 \text{ m}^2$

Pour ce type d'enveloppe, l'échauffement maximal dans le quart supérieur est constant et les valeurs d'échauffement pour $\Delta t_{1,0}$ et $\Delta t_{0,75}$ sont identiques (voir figure 2).

La courbe caractéristique est obtenue en joignant les valeurs d'échauffement de l'enveloppe aux niveaux 0,75 et 0,5 (voir figure 2).

L'échauffement de l'air intérieur à la base de l'enveloppe est proche de zéro, c'est-à-dire que la courbe caractéristique tend asymptotiquement vers zéro. (En pratique, la partie en pointillés de la courbe caractéristique est d'importance secondaire.)

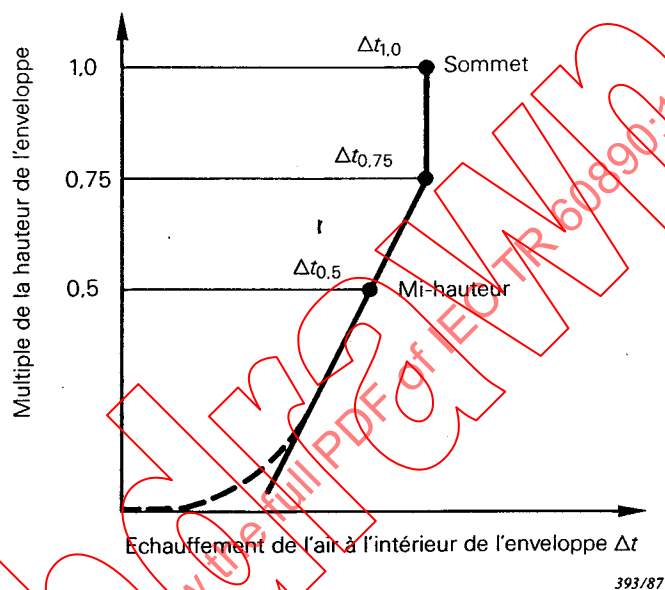


FIG. 2. — Courbe caractéristique de l'échauffement pour enveloppes avec A_e inférieure ou égale à $1,25 \text{ m}^2$.

6. Vérification de la conception

Il faudra s'assurer que l'appareillage à l'intérieur de l'EDS peut fonctionner de façon satisfaisante à l'échauffement calculé correspondant.

Si tel n'est pas le cas, les paramètres devront être modifiés en conséquence et le calcul devra être repris.

5.2.4.2 Temperature-rise characteristic curve for enclosures with an effective cooling surface A_e not exceeding 1.25 m^2

For this type of enclosure, the maximum temperature rise in the upper quarter is constant and the values for $\Delta t_{1.0}$ and $\Delta t_{0.75}$ are identical (see Figure 2).

The characteristic curve is obtained by connecting the temperature-rise values at an enclosure level of 0.75 and 0.5 (see Figure 2).

The internal air temperature rise at the bottom of the enclosure is close to zero, i.e. the characteristic curve flattens out towards zero. (In practice, the dotted part of the characteristic curve is of secondary importance.)

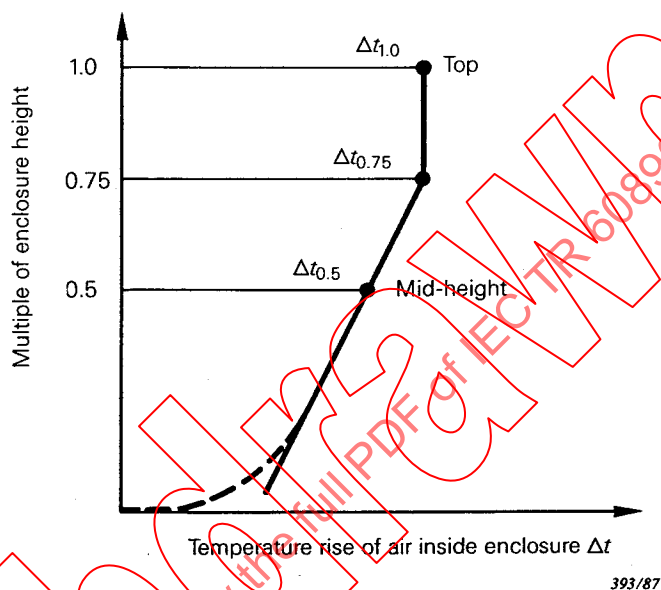


FIG. 2. — Temperature-rise characteristic curve for enclosures with A_e not exceeding 1.25 m^2 .

6. Evaluation of the design

It shall be determined whether the equipment within the PTTA can operate satisfactorily at the relevant calculated temperature rise.

If it is not so, the parameters will have to be changed and the calculation repeated.

TABLEAU I

Méthode de calcul, application, formules et caractéristiques

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Formules de calcul			Enveloppe		Caractéristiques					
Surface effective de refroidissement A_e	Echauffement de l'air		Surface effective de refroidissement A_e		Facteurs				Exposant	Tracé de la caractéristique d'échauffement
	A mi-hauteur de l'enveloppe	Au sommet (intérieur) de l'enveloppe			b	k	d	c		
$A_e = \Sigma(A_o \cdot b)$	$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$	$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$	$\geq 1,25 \text{ m}^2$	Enveloppe sans orifices de ventilation	Figure 3	Tableau IV	Figure 4	Figure 6	0,804	Voir paragraphe 5.2.4.1
				Enveloppe avec orifices de ventilation	Figure 5	Tableau V	Figure 6	Figure 8	0,715	
(1)	(2)	(3)	$\leq 1,25 \text{ m}^2$	Enveloppe sans orifices de ventilation	Figure 7	—	—	—	0,804	Voir paragraphe 5.2.4.2

Pour les symboles, unités et désignations, voir tableau II

TABLE I

Method of calculation, application, formulae and characteristics

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Calculation formulae					Enclosure					Characteristics		Plotting of temperature-rise characteristic
Effective cooling surface A_e	Temperature rise of air		Effective cooling surface A_e	Enclosure without ventilation openings	Factors	Exponent	Characteristics					
	At mid-height of the enclosure	At (internal) top of enclosure					b	k	d	c	x	
				Enclosure without ventilation openings	Figure 3	Table IV	Figure 4		0.804	See Sub-clause 5.2.4.1		
				Enclosure with ventilation openings	Figure 5	Table V	Figure 6		0.715			
				Enclosure without ventilation openings	Figure 7	Figure 8			0.804	See Sub-clause 5.2.4.2		
$A_e = \Sigma(A_o \cdot b)$	$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P_x$	$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$	$> 1.25 \text{ m}^2$									
(1)	(2)	(3)	$\leq 1.25 \text{ m}^2$									

For symbols, units and designations, see Table II

TABLEAU II
Symboles, unités, désignations

Symbole	Unité	Désignation
A_o	m ²	Surfaces géométriques des côtés extérieurs de l'enveloppe
A_b	m ²	Surface de la base de l'enveloppe
A_e	m ²	Surface effective de refroidissement de l'enveloppe
b	—	Facteur de surface
c	—	Facteur de répartition de température
d	—	Facteur d'échauffement avec séparations horizontales à l'intérieur de l'enveloppe
f	—	Facteur hauteur/base
g	—	Facteur hauteur/largeur
h	m	Hauteur de l'enveloppe
k	—	Constante d'enveloppe
n	—	Nombre de séparations internes horizontales (jusqu'à trois séparations)
P	W	Puissance dissipée effective de l'appareillage installé à l'intérieur de l'enveloppe
w	m	Largeur de l'enveloppe
x	—	Exposant
Δt	K	Echauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe en général
$\Delta t_{0,5}$	K	Echauffement de l'air à mi-hauteur (intérieure) de l'enveloppe
$\Delta t_{0,75}$	K	Echauffement de l'air à ¾ de la hauteur (intérieure) de l'enveloppe
$\Delta t_{1,0}$	K	Echauffement de l'air à la partie supérieure (intérieure) de l'enveloppe

TABLE II
Symbols, units and designations

Symbol	Unit	Designation
A_o	m ²	Surfaces of external sides of enclosure
A_b	m ²	Enclosure base surface
A_e	m ²	Effective cooling surface of enclosure
b	—	Surface factor
c	—	Temperature distribution factor
d	—	Temperature-rise factor for internal horizontal partitions inside enclosure
f	—	Height/base factor
g	—	Height/width factor
h	m	Enclosure height
k	—	Enclosure constant
n	—	Number of internal horizontal partitions (up to three partitions)
P	W	Effective power loss of equipment installed inside enclosure
w	m	Enclosure width
x	—	Exponent
Δt	K	Temperature rise of air inside enclosure in general
$\Delta t_{0.5}$	K	Temperature rise of air at (internal) mid-height of enclosure
$\Delta t_{0.75}$	K	Temperature rise of air at (internal) $\frac{3}{4}$ height of enclosure
$\Delta t_{1.0}$	K	Temperature rise of air at (internal) top of enclosure

