

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

61604

Première édition
First edition
1997-07

**Dimensions des noyaux toriques non enrobés
en oxydes magnétiques**

**Dimensions of uncoated ring cores of
magnetic oxides**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61604: 1997

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3**

**CEI
IEC**

**TECHNICAL
REPORT – TYPE 3**

61604

Première édition
First edition
1997-07

**Dimensions des noyaux toriques non enrobés
en oxydes magnétiques**

**Dimensions of uncoated ring cores of
magnetic oxides**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Documents de référence.....	10
3 Trois séries normalisées.....	10
3.1 Série européenne	10
3.2 Série japonaise	12
3.3 Série américaine.....	12
4 Rapport dimensionnel.....	12
Annexe A – Contrôle de la tension de claquage sur des noyaux toriques isolés – Techniques de mesure.....	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope.....	11
2 Reference documents.....	11
3 Three standard series.....	11
3.1 European series.....	11
3.2 Japanese series.....	13
3.3 USA series.....	13
4 Dimensional ratio.....	13
Annex A – Breakdown voltage test for insulated ring cores – Measurement techniques	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DIMENSIONS DES NOYAUX TORIQUES NON ENROBÉS EN OXYDES MAGNÉTIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DIMENSIONS OF UNCOATED RING CORES OF MAGNETIC OXIDES

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 61604, rapport technique de type 3, a été établie par le comité d'études 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Projet de Comité	Rapport de vote
51/433/CDV	51/454/RVC

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

Le présent rapport technique concerne les résultats des travaux sur une norme internationale décrivant une série de noyaux toriques élargie par rapport à la CEI 60525. Les travaux ont initialement démarré sur l'élaboration d'une nouvelle norme internationale, et la première proposition sur la série européenne a trouvé un large accord. Mais nous avons dû renoncer à arriver à un accord, car il existe d'autres normes surtout utilisées aux Etats-Unis et au Japon. Les dimensions de ces trois normes locales sont décrites et comparées ici. On espère que le présent document sera utile pour comprendre la situation actuelle et soutiendra l'élaboration d'une nouvelle norme.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61604-1997

IEC 61604, which is a technical report of type 3, has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

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

Committee draft	Report on voting
51/433/CDV	51/454/RVC

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

This technical report concerns the results obtained from work on an international standard describing a ring core series which has been expanded compared with the one described in IEC 60525. Work was initially started in order to establish a new international standard, and the first proposal of European series found widespread agreement. But an agreement could not be reached because of other standards already in existence used mainly in USA and in Japan. Dimensions of these three local standards are described and compared here, and it is hoped that this document will be of assistance in understanding the current situation and that it will give support for the establishment of a new standard.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61604-1997

INTRODUCTION

La CEI 60525 décrit à fins d'orientation sept noyaux seulement. On croyait faible l'acceptation de cette série, puisque dans le passé l'utilisation des noyaux toriques normalisés n'était pas importante à cause du coût relativement bas des moules. Cette situation a changé maintenant, le coût du moulage par presse rotatoire, qui est utilisé de plus en plus fréquemment, étant considérablement plus élevé.

Les applications des noyaux toriques s'étendent largement et l'usage total augmente. Il y a trois applications principales:

- inductance de filtrage de puissance et inductance de filtrage en mode commun;
- transformateur d'impulsions;
- transformateur et inductance de suppression de brouillage électromagnétique (EMI).

On estime qu'il devrait y avoir des tailles optimales pour chaque application. L'influence des paramètres secondaires, tels que l'arrondissement des arêtes et l'isolement sur le noyau et sur le fil, qui a un effet plus important sur les petits noyaux que sur les grands, sera prise en considération. La tolérance des dimensions est aussi un facteur important, surtout pour les petits noyaux. Il conviendra d'être attentif à ces facteurs dans la normalisation future des noyaux toriques.

INTRODUCTION

IEC 60525 describes seven cores only to be used as guidance. Acceptance of this series was believed to be poor since in the past use of standardized ring cores was not important due to relatively low tool costs. This situation has now changed because the costs of rotary-press tooling, which is more and more used today, are considerably higher.

Applications of ring cores are widespread and the total usage is increasing.

There are three main applications:

- power choke and drive transformer;
- pulse and wideband transformer;
- EMI suppression: differential and common mode choke.

It is believed that there should be optimum sizes for each application.

The influence of secondary parameters, such as the desirable rounding of edges and the insulation on core and wire, which has a greater effect on small cores than on large ones, will be taken into consideration. Tolerance of dimension is also an important factor especially on small cores. These factors should be carefully considered in future standardization of ring cores.

DIMENSIONS DES NOYAUX TORIQUES NON ENROBÉS EN OXYDES MAGNÉTIQUES

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique donne des renseignements sur les dimensions des noyaux toriques non enrobés normalisés par le CENELEC, l'Association des Producteurs de Matériaux Magnétiques (MMPA) aux Etats-Unis et le Comité national japonais. Les essais de la tension de claquage sur les noyaux toriques enrobés (isolés) décrits dans les normes CENELEC et MMPA sont aussi compris dans le présent rapport.

2 Documents de référence

CEI 60205: 1966, *Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques*
Modification 1 (1976)
Modification 2 (1981)

CEI 60525: 1976, *Dimensions des tores constitués d'oxydes magnétiques ou de poudre de fer*
Modification 1 (1980)

3 Trois séries normalisées

Il existe trois séries régionales normalisées de noyaux toriques qui sont principalement utilisés dans leur région d'origine:

- en Europe: EN 125500;
- au Japon: JISC 2569;
- aux Etats-Unis: MMPA FTC 410.

Les dimensions et les tolérances sont données respectivement dans les tableaux 2, 4 et 6.

Les valeurs du paramètre effectif, qui sont calculées par l'utilisation de $h_e = h$ dans la modification 1 de la CEI 60205, sont données dans les tableaux 3, 5 et 7.

La relation entre μ_0/C_1 et A_e , un autre facteur important pour évaluer les performances des noyaux, est donnée dans les figures 1, 2 et 3.

