

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
317-20

Première édition  
First edition  
1988



Commission Electrotechnique Internationale

International Electrotechnical Commission

Международная Электротехническая Комиссия

## Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage

Vingtième partie: Fil de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé  
avec polyuréthane brasable, classe 155

## Specifications for particular types of winding wires

Part 20: Solderable polyurethane enamelled round copper  
winding wire, class 155

Publication  
317-20: 1988

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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

## Graphical and letter symbols

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

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

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

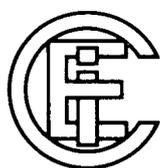
## IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
317-20

Première édition  
First edition  
1988



Commission Electrotechnique Internationale

International Electrotechnical Commission

Международная Электротехническая Комиссия

## Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage

Vingtième partie: Fil de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé  
avec polyuréthane brasable, classe 155

## Specifications for particular types of winding wires

Part 20: Solderable polyurethane enamelled round copper  
winding wire, class 155

© CEI 1988 Droits de reproduction réservés – Copyright - all rights reserved

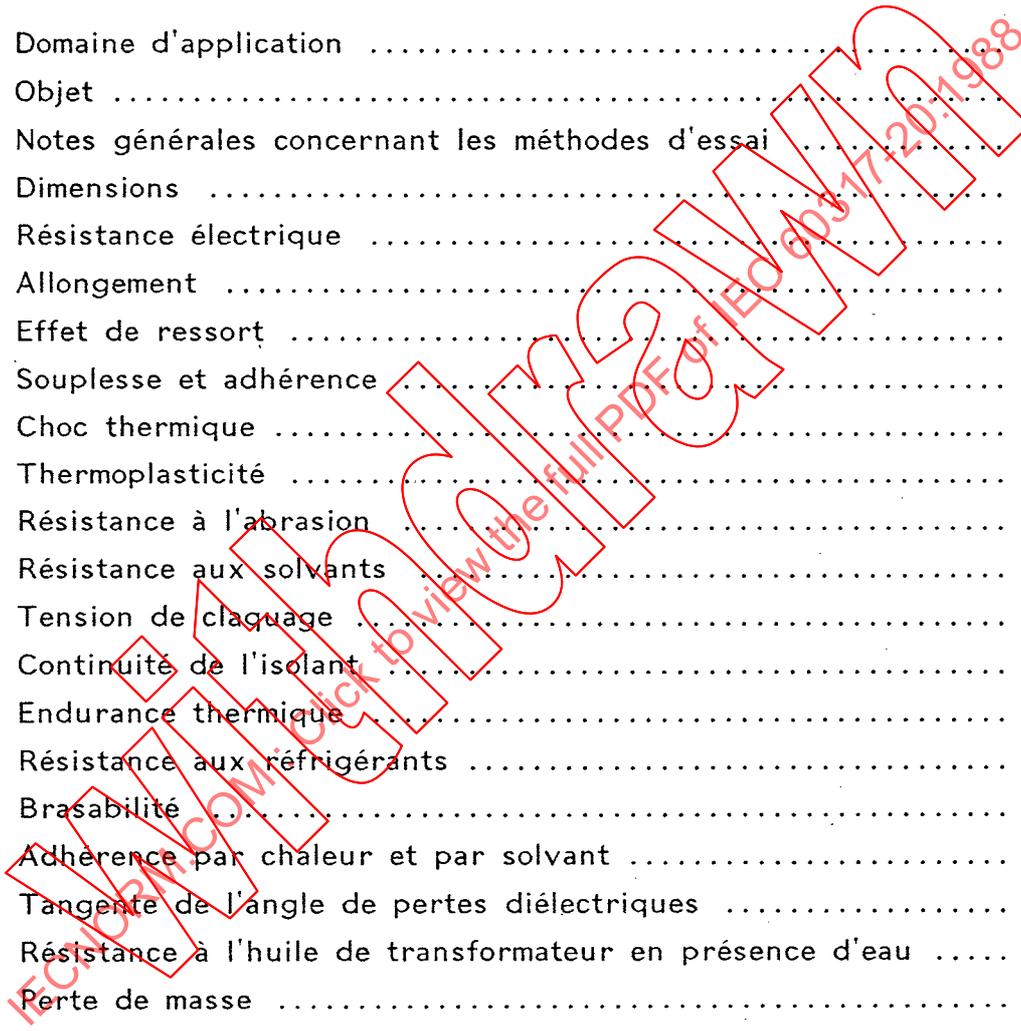
Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque  
forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la  
photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur

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

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE .....	4
PREFACE .....	4
INTRODUCTION .....	6
 Articles	
1. Domaine d'application .....	6
2. Objet .....	6
3. Notes générales concernant les méthodes d'essai .....	6
4. Dimensions .....	8
5. Résistance électrique .....	12
6. Allongement .....	14
7. Effet de ressort .....	16
8. Souplesse et adhérence .....	16
9. Choc thermique .....	18
10. Thermoplasticité .....	18
11. Résistance à l'abrasion .....	20
12. Résistance aux solvants .....	20
13. Tension de claquage .....	20
14. Continuité de l'isolant .....	24
15. Endurance thermique .....	24
16. Résistance aux réfrigérants .....	24
17. Brasabilité .....	24
18. Adhérence par chaleur et par solvant .....	26
19. Tangente de l'angle de pertes diélectriques .....	26
20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau .....	26
21. Perte de masse .....	26
22. Défaillance à haute température .....	26
30. Conditionnement .....	28
 ANNEXE A - Méthode de calcul de la résistance linéique .....	 30
ANNEXE B - Résistance .....	34
ANNEXE C - Méthode pour le calcul du diamètre extérieur minimal .....	36



## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
INTRODUCTION .....	7
 Clause	
1. Scope .....	7
2. Object .....	7
3. General notes on test methods .....	7
4. Dimensions .....	9
5. Electrical resistance .....	13
6. Elongation .....	15
7. Springiness .....	17
8. Flexibility and adherence .....	17
9. Heat shock .....	19
10. Cut through .....	19
11. Resistance to abrasion .....	21
12. Solvent resistance .....	21
13. Breakdown voltage .....	21
14. Continuity of covering .....	25
15. Thermal endurance .....	25
16. Resistance to refrigerants .....	25
17. Solderability .....	25
18. Heat and solvent bonding .....	27
19. Dielectric loss tangent .....	27
20. Resistance to transformer oil in the presence of water .....	27
21. Loss of mass .....	27
22. High temperature failure .....	27
30. Packaging .....	29
APPENDIX A - Method of calculation of linear resistance .....	31
APPENDIX B - Resistance .....	35
APPENDIX C - Method for the calculation of minimum overall diameter.....	37

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPECIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE

Vingtième partie: Fil de bobinage de section circulaire en cuivre  
émaillé avec polyuréthane brasable, classe 155

PREAMBULE

- 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.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
55(BC)315	55(BC)352

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

*Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:*

- Publications n<sup>os</sup> 172 (1987): Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés.  
182: Dimensions de base des fils de bobinage.  
182-1 (1984): Première partie: Diamètres de conducteurs pour fils de bobinage de section circulaire.  
182-2 (1987): Deuxième partie: Diamètres extérieurs maximaux des fils de bobinage de section circulaire, émaillés.  
264: Conditionnement des fils de bobinage.  
317: Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage.  
851: Méthodes d'essai des fils de bobinage.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRESPart 20: Solderable polyurethane enamelled round copper  
winding wire, class 155

## 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.

## PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 55: Winding wires.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
55(C0)315	55(C0)352

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

*The following IEC publications are quoted in this standard:*

- Publications Nos. 172 (1987): Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires.
- 182: Basic dimensions of winding wires.
- 182-1 (1984): Part 1: Diameters of conductors for round winding wires.
- 182-2 (1987): Part 2: Maximum overall diameters of enamelled round winding wires.
- 264: Packaging of winding wires.
- 317: Specifications for particular types of winding wires.
- 851: Methods of test for winding wires.

## SPECIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE

### Vingtième partie: Fil de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable, classe 155

#### INTRODUCTION

La présente norme constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série doit comporter quatre groupes définissant respectivement:

- 1) Les dimensions de base (Publication 182 de la CEI).
- 2) Les méthodes d'essai (Publication 851 de la CEI).
- 3) Les spécifications (Publication 317 de la CEI).
- 4) Le conditionnement (Publication 264 de la CEI).

#### 1. Domaine d'application

La présente norme concerne les fils de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé de classe 155 avec un revêtement unique à base de résine polyuréthane, qui peut être modifiée.

*Notes* 1.- Une résine modifiée est une résine qui a subi une modification chimique, ou qui contient un ou plusieurs additifs pour améliorer certaines performances ou des caractéristiques d'utilisation. Elle doit conserver l'identité chimique fondamentale de la résine initiale et répondre à toutes les exigences du fil.

2.- Un revêtement unique est un isolant fait d'un seul matériau.

Une classe 155 est une classe thermique qui exige un indice de température minimal de 155 et une température de choc thermique d'au moins 175 °C.

La gamme des diamètres nominaux des conducteurs couverte par la présente norme est:

- Grade 1: 0,018 mm jusqu'à et y compris 0,800 mm
- Grade 2: 0,020 mm jusqu'à et y compris 0,800 mm

*Note* - Les diamètres nominaux des conducteurs sont pris dans la Publication 182-1 de la CEI.

#### 2. Objet

Normaliser des exigences et des dimensions pour la gamme des fils mentionnée dans l'article 1.

#### 3. Notes générales concernant les méthodes d'essai

Toutes les méthodes d'essai utilisées dans la présente norme figurent dans la Publication 851 de la CEI.

Les numéros d'articles dans cette publication sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la Publication 851 de la CEI.

En cas de divergences entre la publication relative aux méthodes d'essai et la présente norme, la Publication 317-20 de la CEI prévaut.

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRESPart 20: Solderable polyurethane enamelled round copper  
winding wire, class 155

## INTRODUCTION

This standard is one of a series which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has four groups describing:

- 1) Basic dimensions (IEC Publication 182).
- 2) Methods of test (IEC Publication 851).
- 3) Specifications (IEC Publication 317).
- 4) Packaging (IEC Publication 264).

1. Scope

This standard relates to solderable enamelled round copper winding wire of class 155 with a sole coating based on polyurethane resin, which may be modified.

*Notes* 1.- A modified resin is a resin that has undergone a chemical change, or contains one or more additives to enhance certain performance or application characteristics. It should retain the essential chemical identity of the original resin and meet all specified wire requirements.

2.- A sole coating is an insulation made of one material.

Class 155 is a thermal class that requires a minimum temperature index of 155 and a heat shock temperature of at least 175 °C.