TABLEAU III

Facteur de surface b selon le type d'installation

Type d'installation	Facteur de surface b
Partie supérieure à surface exposée	1,4
Partie supérieure couverte (exemple: enveloppe encastrée)	0,7
Faces latérales exposées (exemple: parois en façade, à l'arrière et latérales)	0,9
Faces latérales couvertes (exemple: face arrière de montage mural)	0,5
Faces latérales d'enveloppes centrales	0,5
Surface au plancher	non prise en compte
Les faces latérales des colonnes fictives (voir paragraphe 5.2) introduites aux seules fins du calcul ne sont pas prises en considération	

TABLEAU IV

Facteur d pour enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

Nombre de séparations horizontales n	0	1	2	3
Facteur d	1,00	1,05	1,15	1,30

TABLEAU V

Facteur d pour enveloppes avec orifices de ventilation et une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

Nombre de séparations horizontales n	0	1	2	3
Facteur d	1,00	1,05	1,10	1,15

TABLE III

Surface factor b according to the type of installation

Type of installation	Surface factor b
Exposed top surface	1.4
Covered top surface, e.g. of built-in enclosures	0.7
Exposed side faces, e.g. front, rear and side walls	0.9
Covered side faces, e.g. rear side of wall-mounted enclosures	0.5
Side faces of central enclosures	0.5
Floor surface	not taken into account
Fictitious side faces of sections (see Sub-clause 5.2) which have been introduced only for calculation purposes are not taken into account	

TABLE IV

Factor d for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$

Number of horizontal partitions n	0	1	2	3
Factor d	1.00	1.05	1.15	1.30

TABLE V

Factor d for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$

Number of horizontal partitions n	0	1	2	3
Factor d	1.00	1.05	1.10	1.15

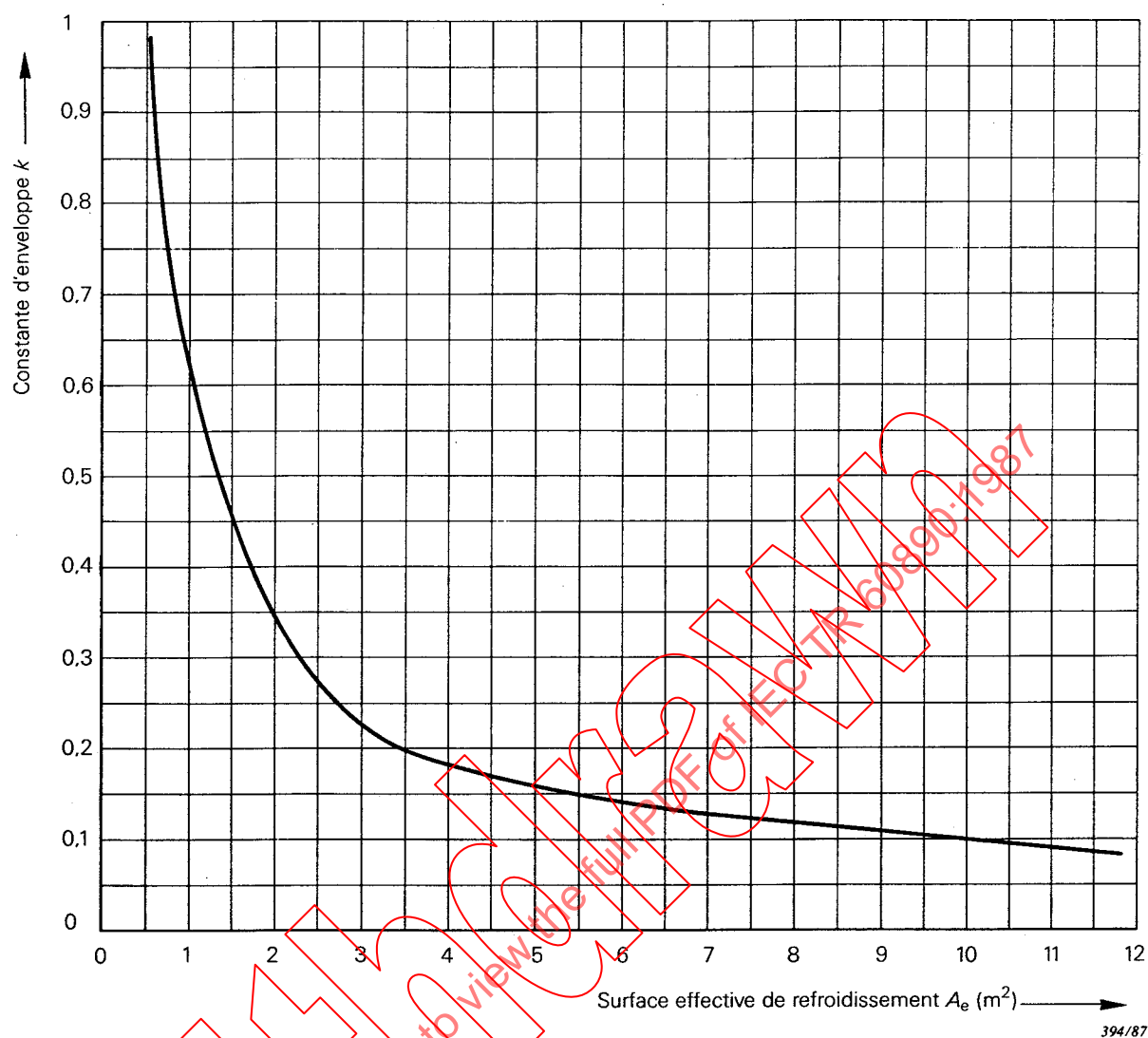


FIG.3. — Constante d'enveloppe k pour enveloppes sans orifices de ventilation, avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25$ m².