En comparant les trois séries, on trouve une forte similitude pour six tailles et dix autres noyaux sont similaires dans au moins deux séries. Pour chaque noyau de la série européenne, il existe un noyau semblable (en ce qui concerne le rapport d_1/d_2) soit au Japon, soit aux Etats-Unis. Par contre, cinq noyaux de la série japonaise et deux noyaux de la série américaine sont de conception spéciale.

3.1 Série européenne

La lettre «R» est utilisée pour la désignation des noyaux toriques. Quinze tailles sont spécifiées pour la suppression du brouillage électromagnétique et pour les transformateurs petits signaux.

DIMENSIONS OF UNCOATED RING CORES OF MAGNETIC OXIDES

1 Scope

This Technical Report gives information about dimensions and related effective parameters of uncoated ring cores, standardized by CENELEC, Magnetic Materials Producers Association (MMPA) in USA and the Japanese national committee. Breakdown voltage tests for coated (insulated) ring cores described in CENELEC and MMPA standards are also included in this report.

2 Reference documents

IEC 60205: 1966, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts*
Amendment 1 (1976)
Amendment 2 (1981)

IEC 60525: 1976, *Dimensions of toroids made of magnetic oxides or iron powder*
Amendment 1 (1980)

3 Three standard series

There exists three local standards series of ring cores which are mainly used in each area.

- in Europe EN 125500;
- in Japan JISC 2569;
- in USA MMPA FTC 410.

Dimensions and tolerances are given in tables 2, 4 and 6 respectively.

The effective parameter values, which are calculated by use of $h_e = h$ in amendment 1 of IEC 60205, are given in tables 3, 5 and 7.

The relationship between A_e and μ_0/C_1 , is another important factor to evaluate performance of cores, is given in figures 1, 2 and 3.

Comparing the three series a high similarity is given for six sizes and other ten cores are similar in two series at least. Whilst for each core of the European series either in Japan or the USA series a similar core is found (concerning the d_1/d_2 ratio) five cores of the Japanese series and two cores of the USA are of a special design.

3.1 European series

The letter "R" is used for designation of ring cores. Fifteen sizes are specified for EMI suppression and low signal transformers.

La présente série est composée de sept tailles existantes de la CEI 60525, mais avec une hauteur augmentée, et de huit nouvelles tailles.

3.2 Série japonaise

Les lettres «FOR» sont utilisées pour la désignation des noyaux toriques. Seize tailles sont utilisées pour les applications dites de puissance et sont largement utilisées au Japon et en Asie.

3.3 Série américaine

La lettre «T» est utilisée pour la désignation des noyaux toriques. Seize tailles sont spécifiées.

4 Rapport dimensionnel

Le rapport du diamètre intérieur au diamètre extérieur et le rapport de la hauteur au diamètre intérieur du noyau torique peuvent être optimisés relativement au rapport R_{dc}/L du bobinage pour un volume total constant du noyau bobiné. Les rapports suivants sont considérés comme de bons compromis:

- rapport du diamètre extérieur au diamètre intérieur: $d_1/d_2 = 1,67$ ($d_2/d_1 = 0,6$);
- rapport de la hauteur au diamètre intérieur: $h/d_2 = 0,67$.

Le rapport h/d_2 dans toutes les trois séries est plus grand que le rapport recommandé dans la CEI 60525, qui est de 0,5.

Une comparaison des trois séries est donnée dans le tableau 1.

This series is composed of the existing seven sizes of IEC 60525 but with increased height and eight new sizes.

3.2 Japanese series

The letters "FOR" are used for designation of ring cores. Sixteen sizes are specified for so-called EMI suppression and widely used in Japan and Asia.

3.3 USA series

The letter "T" is used for designation of ring cores (toroidal cores). Sixteen sizes are specified.

4 Dimensional ratio

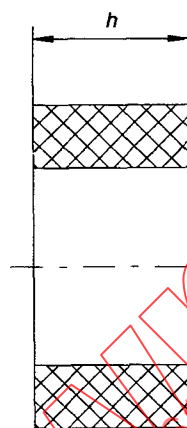
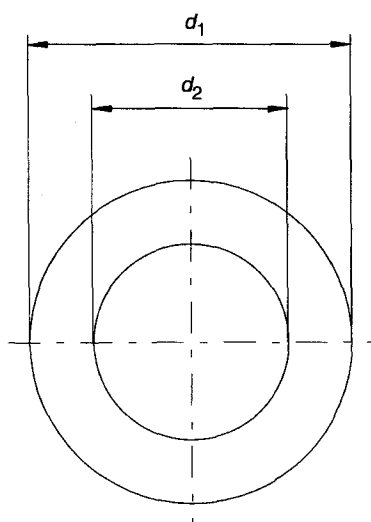
The ratio of inner diameter to outer diameter and of height to inner diameter of the ring core can be optimized with respect to R_{dc}/L of the winding for constant total volume of the wound core. It is considered that the following ratios are considered to be a good compromise:

- outer to inner diameter: $d_1/d_2 = 1,67$ ($d_2/d_1 = 0,6$);
- height to inner diameter: $h/d_2 = 0,67$.

The ratio of h/d_2 in all the three series is higher than the ratio recommended in IEC 60525, which is 0,5.

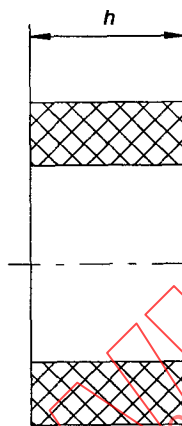
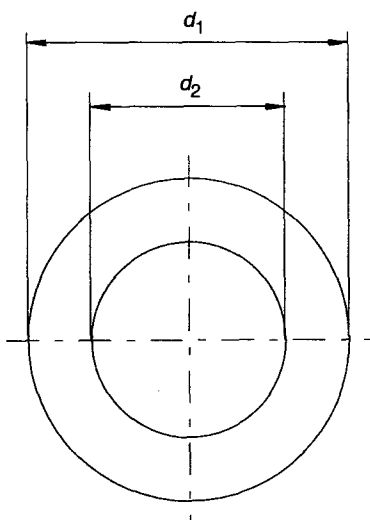
A comparison of all the three series is given in table 1.

