

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60740**

Première édition  
First edition  
1982-01

---

---

**Tôles découpées pour transformateurs et  
inductances destinées aux équipements  
électroniques et de télécommunications**

**Laminations for transformers and inductors  
for use in telecommunication and electronic  
equipment**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60740: 1982

## Numéros des publications

Depuis le 1er 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.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60740

Première édition  
First edition  
1982-01

---

---

**Tôles découpées pour transformateurs et  
inductances destinées aux équipements  
électroniques et de télécommunications**

**Laminations for transformers and inductors  
for use in telecommunication and electronic  
equipment**

© IEC 1982 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 Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

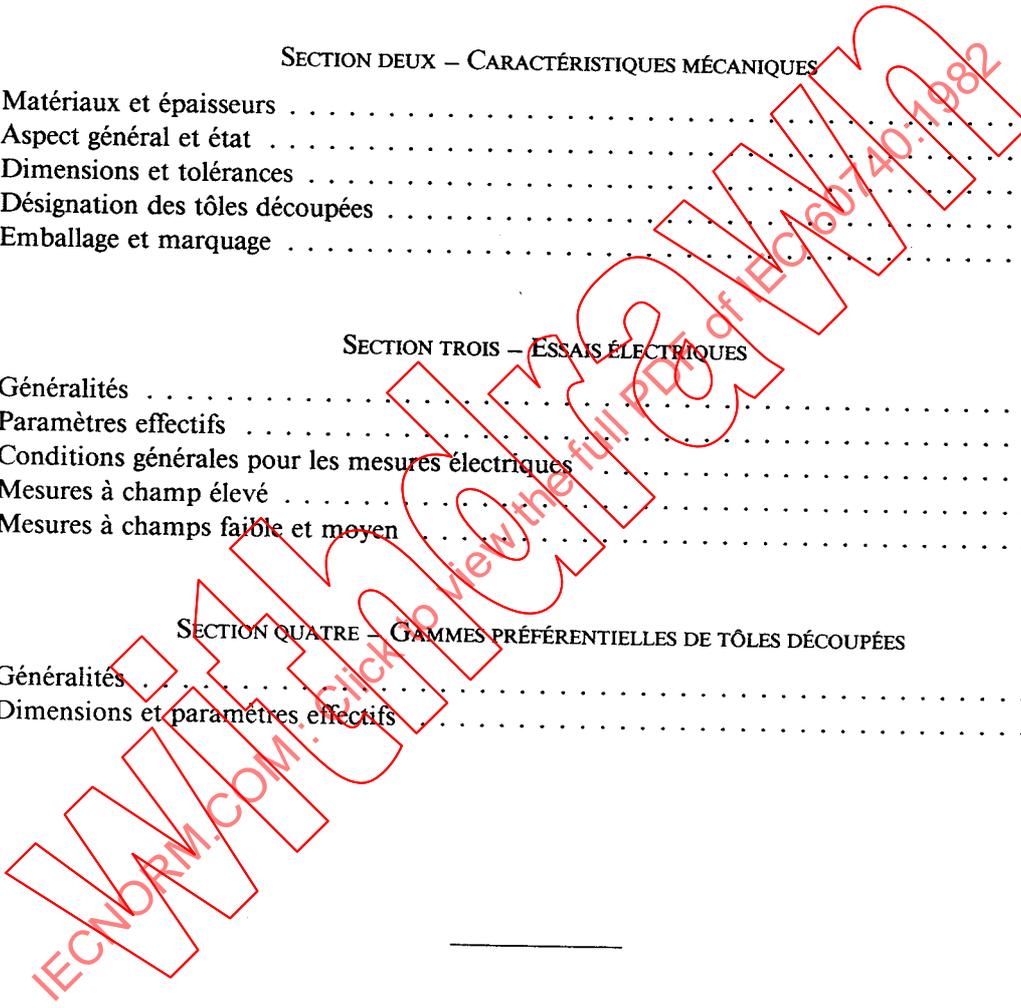
CODE PRIX  
PRICE CODE

T

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	4
PRÉFACE .....	4
Articles	
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application .....	8
2. Termes et définitions .....	8
SECTION DEUX – CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES	
3. Matériaux et épaisseurs .....	10
4. Aspect général et état .....	12
5. Dimensions et tolérances .....	12
6. Désignation des tôles découpées .....	14
7. Emballage et marquage .....	14
SECTION TROIS – ESSAIS ÉLECTRIQUES	
8. Généralités .....	16
9. Paramètres effectifs .....	16
10. Conditions générales pour les mesures électriques .....	18
11. Mesures à champ élevé .....	20
12. Mesures à champs faible et moyen .....	24
SECTION QUATRE – GAMMES PRÉFÉRENTIELLES DE TÔLES DÉCOUPÉES	
13. Généralités .....	28
14. Dimensions et paramètres effectifs .....	30



## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
Clause	
SECTION ONE – GENERAL	
1. Scope .....	9
2. Terms and definitions .....	9
SECTION TWO – MECHANICAL CHARACTERISTICS	
3. Materials and thicknesses .....	11
4. General appearance and conditions .....	13
5. Dimensions and tolerances .....	13
6. Designation of laminations .....	15
7. Packaging and marking .....	15
SECTION THREE – ELECTRICAL TESTS	
8. General .....	17
9. Effective parameters .....	17
10. General conditions for electrical measurements .....	19
11. Measurements at high field strength .....	21
12. Measurements at low and medium field strengths .....	25
SECTION FOUR – PREFERRED RANGES OF LAMINATIONS	
13. General .....	29
14. Dimensions and effective parameters .....	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**TÔLES DÉCOUPÉES POUR TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES  
DESTINÉES AUX ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES  
ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

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

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Un premier projet concernant les tôles découpées fut discuté lors de la réunion tenue à Leningrad en 1971. Les projets subséquents furent discutés lors des réunions tenues à Zurich en 1974 et à La Haye en 1975. A la suite de cette dernière réunion, il fut décidé que les gammes préférentielles des tôles découpées seraient traitées séparément; un projet contenant le reste du texte, document 51(Bureau Central)196, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six mois en février 1977.

Des modifications, document 51(Bureau Central)225, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Danemark	Italie
Allemagne	Egypte	Japon
Autriche	Espagne	Pologne
Belgique	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Canada	France	Suède
Corée (République de)	Hongrie	Suisse
		Turquie

Le projet concernant les gammes préférentielles des tôles découpées et formant la section quatre de la présente publication, fut diffusé suivant la Procédure Accélérée en octobre 1979, et, en tant que document 51(Bureau Central)232, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1980.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de la section quatre:

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Allemagne	Hongrie	Suède
Belgique	Israël	Suisse
Egypte	Nouvelle-Zélande	Turquie
Espagne	Pologne	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LAMINATIONS FOR TRANSFORMERS AND INDUCTORS  
FOR USE IN TELECOMMUNICATION  
AND ELECTRONIC EQUIPMENT**

## 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 standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 51: Magnetic Components and Ferrite Materials.

A first draft on laminations was discussed at the meeting held in Leningrad in 1971. Subsequent drafts were discussed at Zurich in 1974 and The Hague in 1975. As a result of this latter meeting, it was decided that the preferred ranges of laminations should be dealt with separately: a draft containing the remainder of the text, Document 51(Central Office)196, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1977.

Amendments, Document 51(Central Office)225, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Hungary	Spain
Belgium	Italy	Sweden
Canada	Japan	Switzerland
Denmark	Korea (Republic of)	Turkey
Egypt	Poland	United Kingdom
France	South Africa	United States of America
Germany	(Republic of)	

Section Four of this publication, containing the preferred ranges of laminations, was circulated under the Accelerated Procedure in October 1979, and as Document 51(Central Office)232, was subsequently submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of the publication of Section Four:

Belgium	Poland	Turkey
Egypt	South Africa	Union of Soviet
Germany	(Republic of)	Socialist Republics
Hungary	Spain	United Kingdom
Israel	Sweden	United States of America
New Zealand	Switzerland	

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications n<sup>os</sup> 50(901): Edition anticipée du Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.),  
Chapitre 901: Magnétisme.
- 50(901B): Deuxième complément à la Publication 50(901) (1973).
- 68-1: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités.
- 205: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques.
- 404: Matériaux magnétiques.
- 404-1: Première partie: Classification.
- 404-2: Deuxième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques, électriques et physiques des tôles et feuillets magnétiques.

*Autres publications citées dans la présente norme:*

- Recommandation ISO/R 286: Système ISO de tolérances et d'ajustements — Partie 1: Généralités, tolérances et écarts.
- Recommandation ISO/R 1101/1: Dessins techniques. Tolérances de forme et tolérances de position — Partie 1: Généralités, symboles, indications sur les dessins.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60740:1982

Without watermark

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 50(901): Advance edition of the International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 901: Magnetism.
- 50(901B): Second supplement to Publication 50(901) (1973).
- 68-1: Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General.
- 205: Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts.
- 404: Magnetic Materials.
- 404-1: Part 1: Classification.
- 404-2: Part 2: Methods of Measurement of Magnetic, Electrical and Physical Properties of Magnetic Sheet and Strip.

*Other Publications quoted in this standard:*

- ISO Recommendation 286: ISO System of Limits and Fits - Part 1: General, Tolerances and Deviations.
- ISO Recommendation 1101/1: Technical Drawings. — Tolerances of Form and Position — Part 1: Generalities, Symbols, Indications on Drawings.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60740:1982

Without watermark

# TÔLES DÉCOUPÉES POUR TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES DESTINÉES AUX ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS

## SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

### 1. Domaine d'application

La présente norme spécifie les dimensions préférentielles ainsi que les tolérances correspondantes des tôles découpées de diverses formes fabriquées avec du feuillard magnétique ou dans des alliages de composition et d'épaisseur spécifiées, leur marquage et emballage ainsi que des méthodes d'essai simples permettant de déterminer les propriétés électriques des circuits ainsi réalisés.

Les transformateurs et les inductances utilisés dans le matériel pour l'électronique et les télécommunications constituent la principale application des tôles découpées conformes à cette spécification.

### 2. Termes et définitions

#### 2.1 Termes généraux

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans cette norme, se référer à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.) et en particulier à la Publication 50(901): Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 901: Magnétisme, et à la Publication 50(901B): Deuxième complément à la Publication 50(901) (1973).

*Note.* — Dans cette norme, «orienté» est utilisé comme abréviation de «à grains orientés» (V.E.I. 901-01-39). De même, «non orienté» correspond «à grains non orientés».

Pour les besoins de cette norme, les définitions suivantes sont applicables:

#### 2.2 Tôle découpée

Circuit produit à partir d'une feuille d'acier ou d'alliage magnétique constitué habituellement d'une pièce ou de deux pièces assemblées et formant un circuit élémentaire complet d'un noyau feuilleté.

#### 2.3 Facteur de foisonnement $a$

Rapport entre la section transversale métallique et la section transversale totale de l'empilage ou de la bande enroulée (V.E.I. 901-04-36).

# LAMINATIONS FOR TRANSFORMERS AND INDUCTORS FOR USE IN TELECOMMUNICATION AND ELECTRONIC EQUIPMENT

## SECTION ONE — GENERAL

### 1. Scope

This standard specifies the preferred sizes, and their associated tolerances, of laminations of various shapes, made from magnetic sheets or alloys of specified composition and thicknesses, their marking and packing, and also simple test methods for determining the electrical properties of cores made from such laminations.