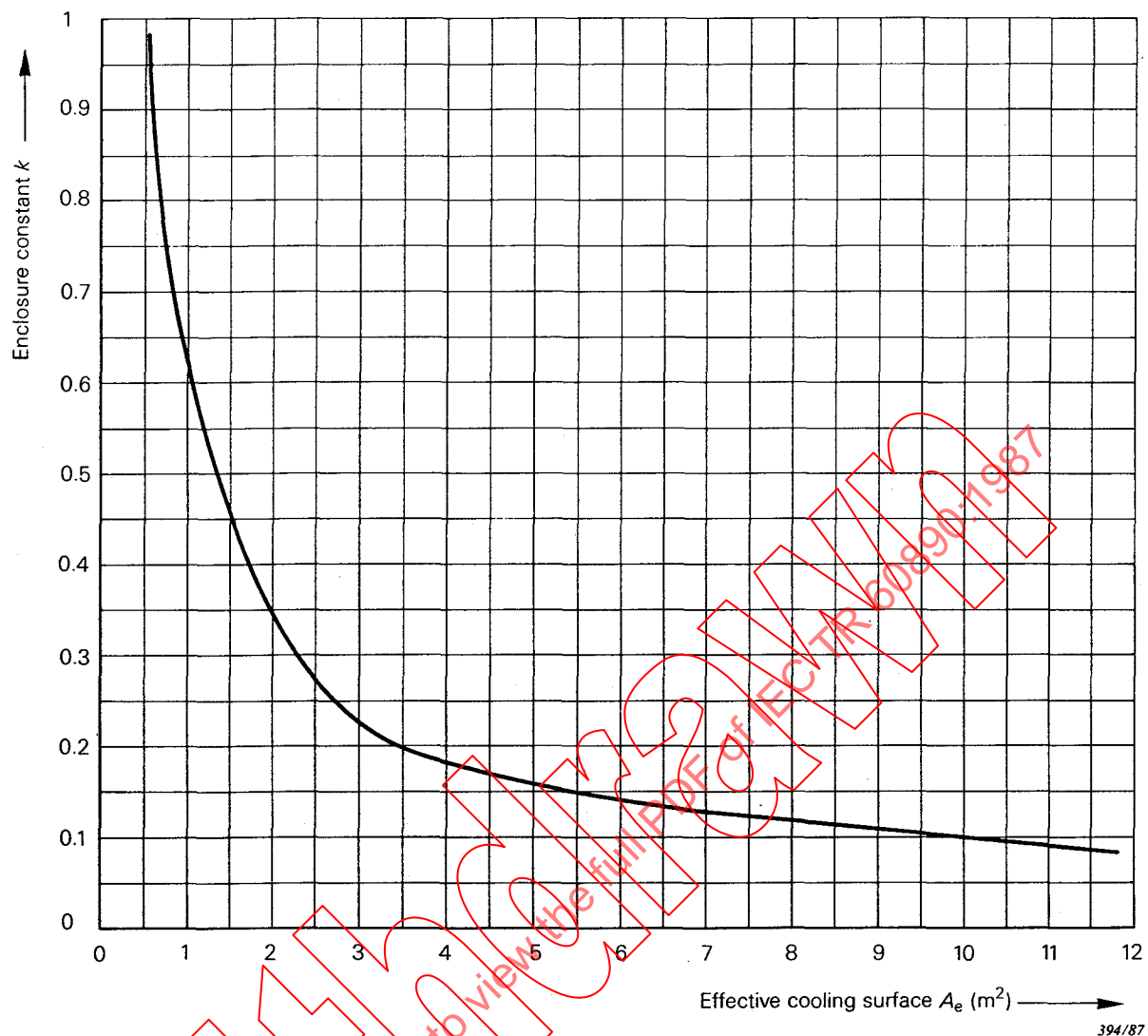


FIG.3. — Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings, with an effective cooling surface $A_e > 1.25 m^2$.

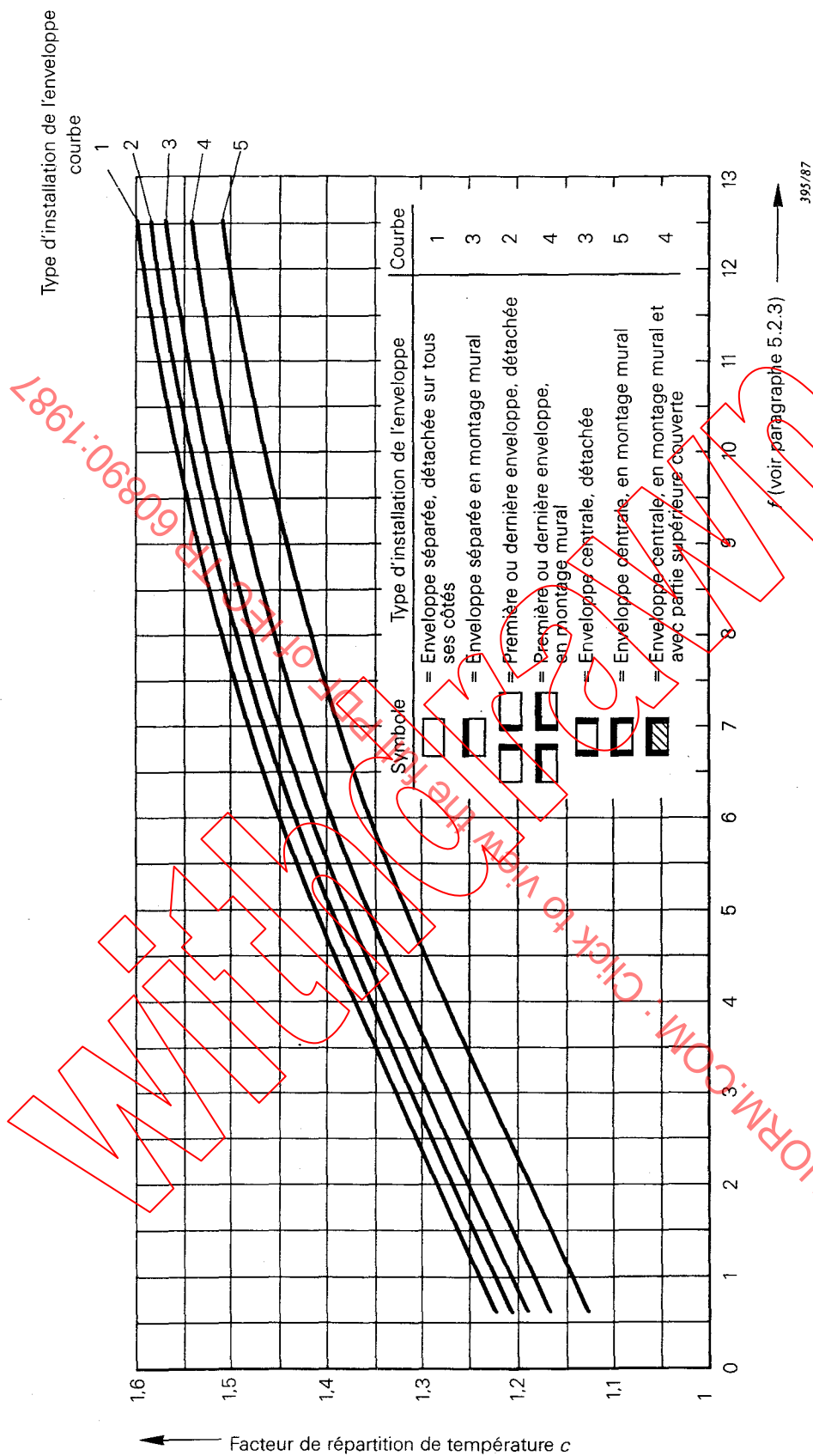


FIG. 4. — Facteur de répartition de température c pour enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$.