Tableau 1 – Comparaison des trois séries pour les rapports d_1/d_2 et h/d_2



IEC 778/97

Europe			Japon			Etats-Unis		
R	d_1/d_2	h/d_2	FOR	d_1/d_2	h/d_2	T	d_1/d_2	h/d_2
R2,5	1,67	0,67				T2.5	1,69	0,66
R4	1,82	0,73				T3.9	1,76	0,57
						T4.8	2,11	0,55
R6,3	1,66	0,66				T5.8	1,91	0,50
						T7.6	2,40	1,50
R10	1,67	0,67	FOR10	2,00	1,00	T9.5	2,00	0,67
R12,5	1,67	0,67	FOR12	2,00	0,67	T12.7	1,60	0,80
			FOR14	2,00	0,57			
R16	1,67	0,66	FOR16	1,60	0,80	T15.9	1,79	0,53
			FOR18	1,80	1,00			
			FOR19	1,90	1,05			
R20	2,00	0,70	FOR20	1,67	0,83			
			FOR22	1,57	0,71	T22.1	1,61	0,46
R25	1,67	0,67	FOR25	1,67	0,80	T25.4	1,64	0,62
			FOR28	1,75	0,81	T29.0	1,53	0,39
R32	1,66	0,66	FOR31	1,63	0,68			
R36	1,57	0,65				T36.0	1,56	0,66
R40	1,67	0,67	FOR38	2,00	0,68	T38.1	2,00	0,33
R45	1,67	0,67	FOR45	1,48	0,43			
			FOR47	1,74	0,56			
R50	1,67	0,67				T50.8	1,60	0,60
R63	1,66	0,66	FOR60	1,50	0,45	T61.0	1,71	0,36
R80	2,00	0,50				T73.7	1,90	0,33
			FOR100	1,56	0,23			

Table 1 – Comparison of ratios d_1/d_2 and h/d_2 for the three series

IEC 778/97

Europe			Japan			USA		
R	d_1/d_2	h/d_2	FOR	d_1/d_2	h/d_2	T	d_1/d_2	h/d_2
R2,5	1,67	0,67				T2.5	1,69	0,66
R4	1,82	0,73				T3.9	1,76	0,57
						T4.8	2,11	0,55
R6,3	1,66	0,66				T5.8	1,91	0,50
						T7.6	2,40	1,50
R10	1,67	0,67	FOR10	2,00	1,00	T9.5	2,00	0,67
R12,5	1,67	0,67	FOR12	2,00	0,67	T12.7	1,60	0,80
			FOR14	2,00	0,57			
R16	1,67	0,66	FOR16	1,60	0,80	T15.9	1,79	0,53
			FOR18	1,80	1,00			
			FOR19	1,90	1,05			
R20	2,00	0,70	FOR20	1,67	0,83			
			FOR22	1,57	0,71	T22.1	1,61	0,46
R25	1,67	0,67	FOR25	1,67	0,80	T25.4	1,64	0,62
			FOR28	1,75	0,81	T29.0	1,53	0,39
R32	1,66	0,66	FOR31	1,63	0,68			
R36	1,57	0,65				T36.0	1,56	0,66
R40	1,67	0,67	FOR38	2,00	0,68	T38.1	2,00	0,33
R45	1,67	0,67	FOR45	1,48	0,43			
			FOR47	1,74	0,56			
R50	1,67	0,67				T50.8	1,60	0,60
R63	1,66	0,66	FOR60	1,50	0,45	T61.0	1,71	0,36
R80	2,00	0,50				T73.7	1,90	0,33
			FOR100	1,56	0,23			

Tableau 2 – Europe (dimensions)

Dimensions en millimètres

		R2,5	R4,0	R6,3	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R36	R40	R45	R50	R63	R80
d₁	Min.	2,35	3,85	6,1	9,7	12,1	15,5	19,4	24,25	30,5	34,9	38,8	43,65	48,5	61,1	77,6
	Nom.	2,5	4,0	6,3	10	12,5	16,0	20,0	25,0	31,5	36,0	40,0	45,0	50,0	63,0	80,0
	Max.	2,65	4,15	6,5	10,3	12,9	16,5	20,6	25,75	32,5	37,1	41,2	46,35	51,5	64,9	82,4
d₂	Min.	1,35	2,05	3,65	5,8	7,25	9,3	9,7	14,55	18,4	22,3	23,3	26,2	29,1	36,85	38,8
	Nom.	1,5	2,2	3,8	6,0	7,5	9,6	10,0	15,0	19,0	23,0	24,0	27,0	30,0	38,0	40,0
	Max.	1,65	2,35	3,95	6,2	7,75	9,9	10,3	15,45	19,6	23,7	24,7	27,8	30,9	39,15	41,2
h	Min.	0,85	1,45	2,35	3,85	4,85	6,1	6,8	9,7	12,1	14,55	15,5	17,5	19,4	24,25	19,4
	Nom.	1,0	1,6	2,5	4,0	5,0	6,3	7,0	10,0	12,5	15,0	16,0	18,0	20,0	25,0	20,0
	Max.	1,15	1,75	2,65	4,15	5,15	6,5	7,2	10,3	12,9	15,45	16,5	18,5	20,6	25,75	20,6

Tableau 3 – Europe (valeurs du paramètre effectif)

Taille	C ₁ mm ⁻¹	C ₂ mm ⁻³	A _e mm ²	l _e mm	V _e mm ³
R2,5	12,300	25,140	0,489	6,02	2,94
R4	6,568 7	4,699 1	1,40	9,18	12,8
R6,3	4,971 4	1,625 0	3,06	15,2	46,5
R10	3,075 0	0,392 81	7,83	24,1	188
R12,5	2,460 0	0,201 12	12,2	30,1	368
R16	1,952 4	0,098 969	19,7	38,5	760
R20	1,295 0	0,038 504	33,6	43,6	1 460
R25	1,230 0	0,025 140	48,9	60,2	2 940
R32	0,994 28	0,013 000	76,5	76,0	5 820
R36	0,934 95	0,009 750 7	95,9	89,6	8 600
R40	0,768 75	0,006 137 6	125	96,3	12 100
R45	0,683 34	0,004 310 7	159	108	17 200
R50	0,615 00	0,003 142 5	196	120	23 600
R63	0,497 14	0,001 625 0	306	152	46 500
R80	0,453 24	0,001 179 2	384	174	67 000