The principal application for laminations complying with this specification is for transformers and inductors used in telecommunications and electronic equipment employing similar techniques.

### 2. Terms and definitions

#### 2.1 General terms

For the definitions of the general terms used in this standard, reference should be made to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.) and in particular to Publication 50(901): International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 901: Magnetism, and Publication 50(901B): Second supplement to Publication 50(901) (1973).

*Note.* — In this standard “oriented” is used a convenient abbreviation for “grain-oriented” (I.E.V. 901-01-39). Similarly, “non-oriented” implies “not grain-oriented”.

For the purpose of this standard, the following definitions apply:

#### 2.2 Lamination

A lamination as produced from a magnetic steel or alloy sheet, usually consisting of one piece or two pieces together, forming one complete layer of a laminated core.

#### 2.3 Stacking factor $a$

The ratio of the metal cross-section to the total stack or built-up cross-section (I.E.V. 901-04-36).

*Note.* — The terms “lamination factor” or “space factor” are sometimes used instead of “stacking factor”.

SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

3. Matériaux et épaisseurs

3.1 Matériaux

Les tôles découpées doivent être fabriquées avec l'un des matériaux spécifiés au tableau I.

TABLEAU I

*Aciers et alliages magnétiques utilisés pour les tôles*

Matériau (voir la Publication 404-1 de la CEI*)	Désignation	Composition approximative s'ajoutant au fer
Acier doux à faible teneur en carbone	B	—
Acier au silicium non orienté	C21	0,5% à 4,5% silicium
Acier au silicium orienté	C22	3% silicium
Alliages fer-nickel	E1	72% à 83% nickel
	E3	45% à 50% nickel (orienté et non orienté)
	E4	35% à 40% nickel
Alliages fer-cobalt	F1	47% à 50% cobalt (isotrope)

\* Matériaux magnétiques. Première partie: Classification.

3.2 Epaisseur nominale

L'épaisseur des tôles découpées doit être choisie parmi l'une des valeurs spécifiées au tableau II, en fonction du matériau utilisé.

TABLEAU II

*Épaisseurs des tôles découpées*

Désignation du matériau	Épaisseurs en millimètres (voir note 1)								
	0,65	0,50	0,35	0,30	0,27	0,20	0,15	0,10	0,05
B, C21	⊗	X	X					⊗	
C22 (voir note 2)			X	X	X		X	X	⊗
E1, E3, E4 & F1			X	⊗		X	⊗	X	⊗
E3 orienté								X	⊗

Notes 1. — X indique une valeur préférentielle.

2. — N'importe quelle valeur entre 0,27 mm et 0,35 mm est une valeur préférentielle; ce cas résulte du fait que plusieurs types de matériaux sont fabriqués en différentes épaisseurs.

## SECTION TWO – MECHANICAL CHARACTERISTICS

## 3. Materials and thicknesses

## 3.1 Materials

Laminations shall be made from one of the materials specified in Table I.

TABLE I

*Magnetic steel and alloys used for laminations*

Material (see IEC Publication 404-1*)	Designation	Approximate composition in addition to iron
Low carbon mild steel	B	
Silicon steel, non-oriented	C21	0.5% to 4.5% silicon
Silicon steel, oriented	C22	3% silicon
Nickel-iron alloys	E1	72% to 83% nickel
	E3	45% to 50% nickel (both oriented and non-oriented)
	E4	35% to 40% nickel
Iron-cobalt alloys	F1	47% to 50% cobalt (isotropic)

\* Magnetic Materials, Part 1: Classification

## 3.2 Nominal thickness

Lamination thickness shall be selected from one of the values specified in Table II, according to the material in use.

TABLE II

*Lamination thickness*

Material designation	Thickness in millimetres (see Note 1)								
	0.65	0.50	0.35	0.30	0.27	0.20	0.15	0.10	0.05
B, C21	⊗	X	X					⊗	
C22 (see Note 2)			X	X	X		X	X	⊗
E1, E3, E4 & F1			X	⊗		X	⊗	X	⊗
E3 oriented								X	⊗

Notes 1. – X indicates a preferred value.

2. – Any thickness within the range 0.27 mm to 0.35 mm is a preferred value; this arises because several grades of material are produced in different thicknesses.

3.3 *Facteur de foisonnement nominal*

Pour des paquets de tôles découpées imbriquées une par une et soumises à une pression uniforme de 15 kN/m<sup>2</sup> exercée perpendiculairement au plan des tôles découpées, les facteurs de foisonnement ne doivent pas être inférieurs aux valeurs spécifiées au tableau III en fonction du matériau utilisé et de son épaisseur nominale.

TABLEAU III  
*Epaisseurs des matériaux et facteurs de foisonnement*

Epaisseur des matériaux (mm)	Facteur de foisonnement nominal		
	Acier doux à faible teneur en carbone et fer-silicium non orienté	Fer-silicium orienté	Alliages fer-nickel et fer-cobalt
0,65	0,95	—	—
0,50	0,95	—	—
0,35	0,94	0,95	0,94
0,30	—	0,94	0,92
0,27	—	0,93	—
0,20	—	—	0,90
0,15	—	0,92	0,87
0,10	0,90	0,90	0,85
0,05	—	0,88	0,80

4. **Aspect général et état**

- 4.1 Les tôles découpées doivent être propres, exemptes de rouille, d'huile et d'autres liquides de coupe. Elles doivent être planes, sans bavures ni gauchissement (pour répondre aux prescriptions du paragraphe 4.3).
- 4.2 Les tôles découpées ayant subi un traitement thermique doivent être exemptes de dépôts de contamination.
- 4.3 L'isolation doit être complète et uniforme.

5. **Dimensions et tolérances**

- 5.1 Les dimensions et tolérances des gammes préférentielles de tôles découpées sont spécifiées dans la section quatre. La tolérance sur l'épaisseur des tôles découpées est la même que celle sur les feuilles.  
Les trous d'assemblage, si nécessaire, doivent être placés aux points d'intersection des lignes centrales des jambes extérieures.
- 5.2 Les tolérances doivent être en accord avec les exigences de la Recommandation ISO/R 286. Les valeurs correspondant aux désignations de référence en tête de chaque colonne des dimensions dans les tableaux de la section quatre sont données au tableau IV.
- 5.3 Les tolérances de symétrie des dimensions *a* et *e* des tableaux de la section quatre par rapport à la ligne médiane de la jambe centrale ne doivent pas dépasser la moitié de la tolérance spécifiée pour la largeur de la jambe centrale (dimension *d*).

*Note.* — Voir aussi Recommandation ISO/R 1101.

### 3.3 Nominal stacking factors

Nominal stacking factors, determined for interleaved stacks of laminations assembled one by one and subjected to a uniform pressure of 15 kN/m<sup>2</sup> perpendicular to the plane of one lamination, shall be not less than the values specified in Table III, according to the material in use and its nominal thickness.

TABLE III

Material thicknesses and stacking factors

Material thickness (mm)	Nominal stacking factors		
	Low carbon mild steel and non-oriented silicon steel	Oriented silicon steel	Nickel-iron and cobalt-iron alloys
0.65	0.95	—	—
0.50	0.95	—	—
0.35	0.94	0.95	0.94
0.30	—	0.94	0.92
0.27	—	0.93	—
0.20	—	—	0.90
0.15	—	0.92	0.87
0.10	0.90	0.90	0.85
0.05	—	0.88	0.80

### 4. General appearance and conditions

- 4.1 Laminations shall be clean, free from rust and oil or cutting fluids. They shall be flat and free from burrs and distortion (to enable the requirements of Sub-clause 4.3 to be met).
- 4.2 Heat treated laminations shall be free from contaminating deposits.
- 4.3 Insulation shall be complete and uniform.

### 5. Dimensions and tolerances

- 5.1 The dimensions and tolerances of the preferred ranges of laminations are specified in Section Four. The tolerance on the lamination thickness equals that for the sheets.

Assembly fixing holes, when necessary, shall be placed at the intersecting points of the centre lines of the outer limbs.

- 5.2 The tolerances shall be in accordance with the requirements of ISO Recommendation R 286. The values corresponding to the reference designations at the head of each column of dimensions in the tables of Section Four are given in Table IV.
- 5.3 The symmetry tolerances of dimensions  $a$  and  $e$  of the tables of Section Four with respect to the centre line of the centre limb shall not exceed half the tolerance specified for the width of the centre limb (dimension  $d$ ).

*Note.* — See also ISO Recommendation R 1101.

- 5.4 Quand des dimensions de tôles découpées plus grandes que celles spécifiées dans les tableaux de la section quatre sont utilisées, les tolérances indiquées en tête des colonnes doivent être applicables. Ces tôles découpées doivent avoir la même forme que celles des tableaux et les rapports indiqués dans ces derniers doivent être maintenus.

TABLEAU IV

Tolérance suivant la Recommandation ISO/R 286

Gamme des dimensions		Lettres codes pour les tolérances									
		IT10		IT11		IT12		IT13		IT14	
		µm	0,001"	µm	0,001"	µm	0,001"	µm	0,001"	µm	0,001"
1-3	0,04-0,12	40	1,6	60	2,5	100	4	140	5,5	250	10
3-6	0,12-0,24	48	1,8	75	3	120	5	180	7	300	12
6-10	0,24-0,40	58	2,2	90	3,5	150	6	220	8	360	14
10-18	0,40-0,71	70	2,8	110	4	180	7	270	11	430	16
18-30	0,71-1,19	84	3,5	130	5	210	8	330	13	520	20
30-50	1,19-1,97	100	4	160	6	250	10	390	15	620	24
50-80	1,97-3,15	120	4,5	190	7	300	12	460	18	740	28
80-120	3,15-4,73	140	5	220	8	350	14	540	21	870	36
120-180	4,73-7,09	160	6	250	10	400	16	630	25	1 000	40
180-250	7,09-9,85	185	7	290	12	460	18	720	28	1 150	44
250-315	9,85-12,41	210	8	320	12	520	20	810	32	1 300	50
315-400	12,41-15,75	230	9	360	14	570	22	890	35	1 400	56
400-500	15,75-19,7	250	10	400	16	630	25	970	38	1 550	60

Explication. Le code de tolérance indique la valeur de la tolérance en fonction de la dimension nominale. Par exemple, dans le tableau X, YEI 1-10, la tolérance sur  $b$  ( $20 \text{ mm} \pm \frac{1}{2} \text{IT}12$ ) est  $\pm \frac{1}{2} \times 210 \text{ µm} = \pm 0,105 \text{ mm}$ ; pour  $e$  ( $20 \text{ mm} \pm \frac{1}{2} \text{IT}14$ ) elle est  $\pm \frac{1}{2} \times 520 \text{ µm} = \pm 0,26 \text{ mm}$ . Dans le tableau XI, YEx 2-2, la tolérance sur  $d$  ( $2,4 \text{ mm} + 0 - \text{IT}11$ ) est  $+ 0 - 0,06 \text{ mm}$ .

## 6. Désignation des tôles découpées

6.1 Toutes les désignations de tôles découpées consistent en une combinaison d'un symbole littéral identifiant la forme et d'un nombre représentant la dimension de la tôle découpée.