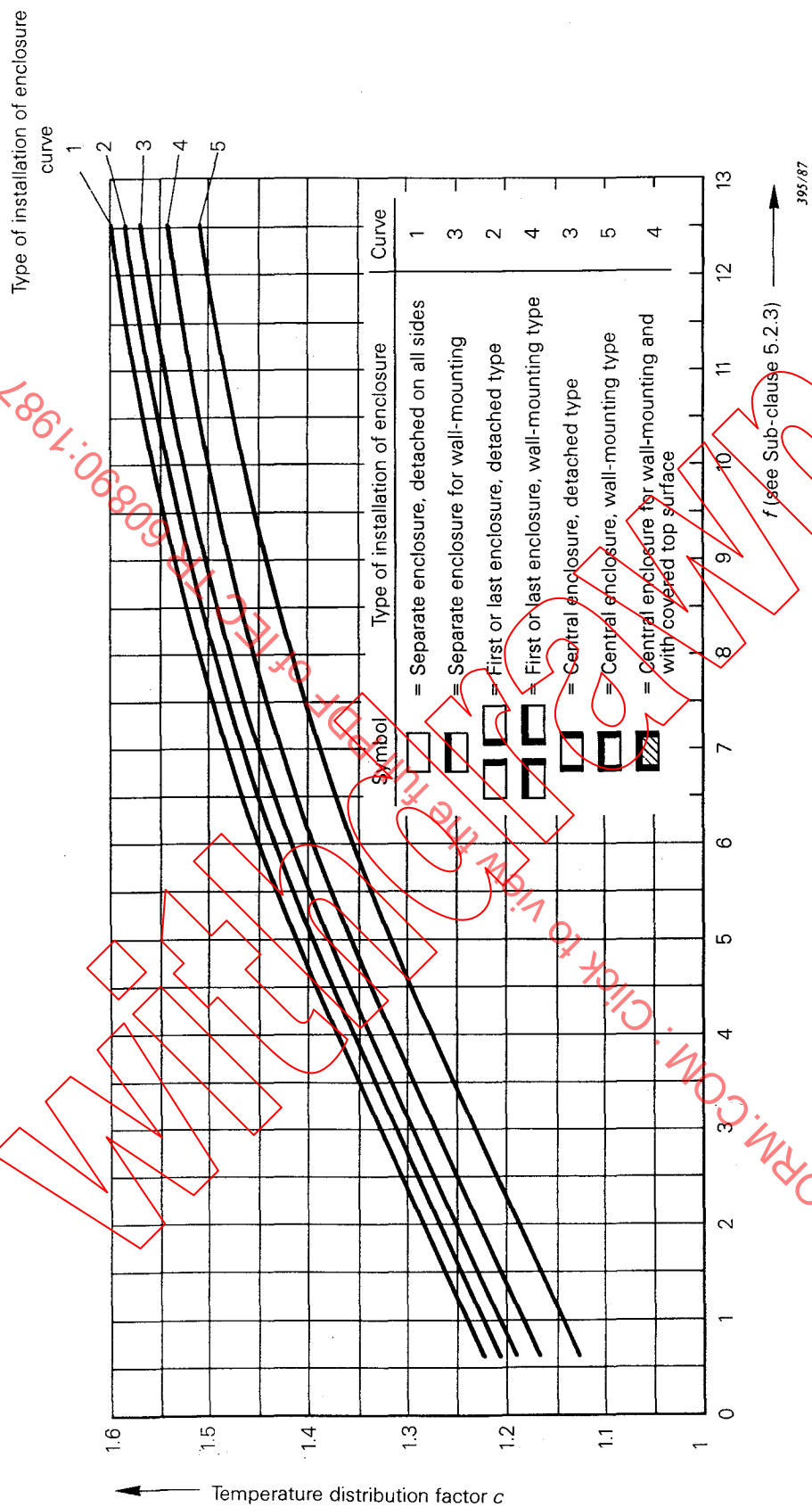
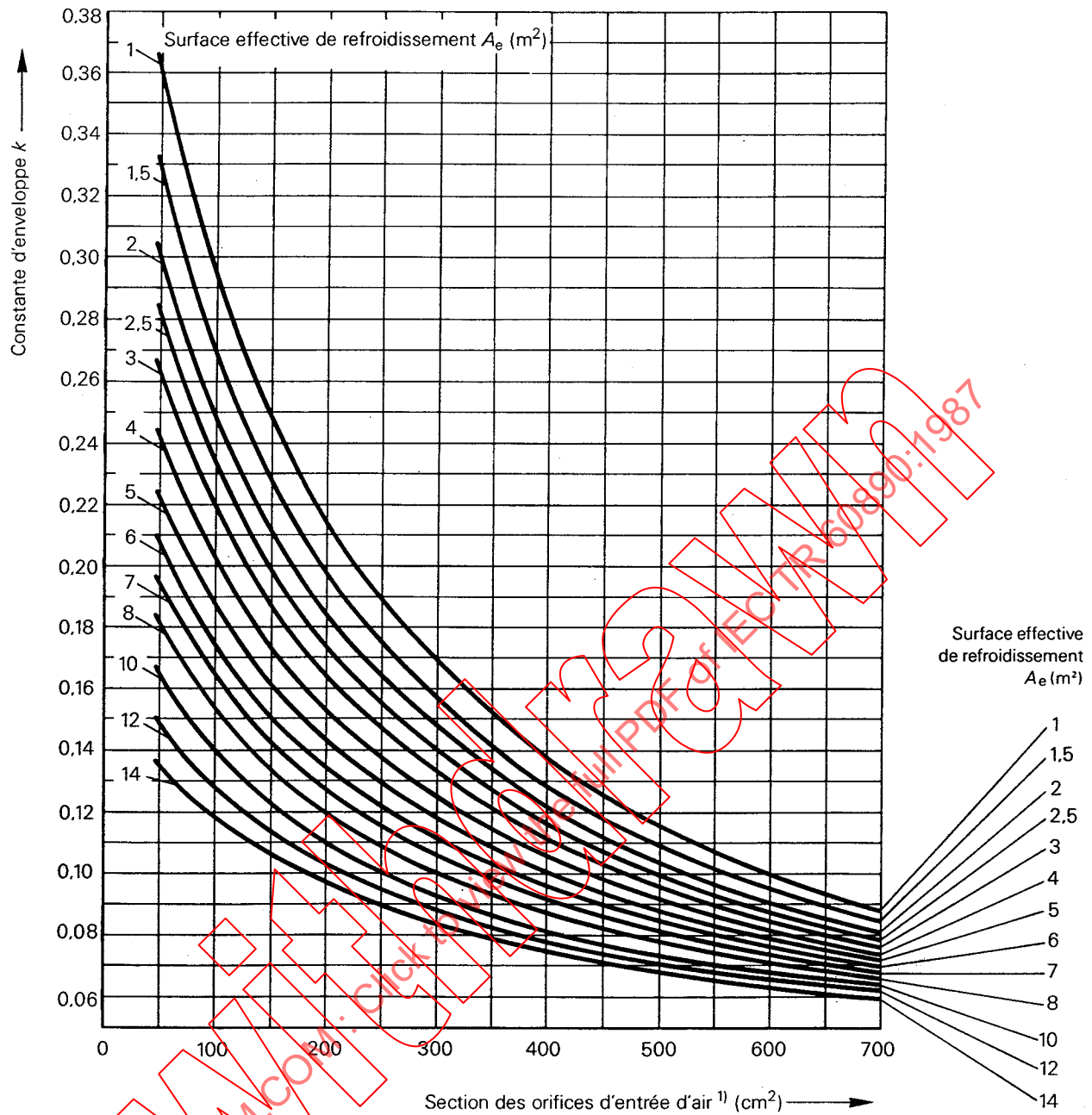


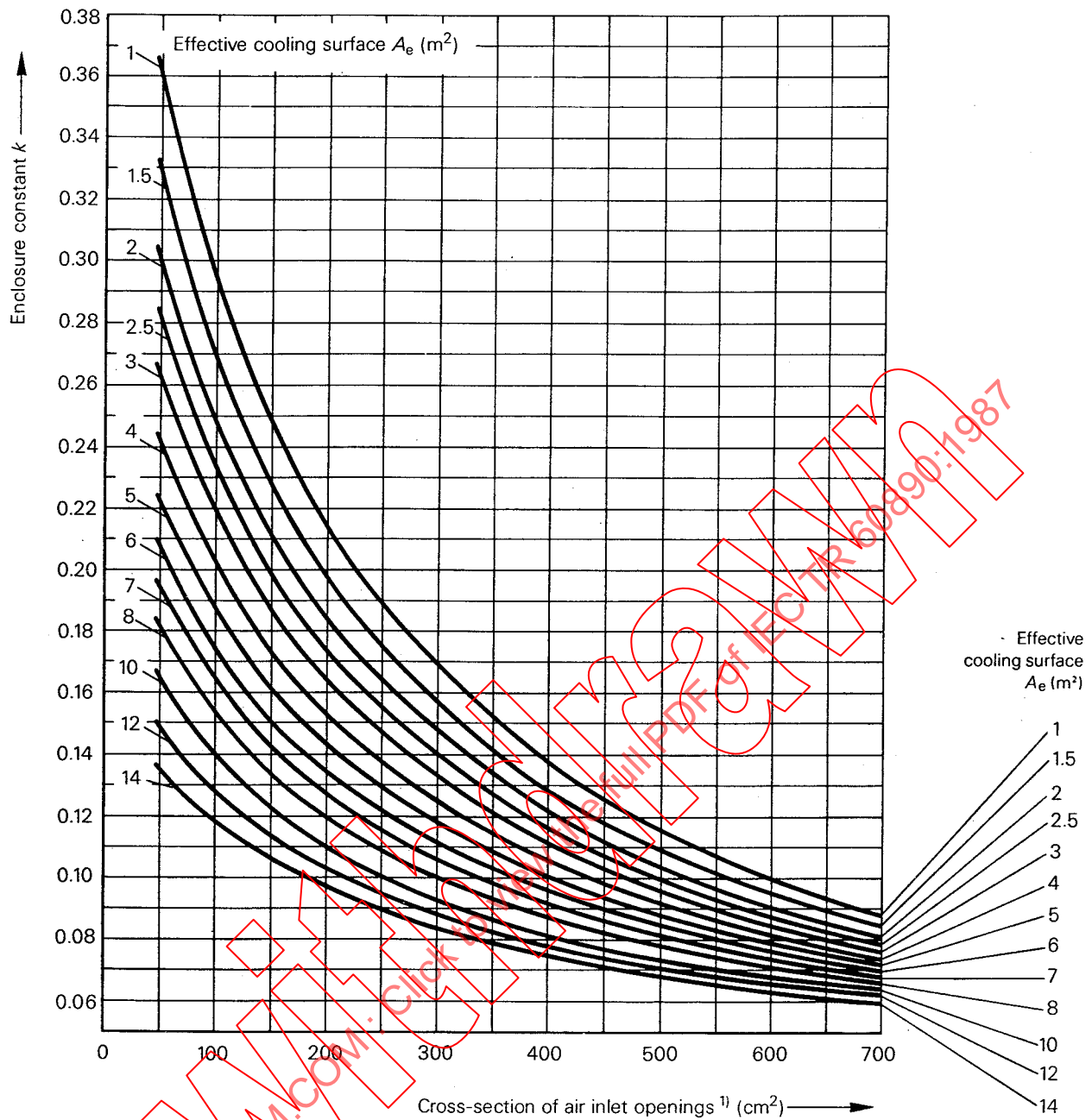
FIG. 4. — Temperature distribution factor c for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$.



¹⁾ La section des orifices de sortie d'air sera au moins 1,1 fois celle des orifices d'entrée d'air.