The range of nominal conductor diameters covered by this standard is:

- Grade 1: 0.018 mm up to and including 0.800 mm
- Grade 2: 0.020 mm up to and including 0.800 mm

*Note*.- The nominal conductor diameters are taken from IEC Publication 182-1.

2. Object

To standardize requirements and dimensions for the range of wires referred to in Clause 1.

3. General notes on test methods

All methods of test used in this standard are given in IEC Publication 851.

The clause numbers used in this publication are identical with the respective test numbers of IEC Publication 851.

In case of inconsistencies between the publication on methods of test and this standard, IEC Publication 317-20 shall prevail.

Dans le cas où aucune gamme des diamètres nominaux des conducteurs n'est donnée pour un essai, l'essai s'applique à tous les diamètres nominaux des conducteurs couverts par la feuille de spécification.

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45% à 75%. Le fil doit, avant exécution des mesures, être préconditionné dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que le fil atteigne la stabilité.

Le fil à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon qu'il ne soit pas soumis à une tension ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr que les échantillons ne comportent aucun fil endommagé.

Note.- Lorsque le terme "fil" est utilisé, il indique le matériau isolé à l'état de livraison; lorsque le terme "conducteur" est utilisé, il indique le métal nu après enlèvement du revêtement.

#### 4. Dimensions

##### 4.1 Diamètre extérieur maximal

Le diamètre extérieur ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau I.

Tableau I

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Diamètre extérieur maximal (mm)		Diamètre nominal du conducteur (mm)	Diamètre extérieur maximal (mm)	
	Grade 1	Grade 2		Grade 1	Grade 2
0,018	0,022	-	0,315	0,349	0,367
0,020	0,024	0,027	0,355	0,392	0,411
0,022	0,027	0,030	0,400	0,439	0,459
0,025	0,031	0,034	0,450	0,491	0,513
0,028	0,034	0,038	0,500	0,544	0,566
0,032	0,039	0,043	0,560	0,606	0,630
0,036	0,044	0,049	0,630	0,679	0,704
0,040	0,049	0,054	0,710	0,762	0,789
0,045	0,055	0,061	0,800	0,855	0,884
0,050	0,060	0,066			
0,056	0,067	0,074			
0,063	0,076	0,083			
0,071	0,084	0,091			
0,080	0,094	0,101			
0,090	0,105	0,113			
0,100	0,117	0,125			
0,112	0,130	0,139			
0,125	0,144	0,154			
0,140	0,160	0,171			
0,160	0,182	0,194			
0,180	0,204	0,217			
0,200	0,226	0,239			
0,224	0,252	0,266			
0,250	0,281	0,297			
0,280	0,312	0,329			

Where no specific range of nominal conductor diameters is given for a test, the test applies to all nominal conductor diameters covered by the specification sheet.

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out at a temperature from 15 °C to 35 °C and a relative humidity from 45% to 75%. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the specimens to reach stability.

The wire to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the wire will not be subjected to tension or unnecessary bends. Before each test, sufficient wire should be discarded to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

Note.- Where the word "wire" is used, it means the insulated wire as received; where the word "conductor" is used, it means the bare metal after removal of the coating.

#### 4. Dimensions

##### 4.1 *Maximum overall diameter*

The overall diameter shall not exceed the values given in Table I.

Table I

Nominal conductor diameter (mm)	Maximum overall diameter (mm)		Nominal conductor diameter (mm)	Maximum overall diameter (mm)	
	Grade 1	Grade 2		Grade 1	Grade 2
0.018	0.022	-	0.315	0.349	0.367
0.020	0.024	0.027	0.355	0.392	0.411
0.022	0.027	0.030	0.400	0.439	0.459
0.025	0.031	0.034	0.450	0.491	0.513
0.028	0.034	0.038	0.500	0.544	0.566
0.032	0.039	0.043	0.560	0.606	0.630
0.036	0.044	0.049	0.630	0.679	0.704
0.040	0.049	0.054	0.710	0.762	0.789
0.045	0.055	0.061	0.800	0.855	0.884
0.050	0.060	0.066			
0.056	0.067	0.074			
0.063	0.076	0.083			
0.071	0.084	0.091			
0.080	0.094	0.101			
0.090	0.105	0.113			
0.100	0.117	0.125			
0.112	0.130	0.139			
0.125	0.144	0.154			
0.140	0.160	0.171			
0.160	0.182	0.194			
0.180	0.204	0.217			
0.200	0.226	0.239			
0.224	0.252	0.266			
0.250	0.281	0.297			
0.280	0.312	0.329			

Notes 1.- Les diamètres extérieurs maximaux sont pris dans la Publication 182-2 de la CEI.

2.- Pour les diamètres extérieurs maximaux des diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires (R40), voir l'annexe A de la Publication 182-2 de la CEI.

4.2 *Tolérance sur le diamètre du conducteur* (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)

Le diamètre du conducteur ne doit pas s'écarter du diamètre nominal d'une valeur supérieure à la tolérance donnée dans le tableau II.

Note.- Pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,063 mm, les valeurs limites de résistance figurant dans le tableau IV sont applicables.