Table 2 – Europe (dimensions)

Dimensions in millimetres

		R2,5	R4,0	R6,3	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R36	R40	R45	R50	R63	R80
d_1	Min.	2,35	3,85	6,1	9,7	12,1	15,5	19,4	24,25	30,5	34,9	38,8	43,65	48,5	61,1	77,6
	Nom.	2,5	4,0	6,3	10	12,5	16,0	20,0	25,0	31,5	36,0	40,0	45,0	50,0	63,0	80,0
	Max.	2,65	4,15	6,5	10,3	12,9	16,5	20,6	25,75	32,5	37,1	41,2	46,35	51,5	64,9	82,4
d_2	Min.	1,35	2,05	3,65	5,8	7,25	9,3	9,7	14,55	18,4	22,3	23,3	26,2	29,1	36,85	38,8
	Nom.	1,5	2,2	3,8	6,0	7,5	9,6	10,0	15,0	19,0	23,0	24,0	27,0	30,0	38,0	40,0
	Max.	1,65	2,35	3,95	6,2	7,75	9,9	10,3	15,45	19,6	23,7	24,7	27,8	30,9	39,15	41,2
h	Min.	0,85	1,45	2,35	3,85	4,85	6,1	6,8	9,7	12,1	14,55	15,5	17,5	19,4	24,25	19,4
	Nom.	1,0	1,6	2,5	4,0	5,0	6,3	7,0	10,0	12,5	15,0	16,0	18,0	20,0	25,0	20,0
	Max.	1,15	1,75	2,65	4,15	5,15	6,5	7,2	10,3	12,9	15,45	16,5	18,5	20,6	25,75	20,6

Table 3 – Europe (effective parameter values)

Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	A_e mm ²	l_e mm	V_e mm ³
R2,5	12,300	25,140	0,489	6,02	2,94
R4	6,568 7	4,699 1	1,40	9,18	12,8
R6,3	4,971 4	1,625 0	3,06	15,2	46,5
R10	3,075 0	0,392 81	7,83	24,1	188
R12,5	2,460 0	0,201 12	12,2	30,1	368
R16	1,952 4	0,098 969	19,7	38,5	760
R20	1,295 0	0,038 504	33,6	43,6	1 460
R25	1,230 0	0,025 140	48,9	60,2	2 940
R32	0,994 28	0,013 000	76,5	76,0	5 820
R36	0,934 95	0,009 750 7	95,9	89,6	8 600
R40	0,768 75	0,006 137 6	125	96,3	12 100
R45	0,683 34	0,004 310 7	159	108	17 200
R50	0,615 00	0,003 142 5	196	120	23 600
R63	0,497 14	0,001 625 0	306	152	46 500
R80	0,453 24	0,001 179 2	384	174	67 000

Tableau 4 – Japon (dimensions)

Dimensions en millimètres

		FOR10	FOR12	FOR14	FOR16	FOR18	FOR19	FOR20	FOR22	FOR25	FOR28	FOR31	FOR38	FOR45	FOR47	FOR60	FOR100
d_1	Min.	9,8	11,7	13,7	15,7	17,6	18,1	19,6	21,6	24,5	27,4	30,4	37,3	43,6	46	58,8	98
	Nom.	10	12	14	16	18	18,5	20,0	22	25	28	31	38	44,5	47	60	100
	Max.	10,2	12,3	14,3	16,3	18,4	18,9	20,4	22,4	25,5	28,6	31,6	38,7	45,4	48	61,2	102
d_2	Min.	4,8	5,8	6,8	9,7	9,7	9,5	11,7	13,6	14,6	15,6	18,5	18,5	29,4	26,4	39,2	62,8
	Nom.	5,0	6,0	7,0	10	10	9,8	12	14	15	16	19	19	30	27	40	64
	Max.	5,2	6,2	7,2	10,3	10,3	10,1	12,3	14,4	15,4	16,4	19,5	19,5	30,6	27,6	40,8	65,2
h	Min.	4,85	3,85	3,85	7,7	9,7	10	9,7	9,7	11,6	12,6	12,6	12,6	12,6	14,4	17,4	14,4
	Nom.	5,0	4,0	4,0	8,0	10	10,3	10	10	12	13	13	13	13	15	18	15
	Max.	5,15	4,15	5,15	8,3	10,3	10,6	10,3	10,3	12,4	13,4	13,4	13,4	13,4	15,6	18,6	15,6

Tableau 5 – Japon (valeurs du paramètre effectif)

Taille	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	A_e mm ²	I_e mm	V_e mm ³
FOR10	1,812 9	0,150 94	12,0	21,8	262
FOR12	2,266 2	0,196 53	11,5	26,1	301
FOR14	2,266 2	0,168 46	13,5	30,5	410
FOR16	1,671 0	0,070 918	23,6	39,4	928
FOR18	1,069 0	0,027 502	38,9	41,5	1 610
FOR19	0,960 07	0,022 158	43,3	41,6	1 800
FOR20	1,230 0	0,031 425	39,1	48,1	1 880
FOR22	1,390 1	0,035 349	39,3	54,7	2 150
FOR25	1,025 0	0,017 458	58,7	60,2	3 530
FOR28	0,863 67	0,011 365	76,0	65,6	4 990
FOR31	0,987 28	0,012 912	76,5	75,5	5 770
FOR38	0,697 29	0,005 875 7	119	82,7	9 820
FOR45	1,225 8	0,013 175	93,0	114	10 600
FOR47	0,755 68	0,005 168 2	146	110	16 200
FOR60	0,860 90	0,004 848 7	178	153	27 100
FOR100	0,938 59	0,003 534 3	266	249	66 200