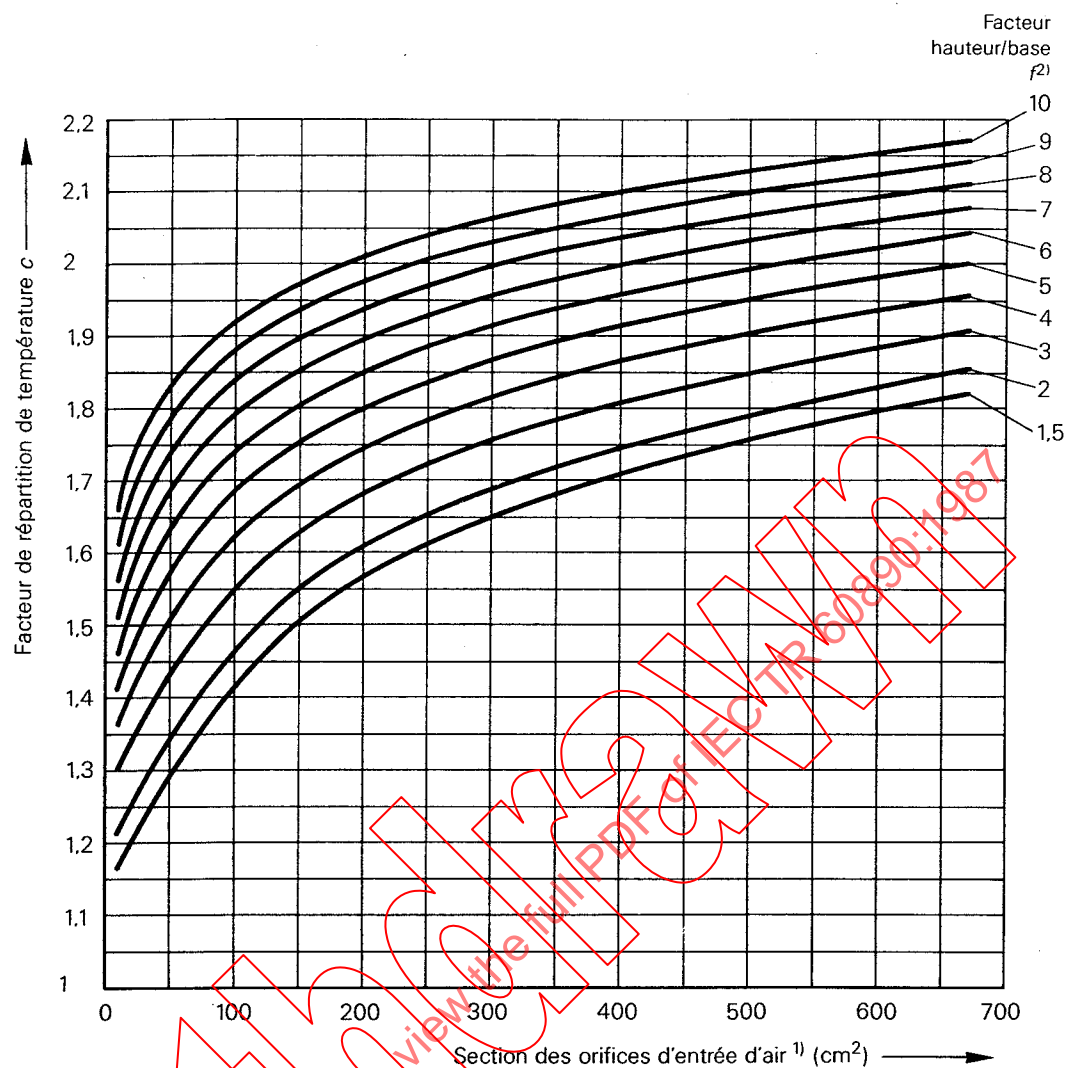
396/87

FIG. 5. — Constante d'enveloppe k pour enveloppes avec orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$.



¹⁾ The cross-section of the corresponding air outlet openings should be at least 1.1 times that of the air inlet openings. 396/87

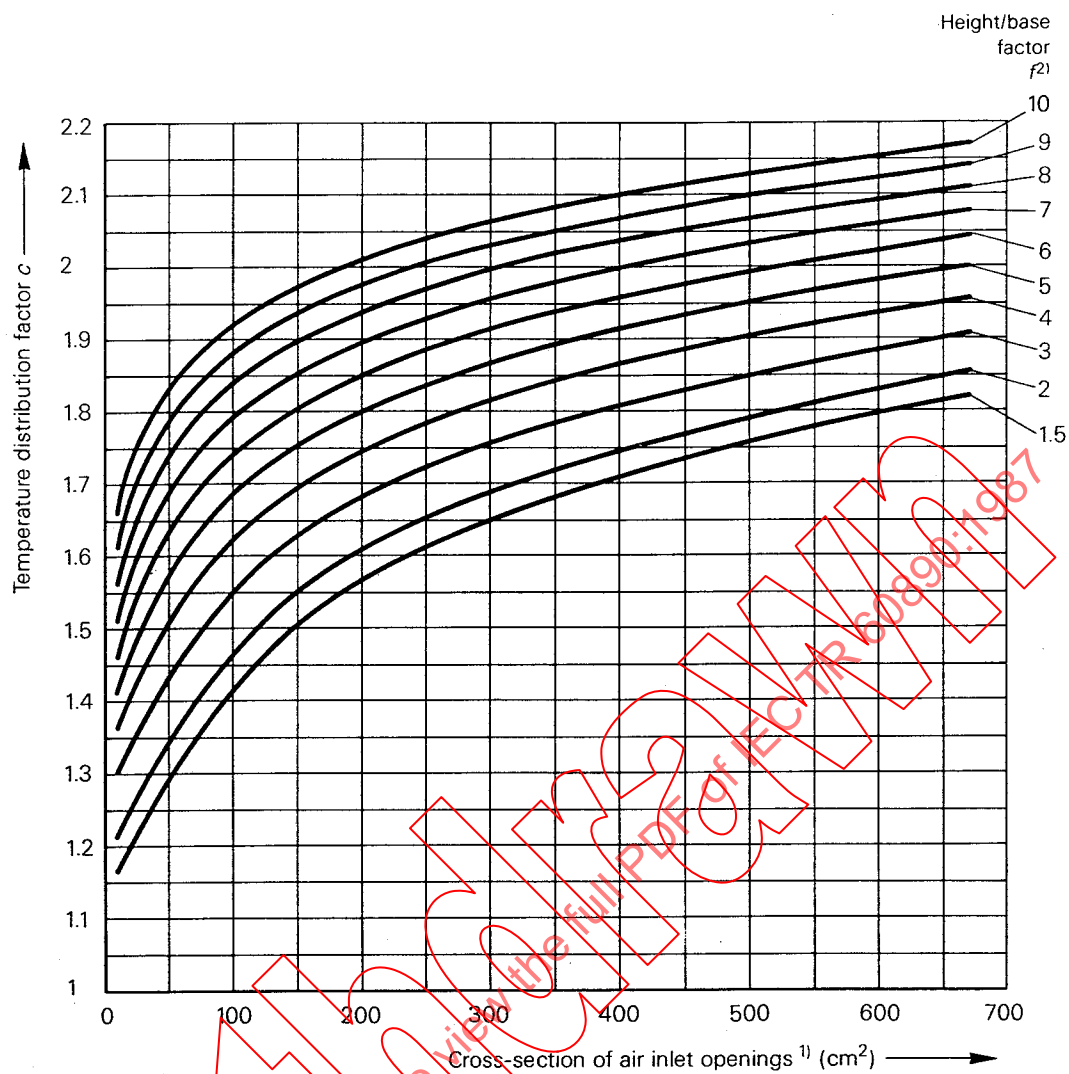
FIG. 5. — Enclosure constant k for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$.



¹⁾ La section des orifices de sortie d'air sera au moins 1,1 fois celle des orifices d'entrée d'air.

²⁾ Facteur hauteur/base, voir paragraphe 5.2.3.