6.2 La désignation CEI comprend:

- la lettre Y différenciant la désignation CEI de toutes les désignations nationales existantes;
- une ou plusieurs lettres identifiant la forme;
- un nombre de série permettant de distinguer les différentes gammes désignées par la même lettre;
- un tiret suivi de la largeur approximative  $d$  de la jambe (centrale) en millimètres.

Exemples:

YEI 1-40 (voir tableau X de la section quatre)

YEE 3-20 (voir tableau XIII de la section quatre)

YM 1-23 (voir tableau XVI de la section quatre)

La désignation nationale originale est aussi donnée dans les tableaux de la section quatre.

## 7. Emballage et marquage

7.1 Les tôles découpées doivent être emballées pour le transport de telle manière qu'aucune détérioration ne se produise.

- 5.4 When sizes of laminations are used which are larger than specified in the tables of Section Four, the tolerances indicated in the headings of the columns shall still apply. Such laminations should be of the same shape as those in the tables and the ratios indicated in the tables should be maintained.

TABLE IV

Tolerance according to ISO Recommendation R 286

Size range		Tolerance code letters									
		IT10		IT11		IT12		IT13		IT14	
		$\mu\text{m}$	0.001"	$\mu\text{m}$	0.001"	$\mu\text{m}$	0.001"	$\mu\text{m}$	0.001"	$\mu\text{m}$	0.001"
(mm)	(in)										
1-3	0.04-0.12	40	1.6	60	2.5	100	4	140	5.5	250	10
3-6	0.12-0.24	48	1.8	75	3	120	5	180	7	300	12
6-10	0.24-0.40	58	2.2	90	3.5	150	6	220	8	360	14
10-18	0.40-0.71	70	2.8	110	4	180	7	270	11	430	16
18-30	0.71-1.19	84	3.5	130	5	210	8	330	13	520	20
30-50	1.19-1.97	100	4	160	6	250	10	390	15	620	24
50-80	1.97-3.15	120	4.5	190	7	300	12	460	18	740	28
80-120	3.15-4.73	140	5	220	8	350	14	540	21	870	36
120-180	4.73-7.09	160	6	250	10	400	16	630	25	1 000	40
180-250	7.09-9.85	185	7	290	12	460	18	720	28	1 150	44
250-315	9.85-12.41	210	8	320	12	520	20	810	32	1 300	50
315-400	12.41-15.75	230	9	360	14	570	22	890	35	1 400	56
400-500	15.75-19.7	250	10	400	16	630	25	970	38	1 550	60

*Explanation.* The tolerance code indicates the value of the tolerance in relation to the nominal dimension. For example, in Table X, YEI 1-10, the tolerance on  $b$  ( $20 \text{ mm} \pm \frac{1}{2} \text{ IT12}$ ) is  $\pm \frac{1}{2} \times 210 \mu\text{m} = \pm 0.105 \text{ mm}$ ; for  $e$  ( $20 \text{ mm} \pm \frac{1}{2} \text{ IT14}$ ) it is  $\pm \frac{1}{2} \times 520 \mu\text{m} = \pm 0.26 \text{ mm}$ . In Table XI, YEx 2-2, the tolerance on  $d$  ( $2.4 \text{ mm} + 0 - \text{IT11}$ ) is  $+ 0 - 0.06 \text{ mm}$ .

## 6. Designation of laminations

- 6.1 All designations of laminations consist of a combination of a letter symbol identifying the shape and a number representative of the size of the lamination.
- 6.2 The IEC designation consists of:
- the letter Y differentiating the IEC designation from all existing national designations;
  - one or more letters identifying the shape;
  - a serial number which distinguishes different ranges having the same letter designations;
  - a dash followed by the approximate width  $d$  of the (centre) limb in millimetres.

Typical examples are:

YEI 1-40 (see Table X in Section Four)

YEE 3-20 (see Table XIII in Section Four)

YM 1-23 (see Table XVI in Section Four)

The original national designation is also given in the tables of Section Four.

## 7. Packaging and marking

- 7.1 The laminations shall be packed for transit in such a manner that no deterioration will occur.

- 7.2 Sauf spécification contraire, les deux pièces d'une tôle découpée doivent être emballées ensemble.
- 7.3 Le marquage de tous les emballages ou boîtes doit comporter les indications suivantes:
- la désignation et l'épaisseur des tôles découpées (également la longueur de l'entrefer pour la forme YM);
  - la quantité en masse ou en nombre approximatif;
  - le matériau selon le tableau I;
  - l'identification de lot du fabricant ou la date de fabrication.

*Exemple de marquage:*

Tôle découpée YEI 1-40, épaisseur 0,35 mm.

Quantité: 100 kg.

Matériau: fer-silicium orienté.

Date de fabrication: 1/82.

## SECTION TROIS — ESSAIS ÉLECTRIQUES

### 8. Généralités

Les essais électriques des paquets de tôles découpées doivent être effectués pour les matériaux appropriés spécifiés au tableau I suivant les paramètres d'essai spécifiés dans les tableaux V, VI, VII et VIII.

Les essais suivants sont destinés à servir de guides pour essayer simplement les paramètres régulièrement employés.

### 9. Paramètres effectifs

- 9.1 Les constantes du noyau\* selon la Publication 205 de la CEI: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques, sont calculées en général de la façon suivante:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \quad C_2 = \sum \frac{l}{A^2}$$

Dans le cas des tôles découpées, ces constantes sont définies par:

$$C_1 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}} \quad C_2 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}^2}$$

où:

$l_{Fe}$  = longueur de la ligne de force magnétique calculée selon le paragraphe 9.2.1

$A_{Fe}$  = section du noyau en tenant compte du facteur de foisonnement  $\alpha$  selon le paragraphe 9.2.2

En outre, le volume du noyau est  $V_{Fe} = l_{Fe} \times A_{Fe}$  et la masse du noyau est  $m_{Fe} = V_{Fe} \times \rho$  où  $\rho$  = densité du matériau magnétique.

- 9.2 Les paramètres effectifs de noyaux en tôles à section carrée avec un facteur de foisonnement de 0,95 sont donnés dans les tableaux associés de la section quatre pour les tôles découpées préférentielles.

\* La Publication 50(901B) de la CEI utilise le terme équivalent «coefficient du noyau».

- 7.2 Unless otherwise specified, both parts of two-part laminations shall be packed together.
- 7.3 All packages or boxes shall be marked with the following information:
- the lamination designation and thickness (for shape YM also the air-gap length);
  - the quantity by mass or by approximate count;
  - the material in accordance with Table I;
  - the manufacturer's lot identification or date of manufacture.

*Example of marking:*

Lamination: YEI 1-40, thickness 0.35 mm.

Quantity: 100 kg.

Material: silicon steel, oriented.

Date of manufacture: 1/82.

### SECTION THREE — ELECTRICAL TESTS

#### 8. General

Electrical tests for stacked laminations shall be carried out for the appropriate materials specified in Table I according to the test parameters specified in Tables V, VI, VII and VIII.

The following tests are intended as guidance to the simple testing of regularly used parameters.

#### 9. Effective parameters

- 9.1 The core constants\* according to IEC Publication 205: Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts, are calculated in general as follows:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \quad C_2 = \sum \frac{l}{A^2}$$

In the case of laminations, these constants are defined by:

$$C_1 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}} \quad C_2 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}^2}$$

where:

$l_{Fe}$  = magnetic path length calculated as in Sub-clause 9.2.1

$A_{Fe}$  = core area taking into account the stacking factor  $a$  (see Sub-clause 9.2.2)

Further, the core volume  $V_{Fe} = l_{Fe} \times A_{Fe}$  and the core mass  $m_{Fe} = V_{Fe} \times \rho$  where  $\rho$  = density of the magnetic material.

- 9.2 The effective parameters of laminated cores with square cross-sections and a stacking factor of 0.95 are given in the associated tables of Section Four for the preferred laminations.

\* IEC Publication 50(901B) uses the equivalent term "core factor".

- 9.2.1 La longueur de la ligne de force magnétique  $l_{Fe}$  est calculée comme la moyenne de force arithmétique entre la plus longue et la plus courte ligne de force magnétique du noyau en négligeant les rayons. Pour les détails du calcul de chaque noyau, voir la section quatre.
- 9.2.2 La section droite du noyau  $A_{Fe}$  est calculée comme le produit de la largeur de la jambe (centrale) par la hauteur de l'empilement et par le facteur de foisonnement:  $A_{Fe} = d \times h \times a$ . Pour les tableaux associés de la section quatre,  $h = d$  et  $a = 0,95$  d'où  $A_{Fe} = 0,95 d^2$ .

Pour d'autres hauteurs de l'empilement et facteurs de foisonnement (voir tableau III, section un), les valeurs des tableaux associés devront être multipliés par:

$$\text{pour } A_{Fe}: \frac{h}{d} \times \frac{a}{0,95}$$

$$\text{pour } C_1: \frac{d}{h} \times \frac{0,95}{a}$$

Pour un empilement donné, la section du noyau peut également être déterminée de la façon suivante:

$$\text{pour YEI, YEx, YUI et YM: } A_{Fe} = \frac{m_{Fe}}{l_{Fe} \cdot \rho}$$

$$\text{pour YED: } A_{Fe} = \frac{0,9 m_{Fe}}{l_{Fe} \cdot \rho}$$

## 10. Conditions générales pour les mesures électriques

- 10.1 Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être exécutés dans les conditions atmosphériques normales conformément à la Publication 68-1 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités:
- température: +15 °C à +35 °C;
  - humidité relative: 45% à 75%;
  - pression atmosphérique: 860 mbar à 1060 mbar.

Les certificats d'essai doivent indiquer les conditions utilisées.

- 10.2 Les bobines d'essai doivent convenir pour un empilement carré de tôles découpées à essayer. Les nombres de spires  $N_1$  et  $N_2$  (voir figures 1 et 2, pages 26 et 28) doivent être adaptés aux instruments utilisés. Le bobinage de tension  $N_2$  doit être le bobinage intérieur et doit être aussi près du noyau que possible et sa résistance  $R_2$  doit être petite comparée à la résistance de la charge. La résistance dans le circuit d'alimentation, comprenant  $R_1$  et la résistance du dispositif de mesure de courant (ampèremètre, amplificateur de courant ou résistance de précision) devra être assez petite pour ne pas donner de distorsion appréciable de la tension.
- 10.3 Les tôles découpées doivent être physiquement conformes aux exigences des sections deux et quatre et doivent être choisies au hasard dans celles prêtes pour l'utilisation finale. Elles doivent être imbriquées dans le paquet une par une et doivent comprendre en nombre égal les deux pièces les constituant, dans le cas de tôles découpées en deux parties. Il est recommandé que, pendant l'essai, le paquet soit soumis à une pression uniforme de 15 kN/m<sup>2</sup> perpendiculaire au plan d'une tôle découpée.

Le nombre de tôles découpées à insérer dans la bobine d'essai doit être suffisant pour former au moins la moitié d'un paquet carré.