Table 4 – Japan (dimensions)

Dimensions in millimetres

		FOR10	FOR12	FOR14	FOR16	FOR18	FOR19	FOR20	FOR22	FOR25	FOR28	FOR31	FOR38	FOR45	FOR47	FOR60	FOR100
d_1	Min.	9,8	11,7	13,7	15,7	17,6	18,1	19,6	21,6	24,5	27,4	30,4	37,3	43,6	46	58,8	98
	Nom.	10	12	14	16	18	18,5	20,0	22	25	28	31	38	44,5	47	60	100
	Max.	10,2	12,3	14,3	16,3	18,4	18,9	20,4	22,4	25,5	28,6	31,6	38,7	45,4	48	61,2	102
d_2	Min.	4,8	5,8	6,8	9,7	9,7	9,5	11,7	13,6	14,6	15,6	18,5	18,5	29,4	26,4	39,2	62,8
	Nom.	5,0	6,0	7,0	10	10	9,8	12	14	15	16	19	19	30	27	40	64
	Max.	5,2	6,2	7,2	10,3	10,3	10,1	12,3	14,4	15,4	16,4	19,5	19,5	30,6	27,6	40,8	65,2
h	Min.	4,85	3,85	3,85	7,7	9,7	10	9,7	9,7	11,6	12,6	12,6	12,6	12,6	14,4	17,4	14,4
	Nom.	5,0	4,0	4,0	8,0	10	10,3	10	10	12	13	13	13	13	15	18	15
	Max.	5,15	4,15	5,15	8,3	10,3	10,6	10,3	10,3	12,4	13,4	13,4	13,4	13,4	15,6	18,6	15,6

Table 5 – Japan (effective parameter values)

Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	A_e mm ²	l_e mm	V_e mm ³
FOR10	1,812 9	0,150 94	12,0	21,8	262
FOR12	2,266 2	0,196 53	11,5	26,1	301
FOR14	2,266 2	0,168 46	13,5	30,5	410
FOR16	1,671 0	0,070 918	23,6	39,4	928
FOR18	1,069 0	0,027 502	38,9	41,5	1 610
FOR19	0,960 07	0,022 158	43,3	41,6	1 800
FOR20	1,230 0	0,031 425	39,1	48,1	1 880
FOR22	1,390 1	0,035 349	39,3	54,7	2 150
FOR25	1,025 0	0,017 458	58,7	60,2	3 530
FOR28	0,863 67	0,011 365	76,0	65,6	4 990
FOR31	0,987 28	0,012 912	76,5	75,5	5 770
FOR38	0,697 29	0,005 875 7	119	82,7	9 820
FOR45	1,225 8	0,013 175	93,0	114	10 600
FOR47	0,755 68	0,005 168 2	146	110	16 200
FOR60	0,860 90	0,004 848 7	178	153	27 100
FOR100	0,938 59	0,003 534 3	266	249	66 200

Tableau 6 – Etats-Unis (dimensions)

Dimensions en millimètres

		T2.5	T3.9	T4.8	T5.8	T7.6	T9.5	T12.7	T15.9	T22.1	T25.4	T29.0	T36.0	T38.1	T50.8	T61.0	T73.7
d_1	Min.	2,41	3,81	4,7	5,66	7,42	9,33	12,4	15,52	21,64	24,64	28,25	35,24	37,08	49,53	59,69	72,14
	Nom.	2,54	3,94	4,83	5,84	7,62	9,53	12,7	15,88	22,1	25,4	29,01	36	38,1	50,8	60,96	73,66
	Max.	2,67	4,07	4,96	6,02	7,82	9,73	13	16,24	22,56	26,16	29,77	36,76	39,12	52,07	62,23	75,18
d_2	Min.	1,42	2,16	2,21	2,92	3,05	4,62	7,72	8,69	13,42	15,13	18,59	22,5	18,64	30,99	34,8	37,84
	Nom.	1,5	2,24	2,29	3,05	3,18	4,75	7,92	8,89	13,72	15,49	19	23,01	19,05	31,75	35,56	38,86
	Max.	1,58	2,32	2,37	3,18	3,31	4,88	8,12	9,09	14,02	15,85	19,41	23,52	19,46	32,51	36,32	39,88
h	Min.	0,91	1,19	1,19	1,44	4,65	3,05	6,17	4,57	6,17	9,33	7,31	14,88	6,17	18,64	12,4	12,4
	Nom.	0,99	1,27	1,27	1,52	4,78	3,18	6,35	4,7	6,35	9,53	7,49	15,24	6,35	19,05	12,7	12,7
	Max.	1,07	1,35	1,35	1,6	4,91	3,31	6,53	4,83	6,53	9,73	7,67	15,6	6,53	19,46	13	13

Tableau 7 – Etats-Unis (valeurs du paramètre effectif)

Taille	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	A_e mm ²	I_e mm	V_e mm ³
T2.5	12,050	23,953	0,503	6,06	3,05
T3.9	8,761 0	8,333 8	1,05	9,21	9,68
T4.8	6,629 3	4,304 5	1,54	10,2	15,7
T5.8	6,363 5	3,108 1	2,05	13,0	26,7
T7.6	1,504 2	0,151 00	9,96	15,0	149
T9.5	2,837 6	0,368 69	7,30	20,7	151
T12.7	2,095 4	0,140 65	14,9	31,2	465
T15.9	2,304 4	0,144 26	16,0	36,8	588
T22.1	2,075 6	0,079 499	26,1	54,2	1 410
T25.4	1,333 1	0,028 812	46,3	61,7	2 850
T29.0	1,982 2	0,053 671	36,9	73,2	2 700
T36.0	0,921 12	0,009 462 1	97,3	89,7	8 730
T38.1	1,427 5	0,024 562	58,1	83,0	4 820
T50.8	0,701 75	0,003 939 2	178	125	22 300
T61.0	0,917 89	0,005 830 0	157	145	22 800
T73.7	0,773 64	0,003 621 9	214	165	35 300

Table 6 – USA (dimensions)