Tableau II

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Tolérance ± (mm)	Diamètre nominal du conducteur (mm)	Tolérance ± (mm)
0,071	0,003	0,400	0,005
0,080	0,003	0,450	0,005
0,090	0,003	0,500	0,005
0,100	0,003	0,560	0,006
0,112	0,003	0,630	0,006
0,125	0,003	0,710	0,007
0,140	0,003	0,800	0,008
0,160	0,003		
0,180	0,003		
0,200	0,003		
0,224	0,003		
0,250	0,004		
0,280	0,004		
0,315	0,004		
0,355	0,004		

Note.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la tolérance donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

4.3 *Faux-rond du conducteur* (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)

En chaque point, la différence entre les diamètres minimal et maximal ne doit pas être supérieure à la valeur des colonnes 2 et 4 du tableau II.

4.4 *Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant* (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)

L'accroissement de diamètre dû à l'isolant ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le tableau III.

- Notes 1.- The maximum overall diameters are taken from IEC Publication 182-2.
- 2.- For the maximum overall diameters of intermediate nominal conductor diameters (R40), see Appendix A of IEC Publication 182-2.

#### 4.2 Tolerance on conductor diameter (nominal conductor diameters over 0.063 mm)

The conductor diameter shall not differ from the nominal diameter by more than the limits given in Table II.

Note.- For wires up to and including 0.063 mm nominal conductor diameter, the resistance limits given in Table IV apply.

Table II

Nominal conductor diameter (mm)	Tolerance $\pm$ (mm)	Nominal conductor diameter (mm)	Tolerance $\pm$ (mm)
0.071	0.003	0.400	0.005
0.080	0.003	0.450	0.005
0.090	0.003	0.500	0.005
0.100	0.003	0.560	0.006
0.112	0.003	0.630	0.006
0.125	0.003	0.710	0.007
0.140	0.003	0.800	0.008
0.160	0.003		
0.180	0.003		
0.200	0.003		
0.224	0.003		
0.250	0.004		
0.280	0.004		
0.315	0.004		
0.355	0.004		

Note.- For intermediate nominal conductor diameters, the tolerance of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

#### 4.3 Out-of-roundness of conductor (nominal conductor diameters over 0.063 mm)

The difference between the minimum diameter and the maximum diameter, at any one point, shall not be more than the figure given in Columns 2 and 4 of Table II.

#### 4.4 Minimum increase in diameter due to the insulation (nominal conductor diameters over 0.063 mm)

The minimum increase in diameter due to the insulation shall not be less than the values given in Table III.

Tableau III

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Accroissement minimal (mm)		Diamètre nominal du conducteur (mm)	Accroissement minimal (mm)	
	Grade 1	Grade 2		Grade 1	Grade 2
0,071	0,007	0,012	0,400	0,021	0,040
0,080	0,007	0,014	0,450	0,022	0,042
0,090	0,008	0,015	0,500	0,024	0,045
0,100	0,008	0,016	0,560	0,025	0,047
0,112	0,009	0,017	0,630	0,027	0,050
0,125	0,010	0,019	0,710	0,028	0,053
0,140	0,011	0,021	0,800	0,030	0,056
0,160	0,012	0,023			
0,180	0,013	0,025			
0,200	0,014	0,027			
0,224	0,015	0,029			
0,250	0,017	0,032			
0,280	0,018	0,033			
0,315	0,019	0,035			
0,355	0,020	0,038			

Notes 1.- Les Comités nationaux peuvent utiliser des prescriptions de diamètres extérieurs minimaux à condition que ces derniers soient déterminés à partir des surépaisseurs minimales spécifiées dans le tableau III.

Pour le calcul, voir l'annexe C.

2.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

#### 5. Résistance électrique

Pour les diamètres nominaux jusqu'à et y compris 0,063 mm la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans le tableau IV.

Pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,063 mm aucune valeur de résistance électrique n'est spécifiée. Après accord entre acheteur et fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm jusqu'à et y compris 0,800 mm.

Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans l'annexe B.

Table III

Nominal conductor diameter (mm)	Minimum increase (mm)		Nominal conductor diameter (mm)	Minimum increase (mm)	
	Grade 1	Grade 2		Grade 1	Grade 2
0.071	0.007	0.012	0.400	0.021	0.040
0.080	0.007	0.014	0.450	0.022	0.042
0.090	0.008	0.015	0.500	0.024	0.045
0.100	0.008	0.016	0.560	0.025	0.047
0.112	0.009	0.017	0.630	0.027	0.050
0.125	0.010	0.019	0.710	0.028	0.053
0.140	0.011	0.021	0.800	0.030	0.056
0.160	0.012	0.023			
0.180	0.013	0.025			
0.200	0.014	0.027			
0.224	0.015	0.029			
0.250	0.017	0.032			
0.280	0.018	0.033			
0.315	0.019	0.035			
0.355	0.020	0.038			

Notes 1.- National Committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases as specified in Table III.

For the calculation see Appendix C.

2.- For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

## 5. Electrical resistance

For nominal conductor diameters up to and including 0.063 mm the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Table IV.

For nominal conductor diameters greater than 0.063 mm no resistance values are specified. By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters over 0.063 mm up to and including 0.800 mm.

In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Appendix B.

Tableau IV

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Résistance (Ω/m)		Diamètre nominal du conducteur (mm)	Résistance (Ω/m)	
	Min.	Max.		Min.	Max.
0,018	60,46	73,89	0,036	15,16	18,42
0,020	48,97	59,85	0,040	12,28	14,92
0,022	40,47	49,47	0,045	9,705	11,79
0,025	31,34	38,31	0,050	7,922	9,489
0,028	24,99	30,54	0,056	6,316	7,565
0,032	19,13	23,38	0,063	5,045	5,922

Notes 1.- Les limites indiquées dans le tableau IV sont dérivées de calculs effectués conformément à l'annexe A.