- 10.4 Afin d'obtenir des résultats comparables, on doit utiliser pour les mesures un induction sinusoïdale. Pendant l'essai, la teneur en harmoniques ne doit pas dépasser 6%. Quand deux voltmètres  $V_1$  et  $V_2$  sont branchés en parallèle sur l'enroulement de tension  $N_2$ , le premier mesurant la valeur moyenne et le second la valeur efficace, le facteur de forme peut être déterminé à partir du rapport

- 9.2.1 The magnetic path length  $l_{Fe}$  is calculated as the arithmetic mean of the longest and the shortest field path length of the core neglecting radii. For details on the calculation for each core, see Section Four.
- 9.2.2 The right section core area  $A_{Fe}$  is calculated as the product of centre limb width, stacking height and stacking factor:  $A_{Fe} = d \times h \times a$ . For the associated tables in Section Four,  $h = d$  and  $a = 0.95$  so that  $A_{Fe} = 0.95 d^2$ .

For other stacking heights and stacking factors (see Table III of Section One), the values in the associated tables should be multiplied by:

$$\text{for } A_{Fe}: \frac{h}{d} \times \frac{a}{0.95}$$

$$\text{for } C_1: \frac{d}{h} \times \frac{0.95}{a}$$

Alternatively, for a given core stack, the core area may be determined as follows:

$$\text{for YEI, YEx, YUI and YM: } A_{Fe} = \frac{m_{Fe}}{l_{Fe} \cdot \rho}$$

$$\text{for YED: } A_{Fe} = \frac{0.9 m_{Fe}}{l_{Fe} \cdot \rho}$$

## 10. General conditions for electrical measurements

- 10.1 Unless otherwise stated, all tests shall be carried out at the standard atmospheric conditions for testing in accordance with IEC Publication 68-1: Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General, i.e.:
- temperature: +15 °C to +35 °C;
  - relative humidity: 45% to 75%;
  - air pressure: 860 mbar to 1 060 mbar.

Test certificates shall state what test conditions have been used.

- 10.2 The test coils shall be suitable for a square stack of laminations to be tested. The numbers of turns  $N_1$  and  $N_2$  (see Figures 1 and 2, pages 27 and 29) shall be adapted to the instruments used. The voltage winding  $N_2$  shall be the inner winding and shall be as close as possible to the core, and its resistance  $R_2$  shall be small compared to the resistance of its load. The resistance in the supply circuit, including  $R_1$  and the resistance of the current measuring device (ammeter, current amplifier or precision resistor), should be so small as not to give any appreciable distortion of the voltage.
- 10.3 The laminations shall be physically in accordance with the requirements of Sections Two and Four and shall be selected at random from those that are fully processed for the end application. They shall be interleaved throughout the stack one by one and shall consist of an equal number of both parts in the case of two-part laminations. During the test the lamination stack should be subjected to a uniform pressure of 15 kN/m<sup>2</sup> perpendicular to the plane of one lamination.

The number of laminations to be inserted in the test coil shall be sufficient to form not less than half a square stack.

- 10.4 In order to obtain comparable results, sinusoidal flux density shall be used for the measurements. During the test, the harmonic content shall not exceed 6%. When two voltmeters  $V_1$  and  $V_2$  are connected in parallel to the voltage winding  $N_2$ , the former measuring the average value and the latter measuring the r.m.s. value, the form factor may be determined from the ratio of the r.m.s.

de la valeur efficace à la valeur moyenne. Quand ce facteur de forme ne dévie pas de 1,11 de plus de 1% et qu'en même temps la forme d'onde observée à l'oscilloscope ne présente pas de distorsion visible, la teneur en harmoniques de la tension secondaire et donc de l'induction sera suffisamment faible.

Notes 1. — La tension moyenne peut être déterminée au moyen d'un voltmètre redresseur à bobine mobile. Si, comme c'est l'habitude, cet instrument est gradué en volts efficaces, la tension moyenne peut être obtenue en divisant la lecture par 1,11.

Afin de mesurer les tensions efficaces pour déterminer les facteurs de forme, il est conseillé à l'utilisateur de s'assurer que l'appareil de mesure donne bien les valeurs efficaces vraies.

2. — Pour des considérations supplémentaires sur le contrôle des teneurs en harmoniques, voir l'article 9 de la Publication 404-2 de la CEI: Matériaux magnétiques, Deuxième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques, électriques et physiques des tôles et feuillards magnétiques.

## 11. Mesures à champ élevé

### 11.1 Généralités

On peut utiliser l'un des circuits de la figure 1, page 26. Les conditions de mesure doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans le tableau V. Comme il existe, pour certaines tôles découpées, plusieurs valeurs à choisir pour l'induction de crête, la valeur retenue doit être consignée dans les certificats d'essai correspondants, avec la fréquence appropriée.

TABLEAU V

Conditions de mesure des pertes à fort niveau et de la puissance apparente totale

Matériau	Épaisseur (mm)	Fréquence (Hz)	Induction de crête (T)
Acier doux à faible teneur en carbone et ferrosilicium non orienté	0,35 à 0,65	50 ou 60	1,0 1,5
	0,1	400	1,0
Ferrosilicium orienté	0,27 à 0,35	50 ou 60	1,5
	0,1 à 0,15	400	1,5
Alliages fer-cobalt	0,2 et 0,35	50 ou 60	2,0
	0,1	400	1,7

### 11.2 Mesures des pertes à fort niveau

Lorsqu'on utilise le circuit de la figure 1a, page 26, on ferme les deux interrupteurs pour la détermination du facteur de forme (voir le paragraphe 10.4). Puis on ouvre l'interrupteur  $S_1$  et on règle la tension primaire de telle sorte que la lecture de la tension secondaire  $U_2$  sur le voltmètre efficace  $V_2$  ait la valeur calculée d'après la formule:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot \frac{N_2}{1 + R_2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right)}$$

où:

$f$  = fréquence d'essai

$\hat{B}$  = induction de crête

$A_{Fe}$  = section du noyau (voir le paragraphe 9.1)

$N_2$  = nombre de spires de l'enroulement tension

$R_2$  = résistance de l'enroulement tension  $N_2$

$R_v$  = résistance du voltmètre  $V_2$

$R_w$  = résistance de l'enroulement tension du wattmètre

value to the average value. When this form factor does not deviate from 1.11 by more than 1% and at the same time the wave-shape as observed on the oscilloscope does not show obvious distortion, the harmonic content of the secondary voltage and hence of the flux density will be sufficiently small.

*Notes 1.* — Average voltage may be determined by means of a rectifying moving coil voltmeter. If, as is common, this instrument is scaled in volts r.m.s., the average voltage may be obtained by dividing the reading by 1.11.

In order to measure r.m.s. voltages for the determination of form factors, the user should ensure that the meter used registers true r.m.s. values.

2. — For further considerations on the checking of the harmonic contents, see Clause 9 of IEC Publication 404-2: Magnetic materials, Part 2: Methods of Measurements of Magnetic Electrical and Physical Properties of Magnetic Sheet and Strip.

## 11. Measurements at high field strength

### 11.1 General

One of the circuits of Figure 1, page 27, should be used. The measuring conditions shall be in accordance with the values specified in Table V. There is a choice of values of peak flux density for some laminations and the value used shall be stated in any relevant test certificate, together with the appropriate frequency.

TABLE V  
*Conditions for the measurement of power loss and total apparent power*

Material	Thickness (mm)	Frequency (Hz)	Peak flux density (T)
Low carbon mild steel and non-oriented silicon steel	0.35 to 0.65	50 or 60	1.0 1.5
	0.1	400	1.0
Oriented silicon steel	0.27 to 0.35	50 or 60	1.5
	0.1 to 0.15	400	1.5
Iron-cobalt alloys	0.2 and 0.35	50 or 60	2.0
	0.1	400	1.7

### 11.2 Measurement of power loss

When the circuit of Figure 1a, page 27, is used, both switches are closed for the determination of the form factor (see Sub-clause 10.4). Switch  $S_1$  is then opened and the primary voltage adjusted so that the reading of the secondary voltage  $U_2$  on the average sensing voltmeter  $V_2$  has the value calculated from the equation:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot \frac{N_2}{1 + R_2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right)}$$

where:

$f$  = test frequency

$\hat{B}$  = test peak flux density

$A_{Fe}$  = core area (see Sub-clause 9.1)

$N_2$  = number of turns of the voltage winding

$R_2$  = resistance of the voltage winding  $N_2$

$R_v$  = resistance of the voltmeter  $V_2$

$R_w$  = resistance of the voltage winding of the wattmeter

Avec l'interrupteur  $S_1$  ouvert et l'interrupteur  $S_2$  fermé, la lecture est faite sur le wattmètre. En négligeant les pertes de cuivre dans l'enroulement  $N_1$  et dans l'ampèremètre, la perte  $P_L$  est calculée à partir de la puissance mesurée  $P_m$  par la formule suivante:

$$P_L = \left[ 1 + R_2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right) \right] \left[ \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m - U_2^2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right) \right]$$

*Note.* — Le résultat de la mesure est souvent exprimé en fonction de la puissance massique  $\frac{P_L}{m}$  en W/kg où  $m$  est la masse du noyau.

Quand les instruments utilisés comprennent des préamplificateurs linéaires (figure 1b, page 26) ou des dispositifs analogues avec des impédances d'entrée très élevées pour les mesures de tension, et avec des lectures directes des valeurs réelles de tension et de puissance, ces formules se réduisent aux expressions suivantes:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \text{ et } P_L = \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m$$

Quand ces impédances ne sont pas extrêmement élevées mais encore beaucoup plus élevées que  $R_2$  l'expression simplifiée suivante peut être utilisée:

$$P_L = \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m - U_2^2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right)$$

*Note.* — Quand aucune lecture directe n'est possible, par exemple quand on utilise des préamplificateurs extérieurs, il convient de tenir compte du gain de ces amplificateurs.

### 11.3 Mesure de la puissance apparente totale

Lorsqu'on utilise le circuit de la figure 1a, page 27, on ferme les deux interrupteurs pour la détermination du facteur de forme (voir le paragraphe 10.4). Puis on ouvre l'interrupteur  $S_1$  et on règle la tension primaire comme décrit au paragraphe 11.2. Avec les deux interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  ouverts, on mesure le courant primaire  $I_1$  et la tension secondaire  $U_2$ . La puissance apparente totale est calculée d'après:

$$S = U_2 \cdot \frac{R_v + R_2}{R_v} \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1$$

*Note.* — Le résultat de la mesure est souvent exprimé en fonction de la puissance (totale) apparente massique  $\frac{S}{m}$  en VA/kg où  $m$  est la masse du noyau.

Quand les instruments utilisés comprennent des préamplificateurs linéaires (figure 1b) ou des dispositifs analogues avec des impédances d'entrée très élevées pour les mesures de tension, et avec des lectures directes des valeurs réelles de tension et de courant, cette formule se réduit à l'expression suivante:

$$S = U_2 \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1$$

*Note.* — Quand aucune lecture directe n'est possible, par exemple quand on utilise des préamplificateurs extérieurs, on doit tenir compte du gain de ces amplificateurs.

With switch  $S_1$  open and switch  $S_2$  closed, the wattmeter is read. Neglecting the copper losses in winding  $N_1$  and in the ammeter, the power loss  $P_L$  is calculated from the measured power  $P_m$  as follows:

$$P_L = \left[ 1 + R_2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right) \right] \left[ \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m - U_2^2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right) \right]$$

*Note.* — The result of the measurement is often expressed in terms of power loss (mass) density  $\frac{P_L}{m}$  in W/kg, where  $m$  is the core mass.