Dimensions in millimetres

		T2.5	T3.9	T4.8	T5.8	T7.6	T9.5	T12.7	T15.9	T22.1	T25.4	T29.0	T36.0	T38.1	T50.8	T61.0	T73.7
d_1	Min.	2,41	3,81	4,7	5,66	7,42	9,33	12,4	15,52	21,64	24,64	28,25	35,24	37,08	49,53	59,69	72,14
	Nom.	2,54	3,94	4,83	5,84	7,62	9,53	12,7	15,88	22,1	25,4	29,01	36	38,1	50,8	60,96	73,66
	Max.	2,67	4,07	4,96	6,02	7,82	9,73	13	16,24	22,56	26,16	29,77	36,76	39,12	52,07	62,23	75,18
d_2	Min.	1,42	2,16	2,21	2,92	3,05	4,62	7,72	8,69	13,42	15,13	18,59	22,5	18,64	30,99	34,8	37,84
	Nom.	1,5	2,24	2,29	3,05	3,18	4,75	7,92	8,89	13,72	15,49	19	23,01	19,05	31,75	35,56	38,86
	Max.	1,58	2,32	2,37	3,18	3,31	4,88	8,12	9,09	14,02	15,85	19,41	23,52	19,46	32,51	36,32	39,88
h	Min.	0,91	1,19	1,19	1,44	4,65	3,05	6,17	4,57	6,17	9,33	7,31	14,88	6,17	18,64	12,4	12,4
	Nom.	0,99	1,27	1,27	1,52	4,78	3,18	6,35	4,7	6,35	9,53	7,49	15,24	6,35	19,05	12,7	12,7
	Max.	1,07	1,35	1,35	1,6	4,91	3,31	6,53	4,83	6,53	9,73	7,67	15,6	6,53	19,46	13	13

Table 7 – USA (effective parameter values)

Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	A_e mm ²	l_e mm	V_e mm ³
T2.5	12,050	23,953	0,503	6,06	3,05
T3.9	8,761 0	8,333 8	1,05	9,21	9,68
T4.8	6,629 3	4,304 5	1,54	10,2	15,7
T5.8	6,363 5	3,108 1	2,05	13,0	26,7
T7.6	1,504 2	0,151 00	9,96	15,0	149
T9.5	2,837 6	0,388 69	7,30	20,7	151
T12.7	2,095 4	0,140 65	14,9	31,2	465
T15.9	2,304 4	0,144 26	16,0	36,8	588
T22.1	2,075 6	0,079 499	26,1	54,2	1 410
T25.4	1,333 1	0,028 812	46,3	61,7	2 850
T29.0	1,982 2	0,053 671	36,9	73,2	2 700
T36.0	0,921 12	0,009 462 1	97,3	89,7	8 730
T38.1	1,427 5	0,024 562	58,1	83,0	4 820
T50.8	0,701 75	0,003 939 2	178	125	22 300
T61.0	0,917 89	0,005 830 0	157	145	22 800
T73.7	0,773 64	0,003 621 9	214	165	35 300

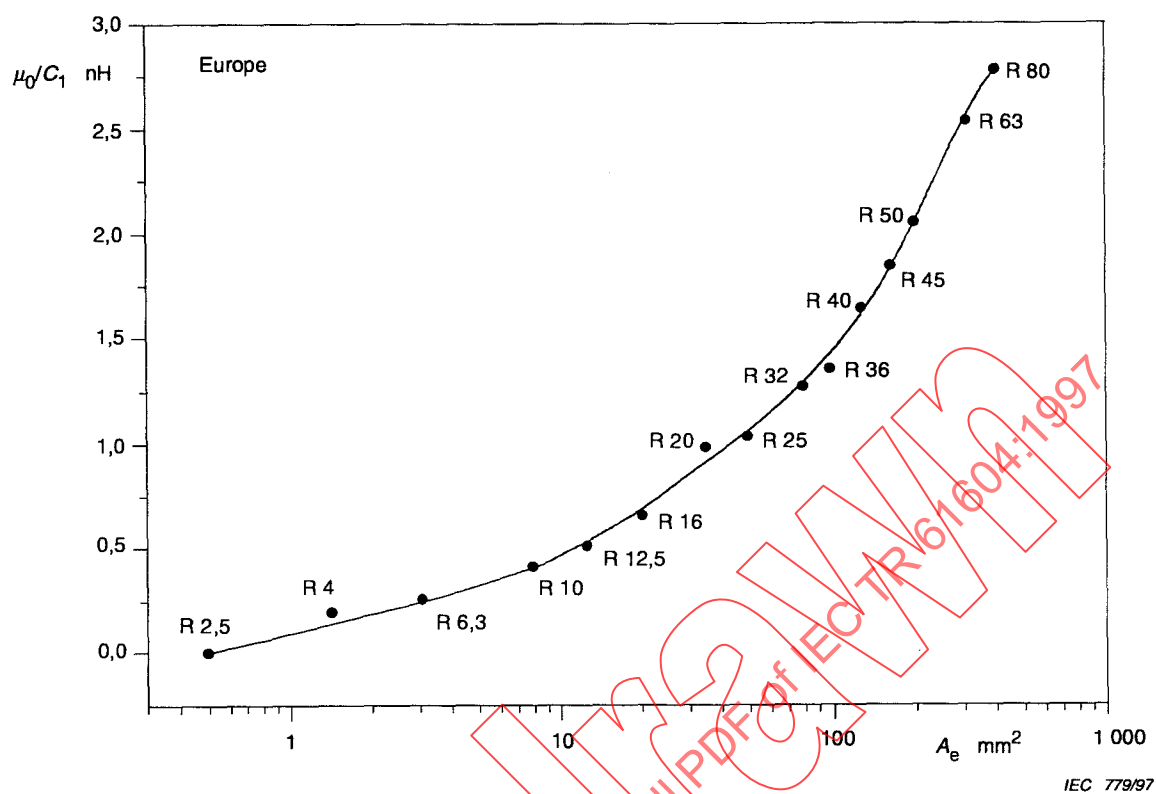


Figure 1 – Europe (relation entre A_e et μ_0/C_1)