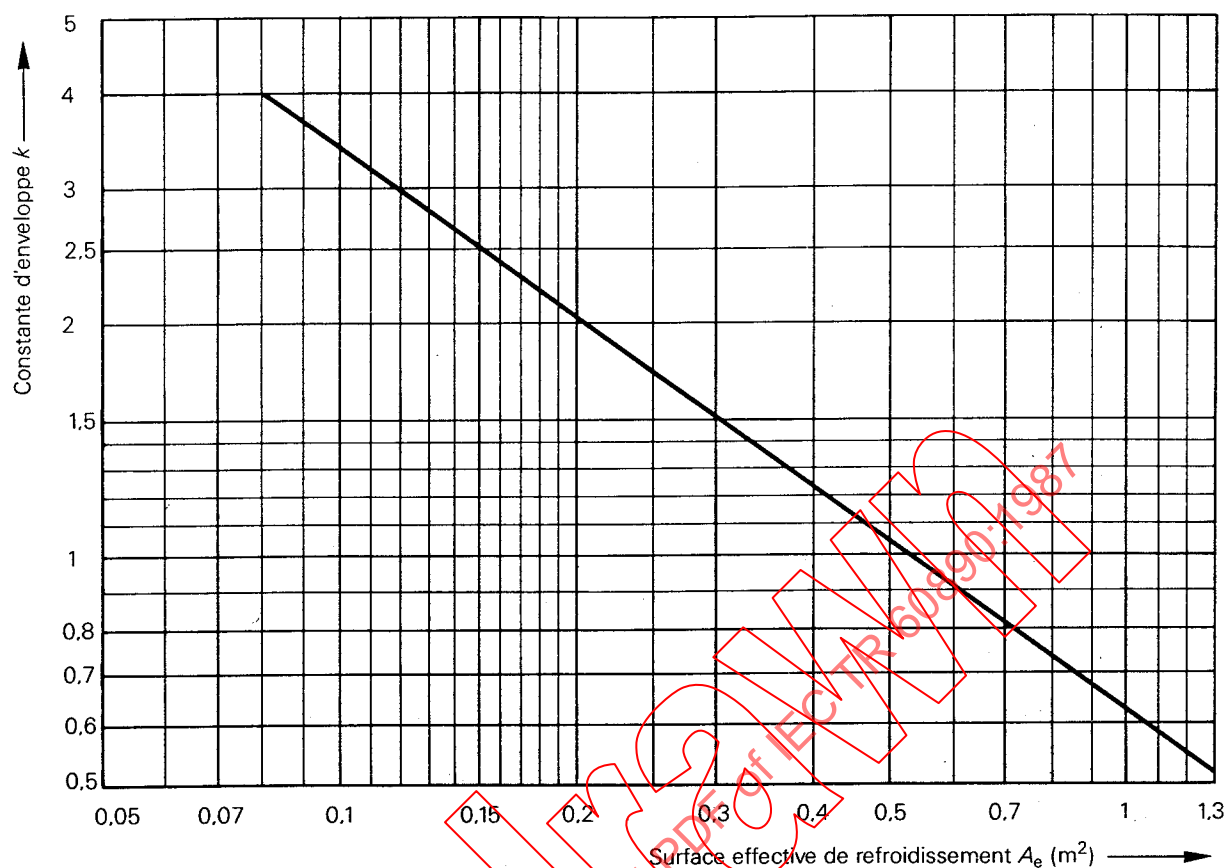
FIG. 6. — Facteur de répartition de température c pour enveloppes avec orifices de ventilation et une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$.



¹⁾ The cross-section of the corresponding air outlet openings should be at least 1.1 times that of the air inlet openings.

²⁾ Height/base factor, see Sub-clause 5.2.3.

FIG. 6. — Temperature distribution factor c for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$.



398/87

FIG. 7. — Constante d'enveloppe k pour enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e \leq 1,25$ m².

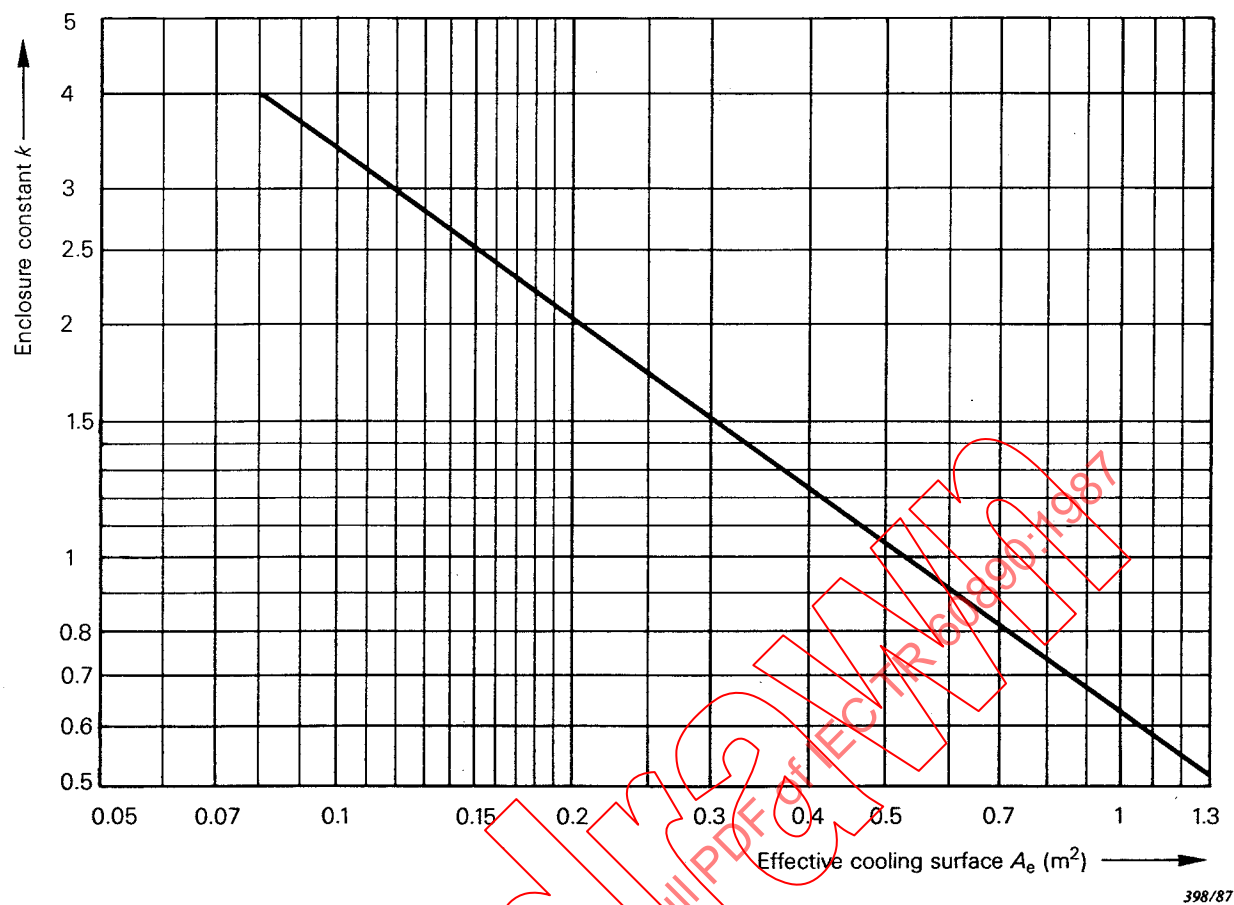


FIG. 7. — Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e \leq 1.25$ m².