When instruments are used which incorporate linear preamplifiers (Figure 1b, page 27) or similar devices with very high input impedance for voltage measurements, and with direct reading of the actual values of voltage and power, these formulae reduce to the following expressions:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \quad \text{and} \quad P_L = \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m$$

When these impedances are not extremely high, but still much higher than  $R_2$ , the following simplified formula may be used:

$$P_L = \frac{N_1}{N_2} \cdot P_m - U_2^2 \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right)$$

*Note.* — When no direct reading is possible, e.g. when external preamplifiers are used, the gains of these amplifiers should be taken into account.

### 11.3 Measurement of total apparent power

When the circuit of Figure 1a, page 27, is used, both switches are closed for the determination of the form factor (see Sub-clause 10.4.) Switch  $S_1$  is then opened and the primary voltage adjusted as described in Sub-clause 11.2. With both switches  $S_1$  and  $S_2$  open, the primary current  $I_1$  and the secondary voltage  $U_2$  are measured. The total apparent power is calculated from the equation:

$$S = U_2 \cdot \frac{R_v + R_2}{R_v} \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1$$

*Note.* — The result of the measurement is often expressed in terms of (total) apparent power density  $\frac{S}{m}$  in VA/kg, where  $m$  is the core mass.

When instruments are used which incorporate linear preamplifiers (Figure 1b) or similar devices with very high input impedance for voltage measurements, and with direct reading of the actual values of voltage and power, this formula reduces to the following expression:

$$S = U_2 \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1$$

*Note.* — When no direct reading is possible, e.g. when external preamplifiers are used, the gains of these amplifiers have to be taken into account.

12. Mesures à champs faible et moyen

12.1 Généralités

On peut utiliser le circuit de la figure 2, page 28. Les conditions de mesure doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans les tableaux VI, VII et VIII. Comme il existe, pour certaines tôles découpées, un choix de plusieurs valeurs de fréquence, d'induction de crête ou de champ, les valeurs retenues doivent être consignées dans le certificat d'essai correspondant.

TABLEAU VI

*Conditions de mesure de la perméabilité d'amplitude des tôles découpées d'acier doux à faible teneur en carbone ou de ferrosilicium*

Epaisseur (mm)	Fréquence (Hz)	Induction de crête (T)
0,1 à 0,65	50 ou 60	0,1 1,0

TABLEAU VII

*Conditions de mesure de la perméabilité d'amplitude des tôles découpées d'alliage fer-nickel non orienté*

Type de matériau	Epaisseur (mm)	Fréquences (Hz)			Amplitude du champ (A/m)
		50/60	300/400	1 000	
E1	0,05	×	×	×	0,2 ou 0,4
	0,10	×	×		
	0,20	×			
	0,35	×			
E3 non orienté	0,10	×	×		0,4
	0,20	×			
	0,35	×			
E4	0,05	×	×	×	0,4 ou 1,6
	0,10	×	×		
	0,20	×			
	0,35	×			

Note. — Une croix dans la colonne des fréquences indique que la fréquence est préférentielle pour la mesure de la perméabilité d'amplitude de ce type d'alliage fer-nickel et de cette épaisseur.

TABLEAU VIII

*Conditions de mesure de la perméabilité d'amplitude des tôles découpées d'alliage fer-nickel non orienté*

Les conditions normalisées n'ont pas encore été établies.

## 12. Measurements at low and medium field strengths

### 12.1 General

The circuit of Figure 2, page 29, should be used. The measuring conditions shall be in accordance with the values specified in Tables VI, VII and VIII. There is a choice of values of frequency, peak flux density or field strength amplitude for some laminations and the values used shall be stated in any relevant test certificate.

TABLE VI

*Conditions for the measurement of amplitude permeability of cores using laminations of low carbon mild steel or silicon steel*

Thickness (mm)	Frequency (Hz)	Peak flux density (T)
0.1 to 0.65	50 or 60	0.1 1.0

TABLE VII

*Conditions for the measurement of amplitude permeability of cores using laminations of non-oriented nickel-iron alloys*

Material grade	Thickness (mm)	Frequency (Hz)			Amplitude of field strength (A/m)
		50/60	300/400	1 000	
E1	0.05 0.10 0.20 0.35	× × × ×	× ×	×	0.2 or 0.4
E3 non-oriented	0.10 0.20 0.35	× × ×	×		0.4
E4	0.05 0.10 0.20 0.35	× × × ×	× ×	×	0.4 or 1.6

*Note.* — A cross in a frequency column indicates that the frequency is preferred for the measurement of amplitude permeability on laminations of that type of nickel-iron alloy grade and thickness.

TABLE VIII

*Conditions for the measurement of amplitude permeability of cores using laminations of oriented nickel-iron alloys*

Standard conditions have not yet been established.

12.2 Mesure de la perméabilité d'amplitude

On règle la tension primaire de telle sorte que la lecture de la tension secondaire  $U_2$  sur le voltmètre  $V_2$  ait la valeur calculée d'après la formule:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \cdot \frac{R_v}{R_v + R_2}$$

où les symboles ont la même signification qu'au paragraphe 11.2.

La valeur crête du courant primaire  $\hat{I}_1$  est mesurée au moyen d'un voltmètre de crête branché aux bornes d'une résistance de précision  $R_n$  dans le circuit primaire ou au moyen d'une sonde. La perméabilité d'amplitude  $\mu_a$  est calculée à partir de l'équation:

$$\mu_a = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\hat{B}}{\hat{H}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{U_2 \sqrt{2}}{\hat{U}_n} \cdot \frac{C_1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{N_1 N_2} \cdot \frac{R_v + R_2}{R_v} \cdot R_n$$

où:

$\mu_0$  = constante magnétique

$\hat{U}_n$  = valeur de la tension de crête aux bornes de  $R_n$

$C_1$  = constante du noyau ( $\text{cm}^{-1}$ ) (voir le paragraphe 9.1)

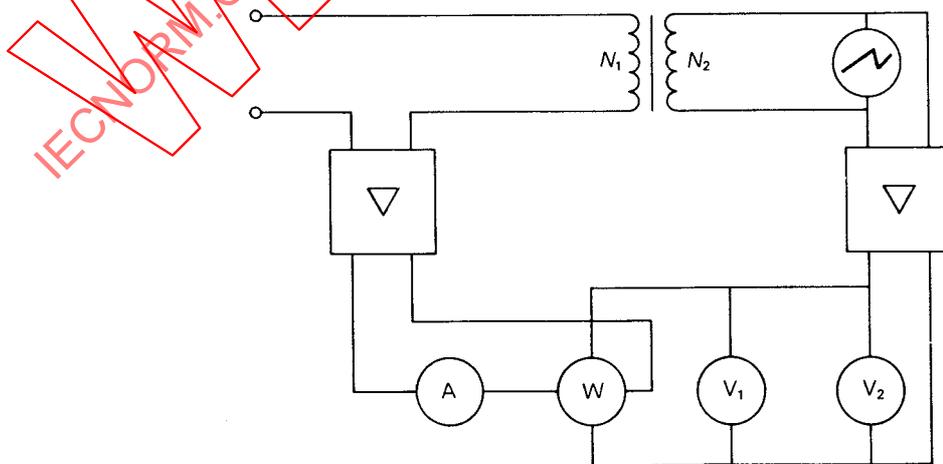
Notes 1. — Pour les très petits courants,  $\mu_a$  tend vers la perméabilité initiale  $\mu_0$ .

2. — Dans cas, il est commode d'utiliser la perméabilité complexe et ses composantes. Les détails de ces mesures sont donnés dans le chapitre III et l'annexe B de la Publication 404-2 de la CEI.



492/82

FIG. 1a. — Mesures à champ élevé: méthode directe.



493/82

FIG. 1b. — Mesures à champ élevé: méthode indirecte.

## 12.2 Measurement of amplitude permeability

The primary voltage is adjusted so that the reading of the secondary voltage  $U_2$  on the voltmeter  $V_2$  has the value calculated from the formula:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \cdot \frac{R_v}{R_v + R_2}$$

where the symbols have the significance explained in Sub-clause 11.2.

The peak value  $\hat{I}_1$  of the primary current is measured by means of a peak voltmeter connected across a known precision resistor  $R_n$  in the primary circuit or by means of a probe. The amplitude permeability  $\mu_a$  is derived from the equation:

$$\mu_a = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\hat{B}}{\hat{H}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{U_2 \sqrt{2}}{\hat{U}_n} \cdot \frac{C_1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{N_1 N_2} \cdot \frac{R_v + R_2}{R_v} \cdot R_n$$

where:

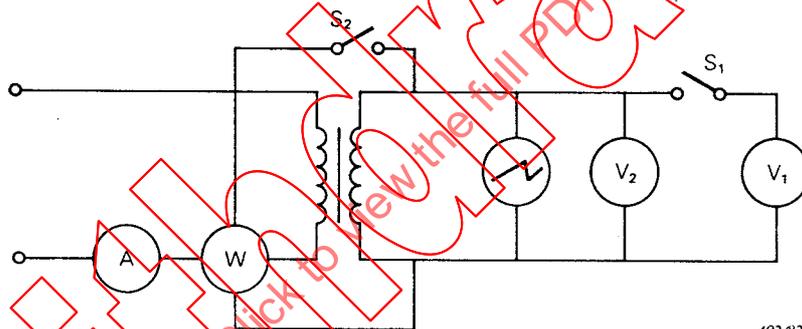
$\mu_0$  = magnetic constant

$\hat{U}_n$  = peak value of voltage measured across  $R_n$

$C_1$  = core constant ( $\text{cm}^{-1}$ ) (see Sub-clause 9.1)

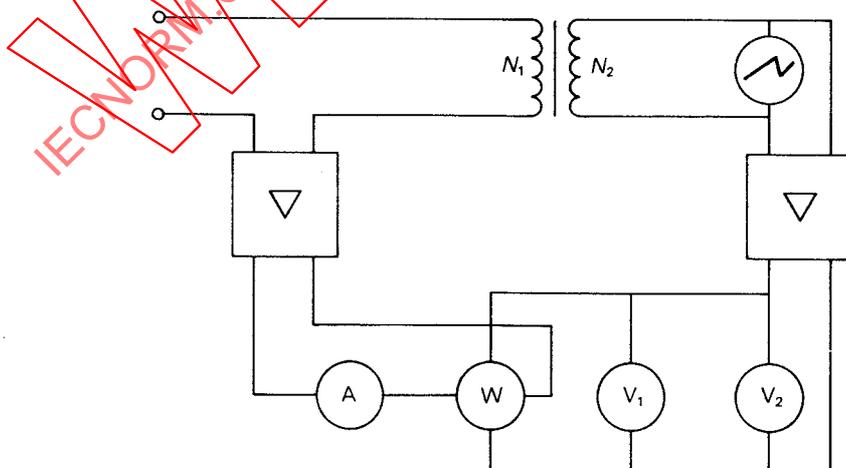
Notes 1. — For very small currents,  $\mu_a$  tends towards the initial permeability  $\mu_i$ .