2.- Pour la résistance électrique nominale, voir l'annexe B.

6. Allongement

L'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le tableau V.

Tableau V

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Allongement minimal (%)	Diamètre nominal du conducteur (mm)	Allongement minimal (%)	Diamètre nominal du conducteur (mm)	Allongement minimal (%)
0,018	5	0,100	16	0,560	26
0,020	6	0,112	17	0,630	27
0,022	6	0,125	17	0,710	28
0,025	7	0,140	18	0,800	28
0,028	7	0,160	19		
0,032	8	0,180	20		
0,036	8	0,200	21		
0,040	9	0,224	21		
0,045	9	0,250	22		
0,050	10	0,280	22		
0,056	10	0,315	23		
0,063	12	0,355	23		
0,071	13	0,400	24		
0,080	14	0,450	25		
0,090	15	0,500	25		

Note.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur de l'allongement qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

Table IV

Nominal conductor diameter (mm)	Resistance ( $\Omega/m$ )		Nominal conductor diameter (mm)	Resistance ( $\Omega/m$ )	
	Min.	Max.		Min.	Max.
0.018	60.46	73.89	0.036	15.16	18.42
0.020	48.97	59.85	0.040	12.28	14.92
0.022	40.47	49.47	0.045	9.705	11.79
0.025	31.34	38.31	0.050	7.922	9.489
0.028	24.99	30.54	0.056	6.316	7.565
0.032	19.13	23.38	0.063	5.045	5.922

Notes 1.- The limits shown in Table IV are derived from calculations made according to Appendix A.

2.- For the nominal resistance, see Appendix B.

## 6. Elongation

The elongation at fracture shall not be less than the value given in Table V.

Table V

Nominal conductor diameter (mm)	Elongation minimum (%)	Nominal conductor diameter (mm)	Elongation minimum (%)	Nominal conductor diameter (mm)	Elongation minimum (%)
0.018	5	0.100	16	0.560	26
0.020	6	0.112	17	0.630	27
0.022	6	0.125	17	0.710	28
0.025	7	0.140	18	0.800	28
0.028	7	0.160	19		
0.032	8	0.180	20		
0.036	8	0.200	21		
0.040	9	0.224	21		
0.045	9	0.250	22		
0.050	10	0.280	22		
0.056	10	0.315	23		
0.063	12	0.355	23		
0.071	13	0.400	24		
0.080	14	0.450	25		
0.090	15	0.500	25		

Note.- For intermediate nominal conductor diameters, the elongation value of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

7. Effet de ressort

Quand le fil est essayé avec le mandrin et la traction spécifiés au tableau VI, il ne doit pas donner de valeurs supérieures à celles de ce tableau.

Tableau VI

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Diamètre du mandrin (mm)	Traction (N)	Effet de ressort maximal (degrés)	
			Grade	
			1	2
0,080 0,090 0,100	5	0,25	70 67 64	80 77 73
0,112 0,125 0,140	7	0,50	64 62 59	73 70 67
0,160 0,180 0,200	10	1,0	59 57 54	67 65 62
0,224 0,250 0,280	12,5	2,0	51 49 47	59 56 53
0,315 0,355 0,400	19	4,0	50 48 45	55 53 50
0,450 0,500 0,560	25	8,0	44 43 41	48 47 44
0,630 0,710 0,800	37,5	12,0	46 44 41	50 47 43

Note.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur de l'effet de ressort qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

8. Souplesse et adhérence

8.1 *Essai d'enroulement sur mandrin*

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après allongement du fil à la valeur spécifiée dans le tableau VII et enroulement sur le mandrin approprié.

## 7. Springiness

The wire shall not exceed the maximum springback as given in Table VI, when tested on the mandrel required using the specified tension.

Table VI

Nominal conductor diameter (mm)	Mandrel diameter (mm)	Tension (N)	Maximum springback (degrees)	
			Grade	
			1	2
0.080 0.090 0.100	5	0.25	70 67 64	80 77 73
0.112 0.125 0.140	7	0.50	64 62 59	73 70 67
0.160 0.180 0.200	10	1.0	59 57 54	67 65 62
0.224 0.250 0.280	12.5	2.0	51 49 47	59 56 53
0.315 0.355 0.400	19	4.0	50 48 45	55 53 50
0.450 0.500 0.560	25	8.0	44 43 41	48 47 44
0.630 0.710 0.800	37.5	12.0	46 44 41	50 47 43

Note.- For intermediate nominal conductor diameters, the springback figure of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

## 8. Flexibility and adherence

### 8.1 *Mandrel winding test*

The coating shall show no crack after the wire has been elongated as specified in Table VII and wound on the appropriate mandrel.

Tableau VII

Diamètre nominal du conducteur (mm)		Allongement avant enroulement sur mandrin (%)	Diamètre du mandrin**
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris		
-	0,050	20*	0,150 mm
0,050	0,800	-	D

\* Ou jusqu'à la rupture du cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.

\*\* D = le diamètre extérieur du fil.

### 8.2 Essai de traction brusque

Le revêtement ne doit présenter ni craquelure ni décollement.

### 9. Choc thermique

A 175 °C minimal:

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure. Le diamètre du mandrin est celui qui est spécifié dans le tableau VIII.