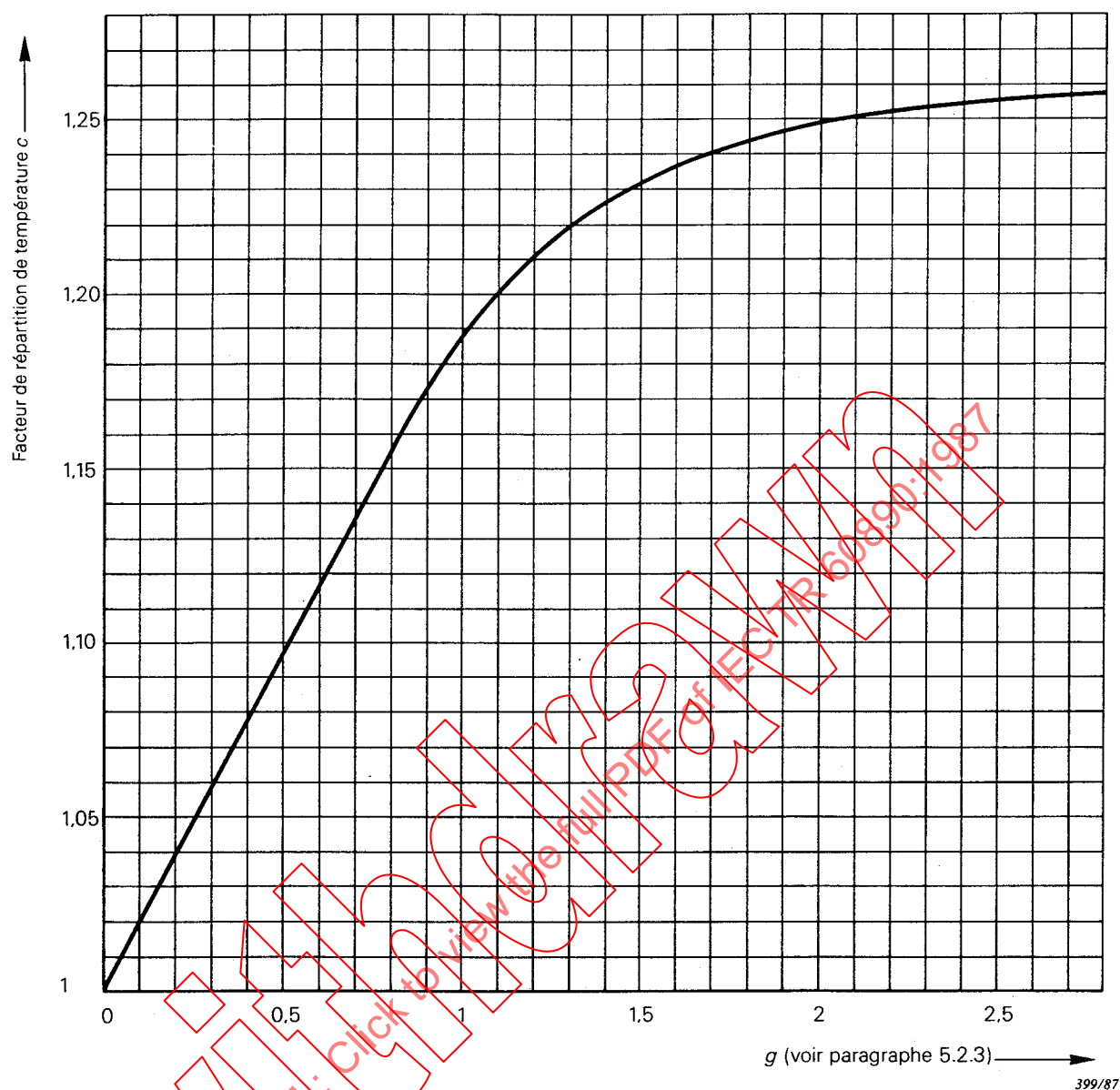


FIG. 8. — Facteur de répartition de température c pour enveloppes sans orifices de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$.

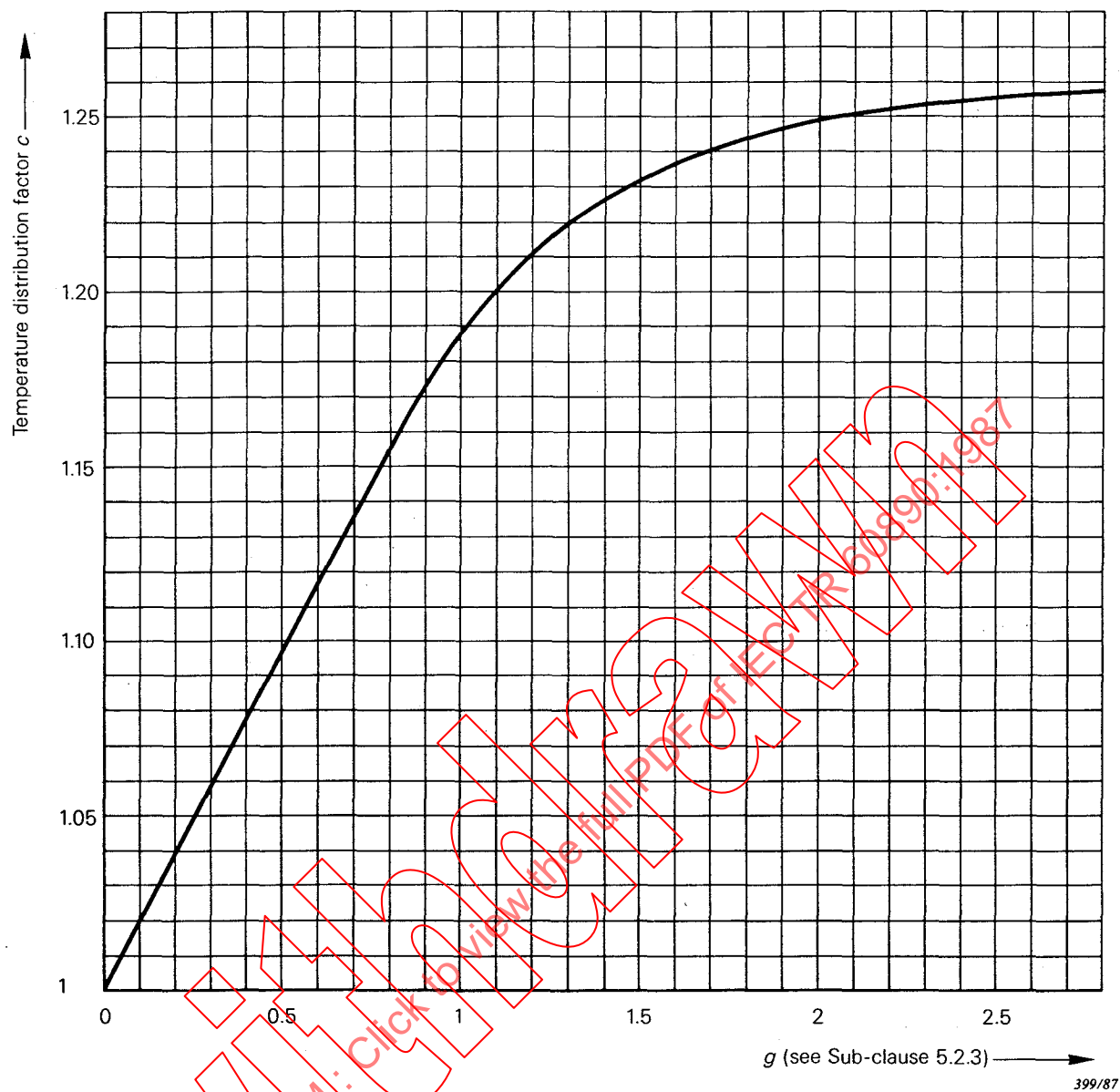
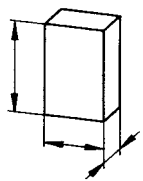


FIG.8. — Temperature distribution factor c for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e \leq 1.25 \text{ m}^2$.

Calcul de l'échauffement de l'air à l'intérieur d'enveloppes

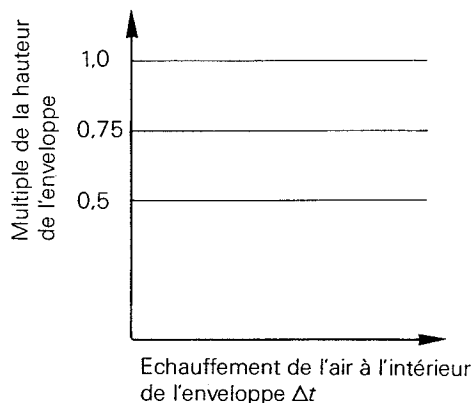
Client/Installation				
Type d'enveloppe				
Dimensions applicables pour la détermination de l'échauffement	hauteur	mm	Type d'installation:	
	largeur	mm	Orifices de ventilation: oui/non	
	profondeur	mm	Nombre de séparations horizontales:	

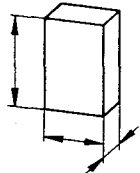
Surface effective de refroidissement		Dimensions	A_o	Facteur de surface b suivant tableau III	$A_o \times b$ (colonne 3) $\times$ (colonne 4)
		m $\times$ m	m ²		m ²
		2	3		5
	Partie supérieure				
	Façade				
	Arrière				
	Côté gauche				
	Côté droit				
$A_e = \Sigma (A_o \times b) = \text{Total}$					

Avec une surface effective de refroidissement A_e	
Supérieure à 1,25 m ²	Inférieure ou égale à 1,25 m ²
$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ (voir paragraphe 5.2.3)	$g = \frac{h}{w}$ (voir paragraphe 5.2.3)
= _____ =	= _____ =