2. — In some cases it is convenient to use the complex permeability and its components. Details of such measurements are given in Chapter III and Appendix B of IEC Publication 404-2.



492/82

FIG. 1a. — Measurements at high field strength: direct method.



493/82

FIG. 1b. — Measurements at high field strength: indirect method.

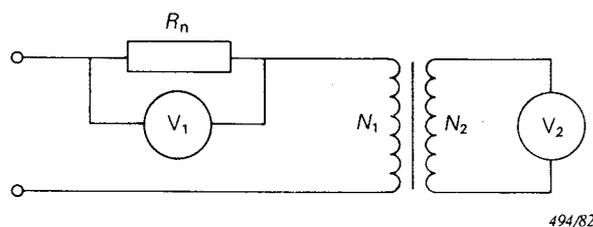


FIG. 2. — Mesures à champs faible et moyen.

SECTION QUATRE — GAMMES PRÉFÉRENTIELLES DE TÔLES DÉCOUPÉES

13. Généralités

Cette section contient les dimensions et tolérances ainsi que des paramètres effectifs pour les gammes CEI préférentielles. Le tableau IX donne un résumé de ces gammes avec des informations d'ordre général.

Dans les dessins, la direction du laminage dans le cas du matériau à grains orientés est indiquée par une flèche double. Pour toutes les gammes, le système original de dimensions est le millimètre.

TABLEAU IX  
Résumé de gammes préférentielles

Gammes	Tableau	Dimensions (côté a) (mm)	Description	$\frac{A_F}{A_w}$ <sup>1)</sup>
YEI 1	X	30 à 150	Gamme économique permettant la découpe sans chutes pour les transformateurs de puissance	4,0
YEx 2	XI	8 à 40	Format carré de petites dimensions pour utilisation sur des cartes de circuits imprimés	2,58
YED 2	XII	8 à 40	Identique, mais pour des petites inductances avec des matériaux à haute perméabilité ou à cycle rectangulaire	3,64
YEx 3	XIII	40 à 160	Grande section de fenêtre pour des transformateurs de puissance et des transformateurs haute tension	1,80
YEE 4 YEF 4	XIV	8,4 à 42	Petites dimensions pour utilisation sur des cartes de circuits imprimés avec des surfaces de montage plus petites que YEx/gamme 2	2,89
YUI 1	XV	30 à 240	Gamme économique permettant la découpe sans chutes pour des transformateurs ou des bobines de forte puissance	4,0
YM 1	XVI	20 à 102	Pour transformateurs et inductances à faibles fuites	2,27 à 3,8

<sup>1)</sup> Rapport de la section du circuit  $A_F$  à la section de la fenêtre  $A_w$ .  
 Pour YEI et YUI,  $A_F = a(b + f) - A_w$ ; pour les autres,  $A_F = a \cdot b - A_w$ .  
 Pour YED,  $A_w = (2c - b)(e - d)$ . Pour YUI,  $A_w = c \cdot e$ ; pour les autres,  $A_w = c(e - d)$ .

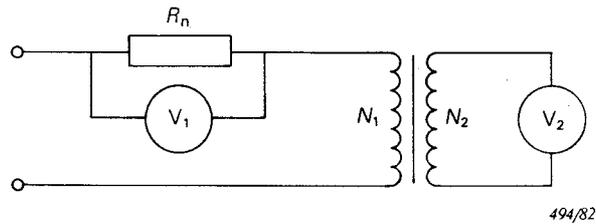


FIG. 2. — Measurements at low and medium field strengths.

## SECTION FOUR — PREFERRED RANGES OF LAMINATIONS

## 13. General

The dimensions and tolerances together with the effective parameters are included in this section for the preferred IEC ranges. Tables IX gives a summary of these ranges with some general information.

In the drawings, the direction of rolling in the case of grain-oriented material has been indicated by a double arrow. For all ranges, the original system of dimensions is the millimetre.

TABLE IX

Summary of preferred ranges

Ranges	Table	Dimensions (side a) (mm)	Description	$\frac{A_F}{A_w}$ <sup>1)</sup>
YEI 1	X	30 to 150	Economy range allowing scrapless punching, for power transformers	4.0
YEx 2	XI	8 to 40	Small dimensions and square shape, for use on printed circuit boards	2.58
YED 2	XII	8 to 40	Same, for small inductors with high permeability or square loop material	3.64
YEx 3	XIII	40 to 160	Large window area, for power transformers and high voltage transformers	1.80
YEE 4 YEF 4	XIV	8.4 to 42	Small dimensions for use on printed circuit boards and with smaller mounting area than YEx/range 2	2.89
YUI 1	XV	30 to 240	Economy range allowing scrapless punching, for large power transformers and chokes	4.0
YM 1	XVI	20 to 102	For transformers and inductors with low leakage	2.27 to 3.8

<sup>1)</sup> Ratio of lamination area  $A_F$  to window area  $A_w$ .

For YEI and YUI,  $A_F = a(b + f) - A_w$ ; for remainder,  $A_F = a \cdot b - A_w$ .

For YED,  $A_w = (2c - b)(e - d)$ . For YUI,  $A_w = c \cdot e$ ; for remainder,  $A_w = c(e - d)$ .

#### 14. Dimensions et paramètres effectifs

Les tableaux suivants pour les gammes préférentielles donnent les dimensions en millimètres (avec tolérances) et les paramètres effectifs. Ces derniers sont basés sur un facteur de foisonnement  $\alpha$  de 0,95 et une hauteur d'empilement égale à  $d$ . Pour les calculs dans le cas de facteurs de foisonnement ou de hauteur différents, voir le paragraphe 9.2.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60740:1982

Withdrawn

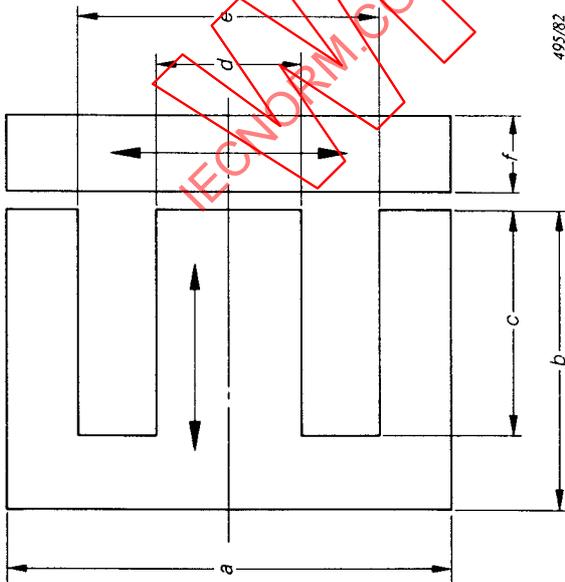
#### 14. Dimensions and effective parameters

The following tables for the preferred ranges give the dimensions in millimetres (with tolerances) and the effective parameters. These latter are based on a stacking factor  $a$  of 0.95 and on a stacking height equal to  $d$ . For the calculation in the case of different stacking factors and heights, see Sub-clause 9.2.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60740:1982

Withdrawn

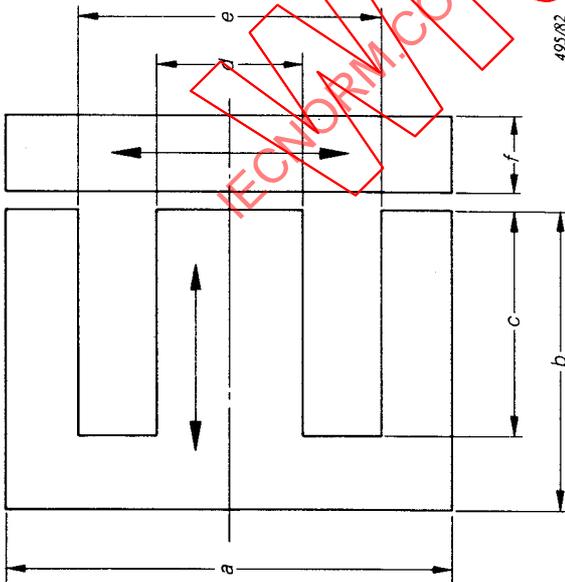
TABLEAU X  
Dimensions en millimètres du type YEI -- Gamme I



CEI	Désignation		Lettre de référence et code de tolérance (voir tableau IV)							Paramètres effectifs			
	Nationale	Royaume-Uni	a	b	c	d	e	f	Section du noyau $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la ligne de force magnétique $l_{Fe}$ (mm)	Volume du noyau $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Constante $C_1$ du noyau (cm <sup>-1</sup> )	
YEI 1-10	EI 30	E 10	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	5	95	5,70	6,32	
YEI 1-13	EI 38	E 12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	6,4	156	12,0	4,94	
YEI 1-14	EI 42	E 14	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	7	186	15,6	4,51	
YEI 1-16	EI 48	E 16	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	8	243	23,3	3,95	
YEI 1-18	EI 54	E 18	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	9	308	33,2	3,51	
YEI 1-20	EI 60	E 20	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	10	380	45,6	3,16	
YEI 1-22	EI 66	E 22	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	11	460	60,7	2,87	
YEI 1-25	EI 75	E 25	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	12,5	594	89,1	2,53	
YEI 1-28	EI 84	E 28	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	14	745	125	2,26	
YEI 1-32	EI 96	E 32	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	16	972	187	1,97	
YEI 1-36	EI 108	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	18	1 231	266	1,75	
YEI 1-40	EI 120	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	20	1 520	365	1,58	
YEI 1-50	EI 150N	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	25	2 375	712	1,26	
Noyaux plus grands (voir note)			3 d	2 d	1,5 d	1 d	2 d	0,5 d	$l_{Fe} = b + c + f + \frac{a + e - d}{2} = 6 d$				

Note. — On peut préférer le type YUI quand des dimensions plus grandes sont nécessaires (voir tableau XV). Si on exige des types YEI plus grands, il est recommandé de conserver les rapports indiqués dans la dernière ligne du tableau (voir paragraphe 5.4).