Tableau VIII

Diamètre nominal du conducteur (mm)		Diamètre du mandrin**
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	
-	0,040	0,150 mm*
0,040	0,160	3D*
0,160	0,250	4D*
0,250	0,800	2D

\* Avant d'être enroulée sur le mandrin, l'éprouvette doit être allongée de 20% ou jusqu'à la rupture du cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.

\*\* D = le diamètre extérieur du fil.

### 10. Thermoplasticité

Aucun claquage ne doit se produire pendant 2 min à une température de 200 °C.

Table VII

Nominal conductor diameter (mm)		Elongation before winding on mandrel (%)	Mandrel diameter**
Over	Up to and including		
-	0.050	20*	0.150 mm
0.050	0.800	-	D

\* Or to the breaking-point of the copper, whichever is less.

\*\* D = overall diameter of the wire.

### 8.2 Jerk test

The coating shall show no crack or loss of adhesion.

### 9. Heat shock

At 175 °C minimum:

The coating shall show no crack. The mandrel diameter shall be as specified in Table VIII.

Table VIII

Nominal conductor diameter (mm)		Mandrel diameter**
Over	Up to and including	
-	0.040	0.150 mm*
0.040	0.160	3D*
0.160	0.250	4D*
0.250	0.800	2D

\* Before winding on the mandrel, the specimen shall be stretched 20% or to the breaking-point of the copper, whichever is less.

\*\* D = overall diameter of the wire.

### 10. Cut through

No failure shall occur within 2 min at 200 °C.

11. Résistance à l'abrasion

11.1 *Diamètres nominaux des conducteurs au moins égaux à 0,250 mm et inférieurs ou égaux à 0,800 mm*

Le fil doit répondre aux prescriptions du tableau IX.

Tableau IX

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Grade 1		Grade 2	
	Charge minimale moyenne de rupture (N)	Charge minimale de rupture d'une mesure (N)	Charge minimale moyenne de rupture (N)	Charge minimale de rupture d'une mesure (N)
0,250	2,30	1,95	4,10	3,50
0,280	2,50	2,10	4,40	3,70
0,315	2,70	2,30	4,75	4,00
0,355	2,90	2,50	5,10	4,30
0,400	3,15	2,70	5,45	4,60
0,450	3,40	2,90	5,80	4,90
0,500	3,65	3,10	6,20	5,25
0,560	3,90	3,30	6,65	5,60
0,630	4,20	3,55	7,10	6,00
0,710	4,50	3,80	7,60	6,45
0,800	4,80	4,10	8,10	6,90

Note.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

12. Résistance aux solvants

12.1 *Essai au solvant normalisé*

Le revêtement ne doit pas être enlevé par un crayon de dureté "H".

13. Tension de claquage

Le fil doit répondre aux prescriptions spécifiées aux paragraphes 13.1 et 13.2, respectivement, lorsqu'il est essayé à la température ambiante et à la température de 155 °C quand ceci est demandé par l'acheteur.

13.1 *Diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 0,100 mm*

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le tableau X.

11. Resistance to abrasion11.1 *Nominal conductor diameters from 0.250 mm up to and including 0.800 mm*

The wire shall meet the requirements given in Table IX.

Table IX

Nominal conductor diameter (mm)	Grade 1		Grade 2	
	Minimum average force to failure (N)	Minimum force to failure of each measurement (N)	Minimum average force to failure (N)	Minimum force to failure of each measurement (N)
0.250	2.30	1.95	4.10	3.50
0.280	2.50	2.10	4.40	3.70
0.315	2.70	2.30	4.75	4.00
0.355	2.90	2.50	5.10	4.30
0.400	3.15	2.70	5.45	4.60
0.450	3.40	2.90	5.80	4.90
0.500	3.65	3.10	6.20	5.25
0.560	3.90	3.30	6.65	5.60
0.630	4.20	3.55	7.10	6.00
0.710	4.50	3.80	7.60	6.45
0.800	4.80	4.10	8.10	6.90

Note.- For intermediate nominal conductor diameters, the value of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

12. Solvent resistance12.1 *Standard solvent test*

Using a pencil of hardness "H" the coating shall not be removed.

13. Breakdown voltage

The wire shall meet the requirements given in Sub-clauses 13.1 and 13.2, respectively, when tested at room temperature and at 155 °C when this is required by the purchaser.

13.1 *Nominal conductor diameters up to and including 0.100 mm*

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table X.

Tableau X

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Tension minimale de claquage (valeur efficace) (V)	
	Grade 1	Grade 2
	Température du local	
0,018	110	-
0,020	120	250
0,022	130	275
0,025	150	300
0,028	170	325
0,032	190	375
0,036	225	425
0,040	250	475
0,045	275	550
0,050	300	600
0,056	325	650
0,063	375	700
0,071	425	700
0,080	425	850
0,090	500	900
0,100	500	950

Note.- Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

13.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm et inférieurs ou égaux à 0,800 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le tableau XI.