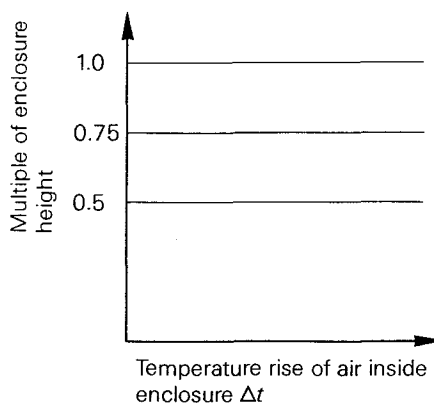
Orifices d'entrée d'air	cm ²
Constante d'enveloppe k	
Facteur pour séparations horizontales d	
Puissance dissipée effective P	W
$P^x = P \dots$	
$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$	K
Facteur de répartition de température c	
$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$	K

Courbe caractéristique:



Calculation of temperature rise of air inside enclosures					
Customer/plant					
Type of enclosure					
Relevant dimensions for temperature rise	height	mm	Type of installation:		
	width	mm	Ventilation openings: yes/no		
	depth	mm	Number of horizontal partitions:		
Effective cooling surface		Dimensions	A_o	Surface factor b according to Table III	$A_o \times b$ (Column 3) $\times$ (Column 4)
		m $\times$ m	m ²		m ²
		2	3		4
	Top				
	Front				
	Rear				
	Left-hand side				
	Right-hand side				
$A_e = \Sigma (A_o \times b) = \text{Total}$					
With an effective cooling surface A_e					
Exceeding 1.25 m ²			Not exceeding 1.25 m ²		
$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$ (see Sub-clause 5.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (see Sub-clause 5.2.3)		
= _____ =			= _____ =		
Air inlet openings		cm ²			
Enclosure constant k					
Factor for horizontal partitions d					
Effective power loss P		W			
$P^x = P \dots$					
$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^x$		K			
Temperature distribution factor c					
$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$		K			

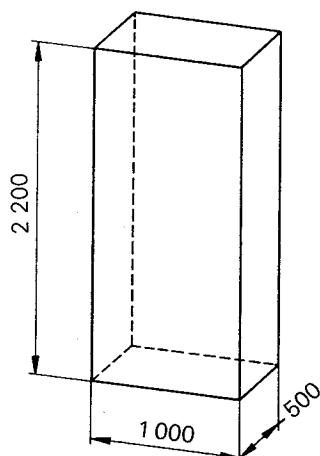
Characteristic curve:



ANNEXE A

EXEMPLES CHIFFRÉS DE DÉTERMINATION DE L'ÉCHAUFFEMENT DE L'AIR À L'INTÉRIEUR D'UNE ENVELOPPE

Exemple 1



Enveloppe séparée détachée sur tous les côtés, sans orifices de ventilation et sans séparations internes horizontales.

Puissance dissipée effective de l'équipement installé dans l'enveloppe: $P = 300 \text{ W}$

Dimensions en millimètres

401/87

Conduite du calcul

(Pour les rubriques voir formulaire, page 40, portant sur l'exemple 1.)

- La détermination de la surface effective de refroidissement A_e se fait selon le paragraphe 5.2.1.

Les surfaces élémentaires sont calculées à partir des dimensions de l'enveloppe, les facteurs de surface b étant obtenus du tableau III.

- Le calcul de l'échauffement de l'air $\Delta t_{0,5}$ s'effectue suivant le paragraphe 5.2.2.

Formule (2) de la colonne 2 du tableau I:

$$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x \quad (2)$$

Facteur k selon la colonne 7 du tableau I, avec $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ selon la figure 3, page 22:

$$\text{pour } A_e = 6,64 \text{ m}^2: k = 0,135$$

Facteur d suivant la colonne 8 du tableau I, avec $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ selon le tableau IV:

$$\text{pour nombre de séparations horizontales} = 0: d = 1,0$$

Puissance dissipée effective (telle que spécifiée) $P = 300 \text{ W}$

Exposant x de la colonne 10 du tableau I, avec $A_e > 1,25 \text{ m}^2$: $x = 0,804$

En reportant ces valeurs dans la formule (2) ci-dessus, on obtient le résultat suivant:

$$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x = 0,135 \cdot 1,0 \cdot 300^{0,804}$$

$$\Delta t_{0,5} = 13,24 \text{ K} \approx 13,2 \text{ K}$$

- Le calcul de l'échauffement de l'air $\Delta t_{1,0}$ s'effectue suivant le paragraphe 5.2.3.

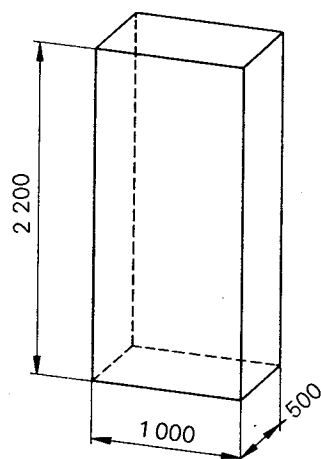
Formule (3) de la colonne 3 du tableau I:

$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5} \quad (3)$$

APPENDIX A

EXAMPLES FOR THE CALCULATION OF THE TEMPERATURE RISE
OF AIR INSIDE ENCLOSURES

Example 1



Single enclosure with exposed side faces without ventilation openings and without internal horizontal partitions.

Effective power loss of equipment installed in the enclosure: $P = 300 \text{ W}$

Dimensions in millimetres

401/87

Calculation

(For entries see form, page 41, on example 1.)

- The effective cooling surface A_e is determined according to Sub-clause 5.2.1.

The individual surfaces are calculated from the enclosure dimensions, and the surface factor b is taken from Table III.

- The temperature rise of air $\Delta t_{0.5}$ is determined according to Sub-clause 5.2.2.

Formula (2) from column 2 of Table I:

$$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^x \quad (2)$$

Factor k according to column 7 of Table I with $A_e > 1.25 \text{ m}^2$, as shown in Figure 3, page 23.

for $A_e = 6.64 \text{ m}^2$: $k = 0.135$

Factor d according to column 8 of Table I with $A_e > 1.25 \text{ m}^2$, as specified in Table IV:

with number of horizontal partitions = 0: $d = 1.0$

Effective power loss (as specified) $P = 300 \text{ W}$.

Exponent x from column 10 of Table I with $A_e > 1.25 \text{ m}^2$: $x = 0.804$

With these values entered into the above formula (2), the following result is obtained:

$$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^x = 0.135 \cdot 1.0 \cdot 300^{0.804}$$

$$\Delta t_{0.5} = 13.24 \text{ K} \approx 13.2 \text{ K}$$

- The temperature rise of air $\Delta t_{1.0}$ is determined according to Sub-clause 5.2.3.

Formula (3) from column 3 of Table I:

$$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5} \quad (3)$$

Facteur c selon la colonne 9 du tableau I, avec $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ suivant la figure 4, page 24:

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b} = \frac{2,2^{1,35}}{1,0 \times 0,5} = 5,80$$

La courbe 1 de la figure 4 donne:

$$c = 1,44$$

En reportant cette valeur dans la formule (3), on obtient le résultat suivant:

$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5} = 1,44 \cdot 13,24 = 19,07 \text{ K} \approx 19,1 \text{ K}$$

- La détermination de la courbe caractéristique d'échauffement pour enveloppe avec $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ s'effectue selon le paragraphe 5.2.4.1 (voir figure dans le formulaire de l'exemple 1, page 40).
- La vérification de la conception de l'équipement se fait selon l'article 6.

Ce faisant, il faudra s'assurer que l'appareillage à l'intérieur de l'enveloppe peut fonctionner de façon satisfaisante à l'échauffement calculé et sous le courant assigné, compte tenu de la température de l'air ambiant (voir article 3, note).

Si tel n'est pas le cas, les paramètres devront être modifiés en conséquence et le calcul devra être repris.

Factor c according to column 9 of Table I with $A_e > 1.25 \text{ m}^2$, as shown in Figure 4, page 25:

$$f = \frac{h^{1.35}}{A_b} = \frac{2.2^{1.35}}{1.0 \times 0.5} = 5.80$$

Curve 1 of Figure 4 follows:

$$c = 1.44$$

With this value entered into formula (3), the following result is obtained:

$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5} = 1.44 \cdot 13.24 = 19.07 \text{ K} \approx 19.1 \text{ K}$$

- The temperature-rise characteristic curve is determined for enclosures with $A_e > 1.25 \text{ m}^2$, in accordance with Sub-clause 5.2.4.1 (see figure in the form on example 1, page 41).

- The evaluation of the design is made in accordance with Clause 6.

It is to be verified whether the equipment installed in the enclosure is capable of functioning satisfactorily at the specified currents and calculated temperature rises, considering the ambient air temperature (see Clause 3, note).

If this is not so, the parameters will have to be changed and the calculation repeated.