TABLE X  
Dimensions in millimetres of Type YEI — Range 1

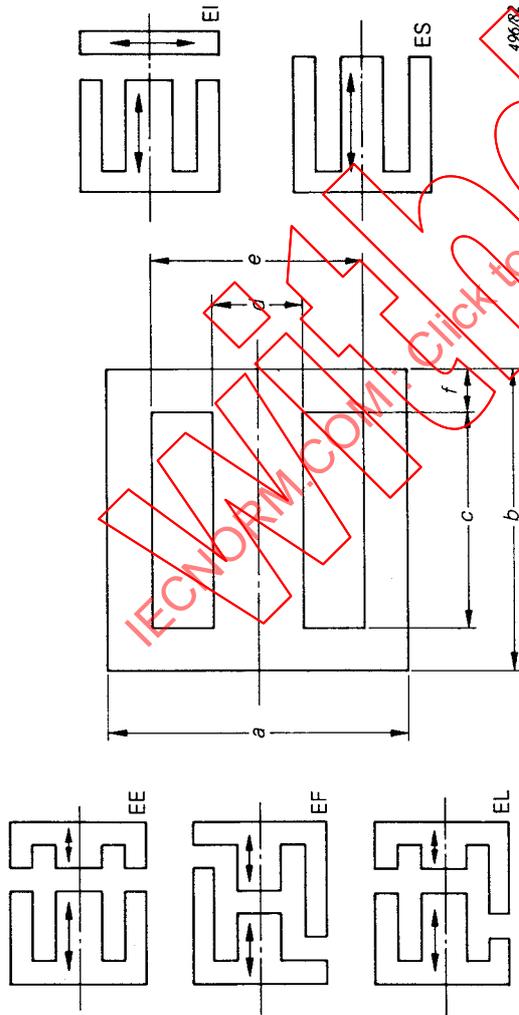


495/82

IEC	Designation		Reference letter and tolerance code (see Table IV)							Effective parameters			
	Germany	United Kingdom	a	b	c	d	e	f	Core area $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Magnetic path length $l_{Fe}$ (mm)	Core volume $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Core constant $C_1$ (cm <sup>-1</sup> )	
YEI 1-10	EI 30	E 10	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	95	60	5.70	6.32	
YEI 1-13	EI 38	E 12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	156	77	12.0	4.94	
YEI 1-14	EI 42	E 14	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	186	84	15.6	4.51	
YEI 1-16	EI 48	E 16	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	243	96	23.3	3.95	
YEI 1-18	EI 54	E 18	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	308	108	33.2	3.51	
YEI 1-20	EI 60	E 20	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	380	120	45.6	3.16	
YEI 1-22	EI 66	E 22	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	460	132	60.7	2.87	
YEI 1-25	EI 75	E 25	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	594	150	89.1	2.53	
YEI 1-28	EI 84	E 28	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	745	168	125	2.26	
YEI 1-32	EI 96	E 32	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	973	192	187	1.97	
YEI 1-36	EI 108	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	1231	216	266	1.75	
YEI 1-40	EI 120	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	1520	240	365	1.58	
YEI 1-50	EI 150N	—	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT12	± 1/2 IT14	± 1/2 IT12	2375	300	712	1.26	
Larger (see note)			3 d	2 d	1.5 d	1 d	2 d	0.5 d	$l_{Fe} = b + c + f + \frac{a+e-d}{2} = 6 d$				

Note. — If larger YEI types are required it is recommended that the ratios indicated in the last line of the table are maintained (see Sub-clause 5.4). However, it may be preferred to use YUI types (see Table XV) for sizes larger than YEI 1-50.

TABLEAU XI  
Dimensions en millimètres du type YEx — Gamme 2



Désignation		Lettre de référence et code de tolérance (voir tableau IV)							Paramètres effectifs (voir note 4)			
		a	b	c	d	e	f	Section du noyau $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la ligne de force magnétique $l_{Fe}$ (mm)	Volume du noyau $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Constante $C_1$ du noyau (cm <sup>-1</sup> )	
CEI (voir note 1)	Nationale	$\pm \frac{1}{2}$ IT12	$\pm \frac{1}{2}$ IT13	$\pm$ IT13	0	$\pm$ IT11	$\pm$ IT11	f				
	Allemagne											
YEx 2-2	EE 8	8	8	5,6	2,4	5,6	1,2	5,47	19,2	0,105	35,1	
YEx 2-3	EE 10	10	10	7	3	7	1,5	8,55	24,0	0,205	28,1	
YEx 2-4	EE 12,6	12,6	12,6	8,8	3,8	8,8	1,9	13,7	30,2	0,414	22,0	
YEx 2-5	EE 16	16	16	11,2	4,8	11,2	2,4	21,9	38,4	0,841	17,5	
YEx 2-6	EE 20	20	20	14	6	14	3	34,2	48,0	1,64	14,0	
YEx 2-8	EE 25	25	25	17,4	7,6	17,4	3,8	54,9	59,8	3,28	10,9	
YEx 2-10	EE 32	32	32	22,4	9,6	22,4	4,8	87,6	76,8	6,73	8,77	
YEx 2-12	EE 40	40	40	28	12	28	6	136,8	96,0	13,1	7,02	
Noyaux plus grands (voir note 3)		3,33 d	3,33 d	2,33 d	1 d	2,33 d	0,5 d	$l_{Fe} = b + c + \frac{a + e - d}{2} = 8 d$				

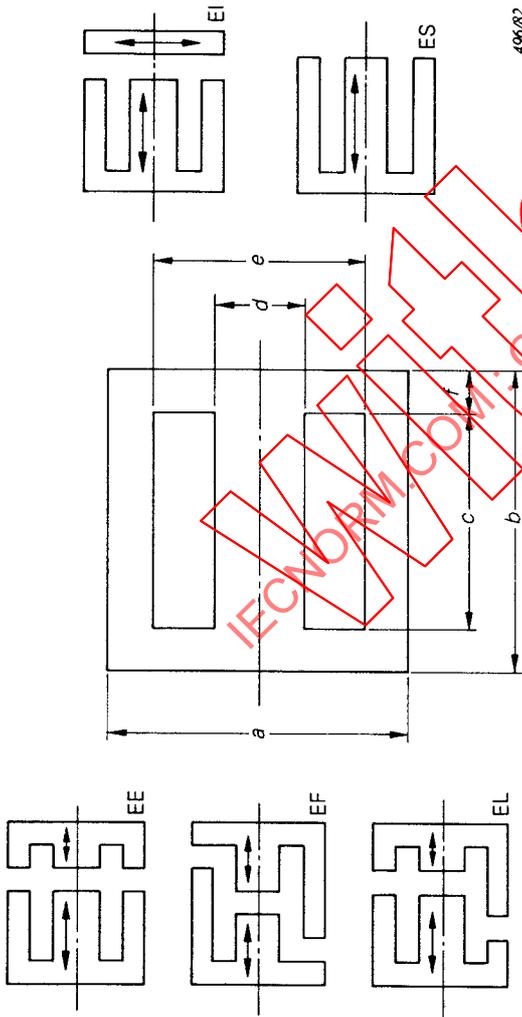
Notes 1. — YEx désigne YEE, YEF, YEI, YEL ou YES. Le type YED correspondant est indiqué dans le tableau XII.

2. — Pour les types YEE, YEF, YEI et YEL, la tolérance indiquée dans le tableau pour les dimensions b et c s'applique lorsque les deux parties sont montées ensemble. La tolérance correspondante sur une partie de la tôle découpée doit être de  $\pm$  IT12 sur la dimension b et  $\pm$  IT12 sur la dimension c.

3. — Quand on exige des dimensions plus grandes, il est recommandé de conserver les rapports indiqués dans la dernière ligne du tableau (voir paragraphe 5.4).

4. — Les valeurs de  $A_{Fe}$ ,  $V_{Fe}$  et  $C_1$  dans le tableau sont valables pour toutes les variantes sauf pour YES. Pour ce dernier cas, la valeur moyenne de  $A_{Fe}$  le long de la longueur de la ligne de force magnétique  $l_{Fe}$  est d'environ 8% plus faible que pour les autres variantes. Cependant, pour les petits noyaux de fer-nickel, cette différence peut être négligée.

TABLE XI  
Dimensions in millimetres of Type YEx — Range 2



Designation		Reference letter and tolerance code (see Table IV)						Effective parameters (see Note 4)			
IEC (see Note 1)	National	a	b	c	d	e	f	Core area $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Magnetic path length $l_{Fe}$ (mm)	Core volume $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Core constant $C_1$ (cm <sup>-1</sup> )
	Germany	$\pm \frac{1}{2} IT12$	$\pm \frac{1}{2} IT13$	$+ IT13$ 0	$- IT11$	$+ IT11$ 0	—				
		(see Note 2)	(see Note 2)								
YEx 2-2	EE 8	8	8	5.6	2.4	5.6	1.2	5.47	19.2	0.105	35.1
YEx 2-3	EE 10	10	10	7	3	7	1.5	8.55	24.0	0.205	28.1
YEx 2-4	EE 12.6	12.6	12.6	8.8	3.8	8.8	1.9	13.7	30.2	0.414	22.0
YEx 2-5	EE 16	16	16	11.2	4.8	11.2	2.4	21.9	38.4	0.841	17.5
YEx 2-6	EE 20	20	20	14	6	14	3	34.2	48.0	1.64	14.0
YEx 2-8	EE 25	25	25	17.4	7.6	17.4	3.8	54.9	59.8	3.28	10.9
YEx 2-10	EE 32	32	32	22.4	9.6	22.4	4.8	87.6	76.8	6.73	8.77
YEx 2-12	EE 40	40	40	28	12	28	6	136.8	96.0	13.1	7.02
Larger (see Note 3)		$3.33 d$	$3.33 d$	$2.33 d$	$1 d$	$2.33 d$	$0.5 d$		$l_{Fe} = b + c + \frac{a + e - d}{2} = 8 d$		

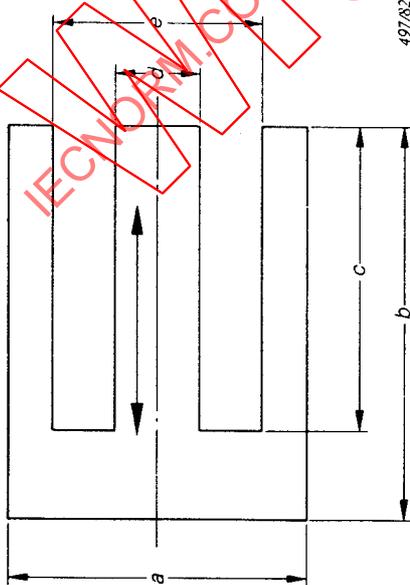
Notes 1. — YEx designates YEE, YEF, YEI, YEL or YES. The corresponding type YED is listed in Table XII.

2. — For Types YEE, YEF, YEI and YEL, the tolerance shown in the table for dimensions b and c is that applicable to the two parts with pole faces in contact. The corresponding tolerance on one part of the lamination should be:  $\pm IT12$  for part of dimension b and  $+ IT12$  for part of dimension c.

3. — When larger sizes are required it is recommended that the ratios indicated in the last line of the table are maintained (see Sub-clause 5.4).

4. — The values of  $A_{Fe}$ ,  $V_{Fe}$  and  $C_1$  in the table are valid for all variants except YES. For the latter, the average value of  $A_{Fe}$  along the magnetic path length  $l_{Fe}$  is about 8% lower than for the other variants. However, for small cores of nickel-iron this difference may be neglected.