Tableau XI

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Tension minimale de claquage (valeur efficace) (V)			
	Grade 1		Grade 2	
	Température du local	155 °C	Température du local	155 °C
0,112	1 300	1 000	2 700	2 000
0,125	1 500	1 100	2 800	2 100
0,140	1 600	1 200	3 000	2 300
0,160	1 700	1 300	3 200	2 400
0,180	1 700	1 300	3 300	2 500
0,200	1 800	1 400	3 500	2 600
0,224	1 900	1 400	3 700	2 800
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700

Table X

Nominal conductor diameter  (mm)	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) (V)	
	Grade 1	Grade 2
	At room temperature	
0.018	110	-
0.020	120	250
0.022	130	275
0.025	150	300
0.028	170	325
0.032	190	375
0.036	225	425
0.040	250	475
0.045	275	550
0.050	300	600
0.056	325	650
0.063	375	700
0.071	425	700
0.080	425	850
0.090	500	900
0.100	500	950

Note.- For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

### 13.2 Nominal conductor diameters over 0.100 mm up to and including 0.800 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table XI.

Table XI

Nominal conductor diameter  (mm)	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) (V)			
	Grade 1		Grade 2	
	Room temperature	155 °C	Room temperature	155 °C
0.112	1 300	1 000	2 700	2 000
0.125	1 500	1 100	2 800	2 100
0.140	1 600	1 200	3 000	2 300
0.160	1 700	1 300	3 200	2 400
0.180	1 700	1 300	3 300	2 500
0.200	1 800	1 400	3 500	2 600
0.224	1 900	1 400	3 700	2 800
0.250	2 100	1 600	3 900	2 900
0.280	2 200	1 700	4 000	3 000
0.315	2 200	1 700	4 100	3 100
0.355	2 300	1 700	4 300	3 200
0.400	2 300	1 700	4 400	3 300
0.450	2 300	1 700	4 400	3 300
0.500	2 400	1 800	4 600	3 500
0.560	2 500	1 900	4 600	3 500
0.630	2 600	2 000	4 800	3 600
0.710	2 600	2 000	4 800	3 600
0.800	2 600	2 000	4 900	3 700

*Note.* - Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

14. Continuité de l'isolant

A l'étude.

15. Endurance thermique

Quand l'endurance thermique d'éprouvettes non imprégnées est vérifiée selon la méthode donnée dans la Publication 172 de la CEI, la température correspondant à la durée de vie extrapolée à 20 000 h ne doit pas être inférieure à 155 °C et la durée de vie mesurée à la température d'essai la plus basse ne doit pas être inférieure à 5 000 h.

Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés fournira la preuve que le fil satisfait aux prescriptions d'endurance thermique.

L'essai doit être effectué avec un fil de 0,800 mm, Grade 2, sauf convention entre acheteur et fournisseur.

*Notes* 1.- Les prescriptions relatives à l'endurance thermique basées sur une durée de vie extrapolée à 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas reçu d'imprégnation et non pas comme à un élément d'un système d'isolation.

2.- La température en degrés Celsius correspondant à l'indice de température n'est pas nécessairement celle à laquelle il est recommandé d'utiliser le fil et cela dépendra de beaucoup de facteurs, y compris du type d'équipement considéré.

16. Résistance aux réfrigérants

L'essai ne doit pas s'appliquer.

17. Brasabilité

17.1 *Diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 0,050 mm*

La température du bain de soudure est de  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Le temps d'immersion maximal est de 2 s.

La surface du fil étamé doit être lisse, sans trous ni résidus d'émail.

*Note.*- For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

#### 14. Continuity of covering

Under consideration.

#### 15. Thermal endurance

When unvarnished specimens are tested in accordance with the method given in IEC Publication 172, the temperature corresponding to an extrapolated life of 20 000 h shall not be less than 155 °C and the measured life at the lowest test temperature shall not be less than 5 000 h.

When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for thermal endurance.

The test shall be carried out on a wire having a nominal conductor diameter of 0.800 mm Grade 2, unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

*Notes* 1.- The thermal endurance requirement based on an extrapolated life of 20 000 h relates to enamelled wires tested unvarnished and not as part of an insulation system.

2.- The temperature in degrees Celsius corresponding to the temperature index is not necessarily that at which the wire is recommended to be operated and this will depend on many factors, including the type of equipment involved.

#### 16. Resistance to refrigerants

Test inappropriate.

#### 17. Solderability

##### 17.1 *Nominal conductor diameters up to and including 0.050 mm*

The temperature of the solder bath shall be  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . The maximum immersion time shall be 2 s.

The surface of the tinned wire shall be smooth and free from holes and enamel residues.

17.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,050 mm jusqu'à et y compris 0,100 mm

La température du bain de soudure est de  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Le temps d'immersion maximal est de 2 s.

La surface du fil étamé doit être lisse, sans trous ni résidus d'émail.

17.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm

La température du bain de soudure est de  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Le temps d'immersion maximal (en secondes) est le multiple ci-dessous du diamètre nominal du conducteur (en millimètres) avec un minimum de 3 s.

Grade 1	Grade 2
10x	15x

La surface du fil étamé doit être lisse, sans trous ni résidus d'émail.

18. Adhérence par chaleur et par solvant

L'essai ne peut pas s'appliquer.

19. Tangente de l'angle de pertes diélectriques

La tangente de l'angle de pertes diélectriques à 1 MHz environ ne doit pas dépasser  $300 \times 10^{-4}$ .

Note - Cet essai est applicable seulement aux fils utilisés dans les bobinages haute fréquence.

20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau

L'essai ne doit pas s'appliquer.

21. Perte de masse

L'essai ne doit pas s'appliquer.

22. Défaillance à haute température

Il existe une méthode d'essai, mais aucune prescription pour son application éventuelle.

17.2 *Nominal conductor diameters over 0.050 mm up to and including 0.100 mm*

The temperature of the solder bath shall be  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . The maximum immersion time shall be 2 s.