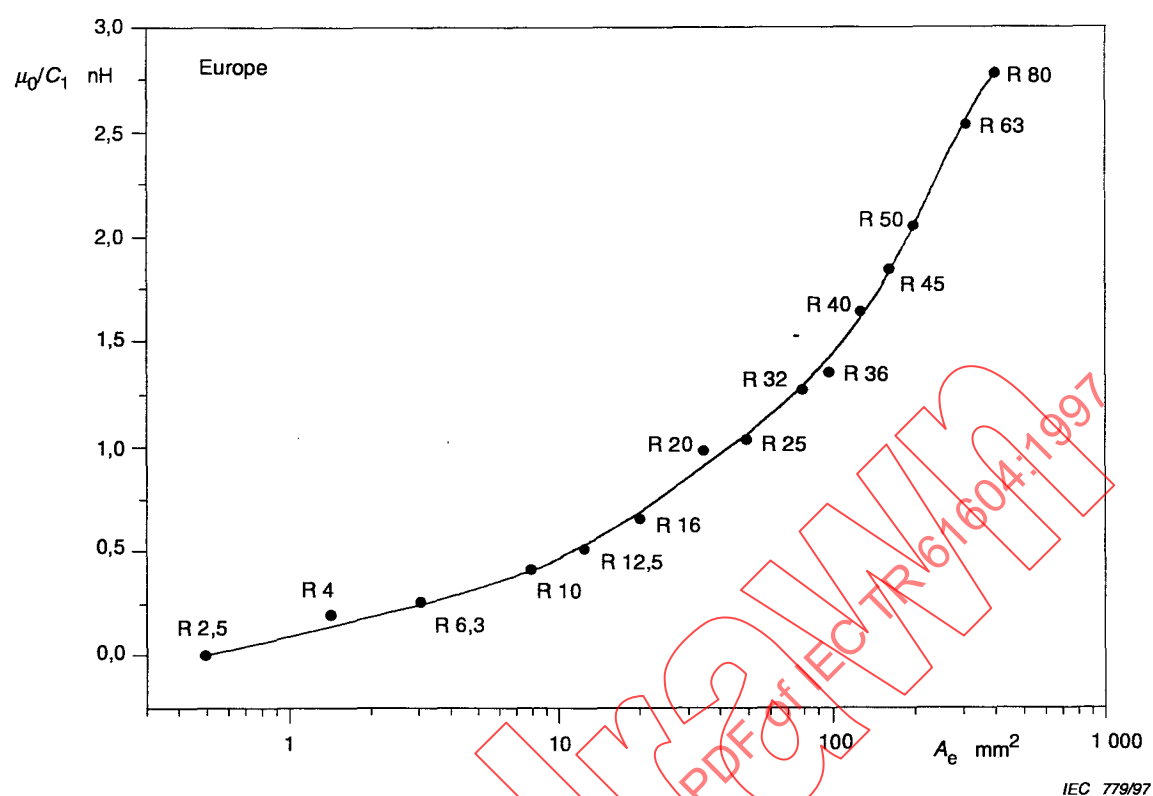


Figure 1 – Europe (relationship between A_e and μ_0/C_1)

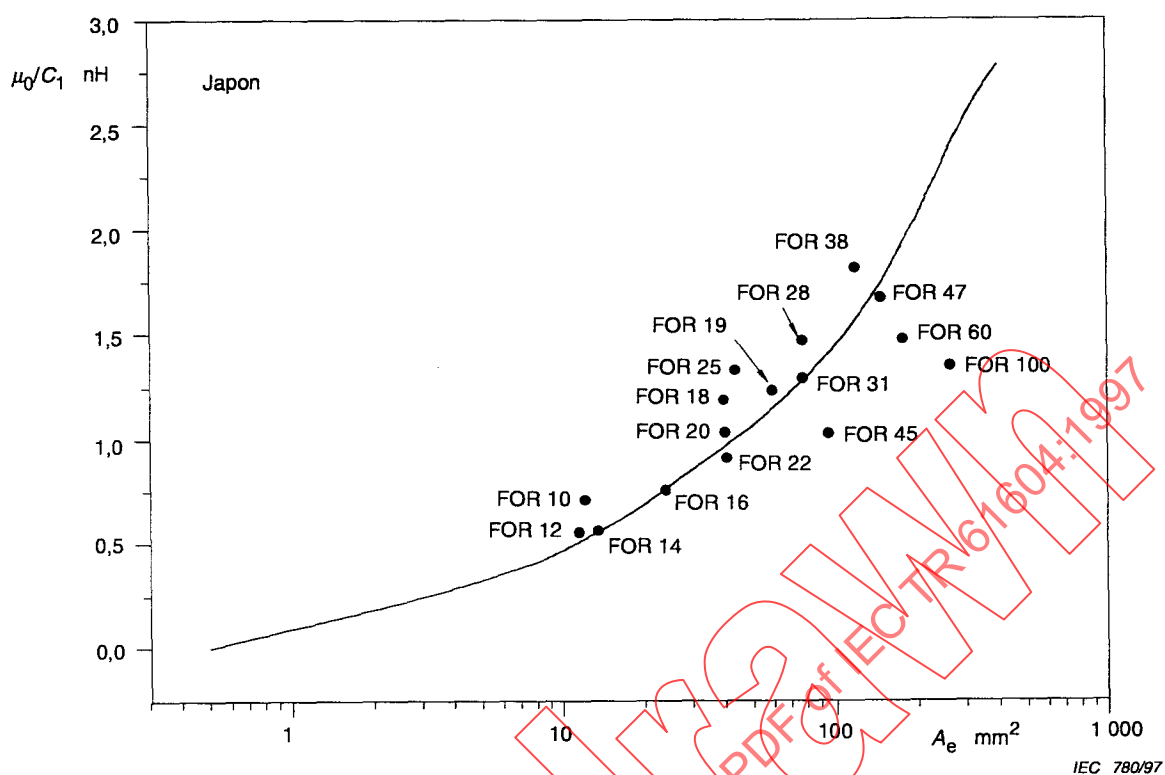


Figure 2 – Japon (relation entre A_e et μ_0/C_1)