TABLEAU XII  
Dimensions en millimètres du type YED — Gamme 2



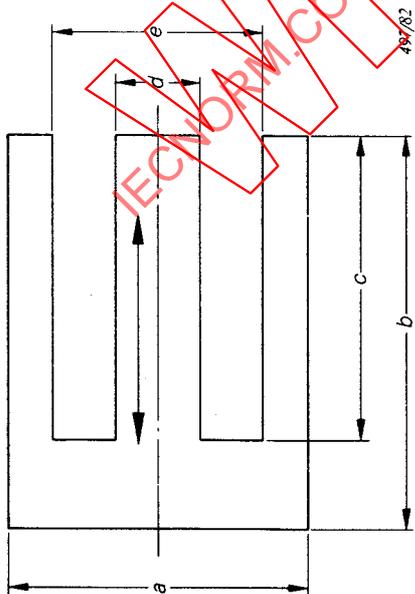
497/82

CEI	Nationale	Lettre de référence et code de tolérance (voir tableau IV)					Paramètres effectifs			
		a	b	c	a	e	Section du noyau $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la ligne de force magnétique $l_{Fe}$ (mm)	Volume du noyau $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Constante $C_1$ du noyau (cm <sup>-1</sup> )
	Allemagne	$\pm \frac{1}{2}$ IT12	$\pm \frac{1}{2}$ IT12	$\begin{matrix} + \text{IT}12 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} a \\ - \text{IT}11 \end{matrix}$	$\begin{matrix} e \\ + \text{IT}11 \end{matrix}$				
YED 2-2	ED 8	8	11	8,3	2,4	5,6	5,47	22,2	0,121	40,6
YED 2-3	ED 10	10	13	10	3	7	8,55	27,0	0,231	31,6
YED 2-4	ED 12,6	12,6	17	12,9	3,8	8,8	13,7	34,6	0,475	25,2
YED 2-5	ED 16	16	21	16,1	4,8	11,2	21,9	43,4	0,950	19,8
YED 2-6	ED 20	20	26	20	6	14	24,2	54,0	1,85	15,8
YED 2-8	ED 25	25	33	25,2	7,6	17,4	34,9	67,8	3,72	12,4
YED 2-10	ED 32	32	42	32,2	9,6	22,4	47,6	86,8	7,60	9,91
YED 2-12	ED 40	40	52	40	12	28	63,8	108	14,8	7,89
Noyaux plus grands (voir note 2)		3,33 d	4,33 d	3,33 d	1 d	2,33 d	$l_{Fe} = 2c + \frac{a+e-d}{2} = 9d$			

Notes 1. — Les dimensions principales de cette gamme (a, d et e mais pas b ou c) coïncident avec celles du tableau XI.

2. — Quand on exige des dimensions plus grandes, il est recommandé de conserver les rapports indiqués dans la dernière ligne du tableau (voir paragraphe 5.4).

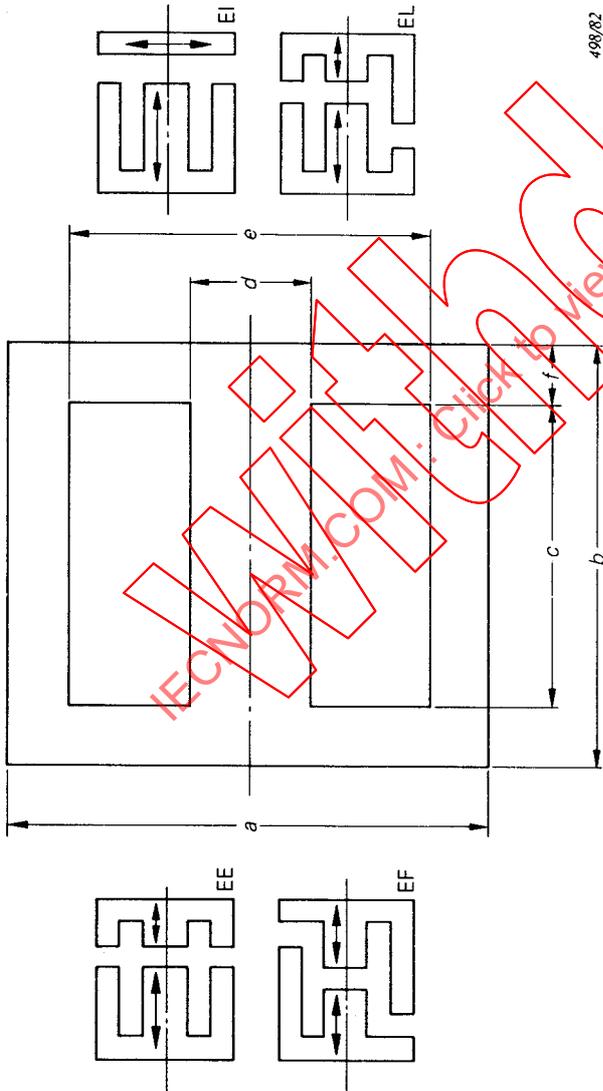
TABLE XII  
Dimensions in millimetres of Type YED — Range 2



Designation	Reference letter and tolerance code (see Table IV)					Effective parameters			
	a	b	d	e		Core area $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Magnetic path length $l_{Fe}$ (mm)	Core volume $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Core constant $C_1$ (cm <sup>-1</sup> )
National									
Germany	$\pm \frac{1}{2}$ IT12	$\pm \frac{1}{2}$ IT12	$-$ IT11	$+$ IT11					
IEC									
YED 2-2	8	11	2,4	5,6		5,47	22,2	0,121	40,6
YED 2-3	10	13	3	7		8,55	27,0	0,231	31,6
YED 2-4	12,6	17	3,8	8,8		13,7	34,6	0,475	25,2
YED 2-5	16	21	4,8	11,2		21,9	43,4	0,950	19,8
YED 2-6	20	26	6	14		34,2	54,0	1,85	15,8
YED 2-8	25	33	7,6	17,4		54,9	67,8	3,72	12,4
YED 2-10	32	42	9,6	22,4		87,6	86,8	7,60	9,91
YED 2-12	40	52	12	28		136,8	108	14,8	7,89
Larger (see Note 2)	3,33 d	4,33 d	1 d	2,33 d			$l_{Fe} = 2c + \frac{a+e-d}{2} = 9d$		

Notes 1. — The main dimensions of this range (a, d and e but not b or c) coincide with those of Table XI.  
2. — When larger sizes are required, it is recommended that the ratios indicated in the last line of the table are maintained (see Sub-clause 5.4).

TABLEAU XIII  
Dimensions en millimètres du type YEx — Gamme 3



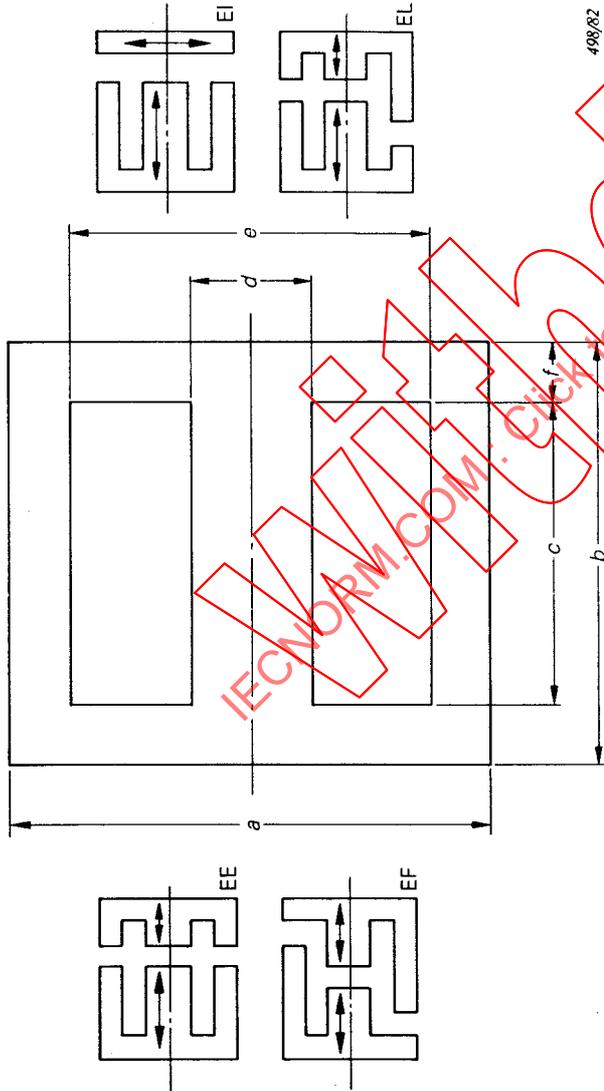
Désignation		Lettre de référence et code de tolérance (voir tableau IV)							Paramètres effectifs			
CEI (voir note 1)	Nationale	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	Section du noyau $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la ligne de force magnétique $l_{Fe}$ (mm)	Volume du noyau $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Constante $C_1$ du noyau (cm <sup>-1</sup> )	
	URSS	$\pm IT12$	$\pm IT12$	$+IT12$ 0 (voir note 2)	0 $-IT12$	$+IT12$ 0	—					
YEx 3-10	III 10	40	35	25	10	30	5	95	90	8,55	9,47	
YEx 3-12	III 12	48	42	30	12	36	6	136,8	108	14,8	7,89	
YEx 3-16	III 16	64	56	40	16	48	8	243,2	144	35,0	5,92	
YEx 3-20	III 20	80	70	50	20	60	10	380	180	68,4	4,74	
YEx 3-25	III 25	100	87,5	62,5	25	75	12,5	594	225	134	3,79	
YEx 3-32	III 32	128	112	80	32	96	16	973	288	280	2,96	
YEx 3-40	III 40	160	140	100	40	120	20	1 520	360	547	2,37	
Noyaux plus grands (voir note 3)		$4d$	$3,5d$	$2,5d$	$1d$	$3d$	$0,5d$					$l_{Fe} = b + c + \frac{a+e-d}{2} = 9d$

Notes 1. — YEx désigne YEE, YEF, YEI ou YEL.

2. — La tolérance indiquée dans le tableau pour les dimensions  $b$  et  $c$  est celle qui s'applique lorsque les deux parties sont montées ensemble. La tolérance correspondante sur une partie de la tôle découpée doit être  $\pm IT11$  sur la partie  $b$  et  $+IT11$  sur la partie  $c$ .

3. — Quand on exige des dimensions plus grandes, il est recommandé de conserver les rapports indiqués dans la dernière ligne du tableau (voir paragraphe 5.4).

TABLE XIII  
Dimensions in millimetres of Type YEx — Range 3



Designation		Reference letter and tolerance code (see Table IV)							Effective parameters			
		a	b	c	d	e	f	Core area $A_{Fe}$ (mm <sup>2</sup> )	Magnetic path length $l_{Fe}$ (mm)	Core volume $V_{Fe}$ (cm <sup>3</sup> )	Core constant $C_1$ (cm <sup>-1</sup> )	
IEC (see Note 1)	National											
	USSR	±IT12	±IT12	+IT12 0	0 -IT12	+IT12 0	f					
YEx 3-10	III 10	40	35	25	10	30	5	95	90	8.55	9.47	
YEx 3-12	III 12	48	42	30	12	36	6	136.8	108	14.8	7.89	
YEx 3-16	III 16	64	56	40	16	48	8	243.2	144	35.0	5.92	
YEx 3-20	III 20	80	70	50	20	60	10	380	180	68.4	4.74	
YEx 3-25	III 25	100	87.5	62.5	25	75	12.5	594	225	134	3.79	
YEx 3-32	III 32	128	112	80	32	96	16	973	288	280	2.96	
YEx 3-40	III 40	160	140	100	40	120	20	1520	360	547	2.37	
Larger (see Note 3)		4 d	3.5 d	2.5 d	1 d	3 d	0.5 d					

Notes 1. — YEx designates YEE, YEF, YEI or YEL.

2. — The tolerance shown in the table for the dimensions b and c is that applicable to the two parts with pole faces in contact. The corresponding tolerance on one part of the lamination should be: ±IT11 for part of dimension b and +IT11 for part of dimension c.

3. — When larger sizes are required it is recommended that the ratios indicated in the last line of the table are maintained (see Sub-clause 5.4).