The surface of the tinned wire shall be smooth and free from holes and enamel residues.

17.3 *Nominal conductor diameters over 0.100 mm*

The temperature of the solder bath shall be  $(390 \pm 5)^\circ\text{C}$ . The maximum immersion time (in seconds) shall be the following multiple of the nominal conductor diameter (in millimetres) with a minimum of 3 s.

Grade 1	Grade 2
10x	15x

The surface of the tinned wire shall be smooth and free from holes and enamel residues.

18. Heat and solvent bonding

Test inappropriate.

19. Dielectric loss tangent

The dielectric loss tangent at approximately 1 MHz shall not exceed  $300 \times 10^{-4}$ .

Note.- This test is only applicable for wires to be used in high frequency coils.

20. Resistance to transformer oil in the presence of water

Test inappropriate.

21. Loss of mass

Test inappropriate.

22. High temperature failure

Test appropriate but no requirements specified.

### 30. Conditionnement

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, par exemple l'effet de ressort.

Le conditionnement, par exemple le type de la bobine de livraison, doit donc faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Le fil doit être enroulé régulièrement et de façon compacte sur les bobines ou dans les fûts d'emballage. Chaque bobine ou fût ne doit pas contenir plus d'une longueur de fil sauf accord entre acheteur et fournisseur. Quand il y a plus d'une longueur, l'identification portée sur l'étiquette ainsi que le repérage des longueurs doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Quand les fils sont fournis en couronnes, les dimensions et les poids maximaux de ces couronnes doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur, ainsi que les dispositions supplémentaires prises pour protéger ces couronnes.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-20:1988

Withdram

### 30. Packaging

The kind of packaging may influence certain properties of the wire, e.g. springback.

Therefore the kind of packaging, e.g. the type of spool, shall be agreed between purchaser and supplier.

The wire shall be evenly and compactly wound on spools or placed in containers. No spool or container shall contain more than one length of wire unless agreed to by purchaser and supplier. Marking of the label when there is more than one length, and for identification of the separate lengths in the package, shall be agreed to by purchaser and supplier.

Where wires are delivered in coils, the dimensions and the maximum weights of such coils shall be agreed between purchaser and supplier. Any additional protection for coils shall also be agreed between purchaser and supplier.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-25:2008

Without watermark

ANNEXE A

METHODE DE CALCUL DE LA RESISTANCE LINEIQUE

Les valeurs extrêmes de la résistance électrique sont calculées sur les bases suivantes:

1) Pour diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 0,063 mm

Les valeurs des rapports:

$K_{min}$  de la résistance minimale à la résistance nominale, et

$K_{max}$  de la résistance maximale à la résistance nominale

sont imposées pour chaque diamètre nominal du conducteur.

La résistance linéique est calculée à partir de:

$$R_{min} = K_{min} \times \rho_{nom} \times q_{nom}^{-1} \quad (\Omega m^{-1})$$

$$R_{max} = K_{max} \times \rho_{nom} \times q_{nom}^{-1} \quad (\Omega m^{-1})$$

où:

$K_{min}$  et  $K_{max}$  ont les valeurs données dans le tableau ci-dessous

$\rho_{nom}$  est prise égale à  $1,758,5 \Omega mm^2 m^{-1}$

$q_{nom}$  est la section droite du conducteur en millimètres carrés, calculée à partir de  $d_{nom}$  selon la relation

$$q_{nom} = \frac{\pi}{4} \times d_{nom}^2$$

Tableau

$d_{nom}$ (mm)	$K_{min}$	$K_{max}$
0,018	0,900	1,100
0,020	0,900	1,100
0,022	0,900	1,100
0,025	0,900	1,100
0,028	0,900	1,100
0,032	0,900	1,100
0,036	0,903	1,097
0,040	0,903	1,097
0,045	0,903	1,097
0,050	0,910	1,090
0,056	0,910	1,090
0,063	0,920	1,080

## APPENDIX A

## METHOD OF CALCULATION OF LINEAR RESISTANCE

The limits of electrical resistance are calculated on the following basis:

1) For nominal conductor diameters up to and including 0.063 mm

The values of the ratios:

$K_{\min}$  of the minimum resistance to the nominal resistance, and

$K_{\max}$  of the maximum resistance to the nominal resistance

are given for each nominal conductor diameter.

The linear resistance is calculated from:

$$R_{\min} = K_{\min} \times \rho_{\text{nom}} \times q_{\text{nom}}^{-1} \quad (\Omega \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = K_{\max} \times \rho_{\text{nom}} \times q_{\text{nom}}^{-1} \quad (\Omega \text{m}^{-1})$$

where:

$K_{\min}$  and  $K_{\max}$  have the values given in the table below

$\rho_{\text{nom}}$  is  $1/58.5 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$

$q_{\text{nom}}$  is the cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from  $d_{\text{nom}}$  by

$$q_{\text{nom}} = \frac{\pi}{4} \times d_{\text{nom}}^2$$

Table

$d_{\text{nom}}$ (mm)	$K_{\min}$	$K_{\max}$
0.018	0.900	1.100
0.020	0.900	1.100
0.022	0.900	1.100
0.025	0.900	1.100
0.028	0.900	1.100
0.032	0.900	1.100
0.036	0.903	1.097
0.040	0.903	1.097
0.045	0.903	1.097
0.050	0.910	1.090
0.056	0.910	1.090
0.063	0.920	1.080