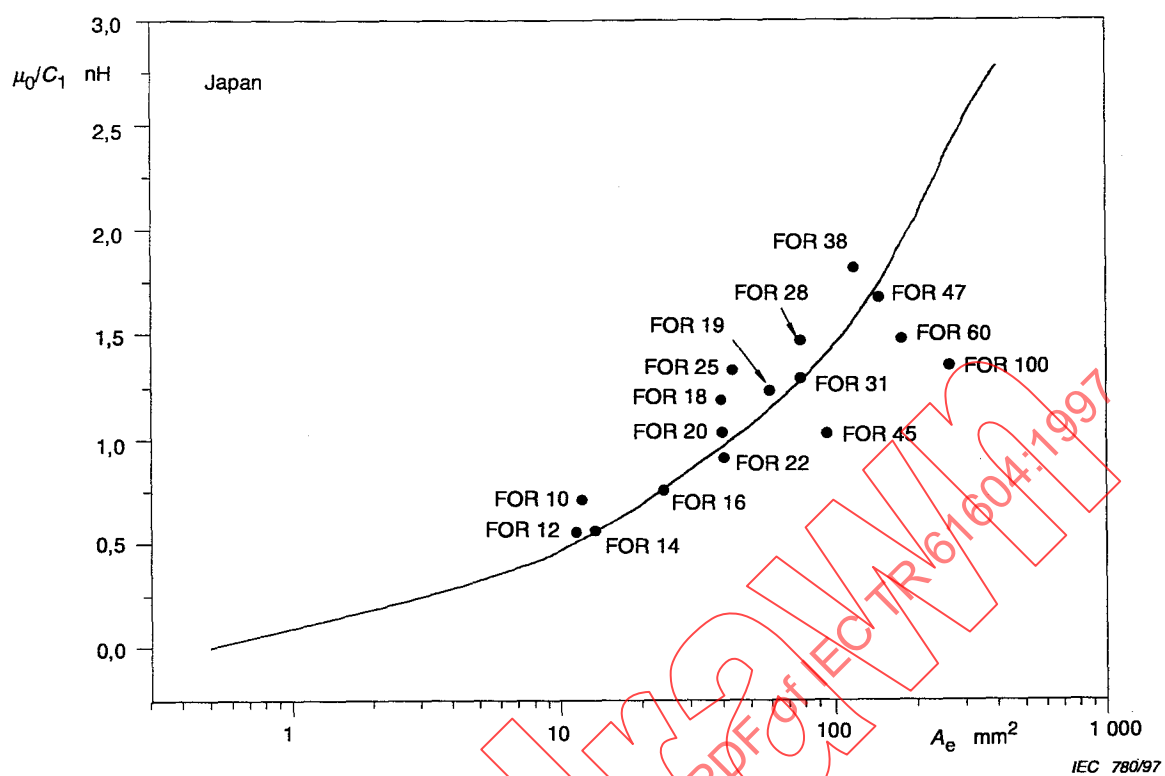


Figure 2 – Japan (relationship between A_e and μ_0/C_1)

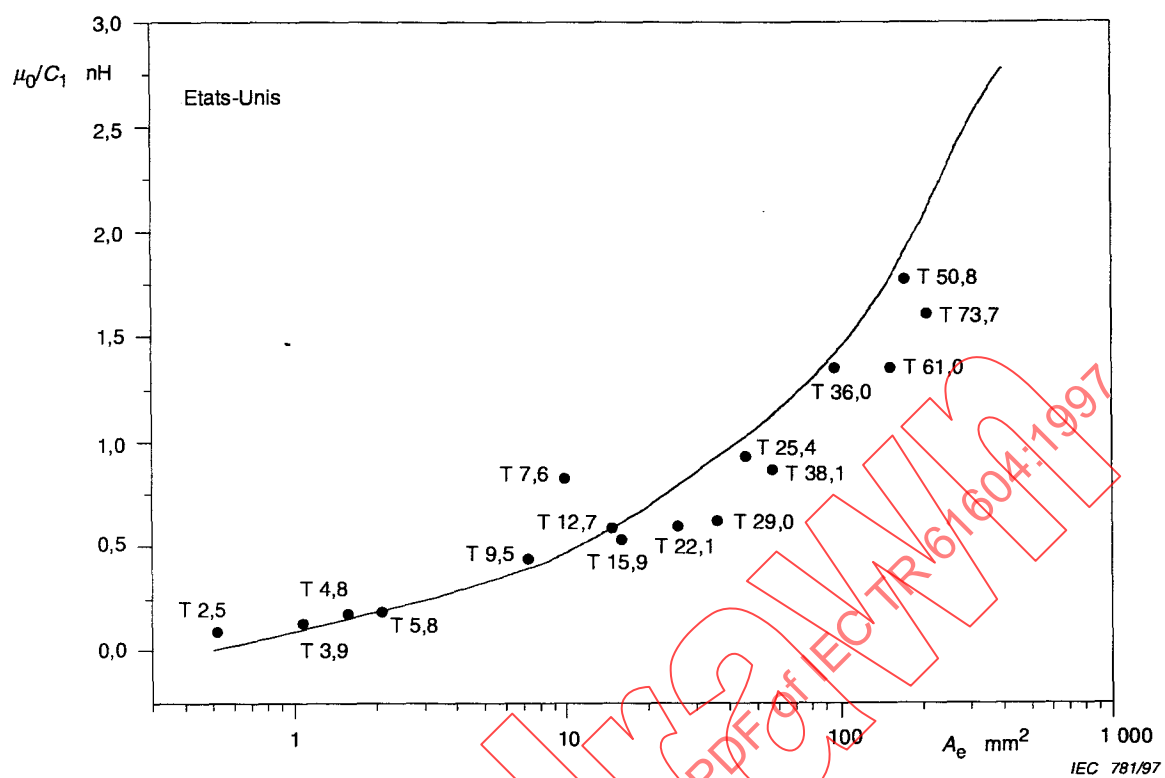


Figure 3 – Etats-Unis (relation entre A_e et μ_0/C_1)