

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1089**

Première édition
First edition
1991-05

**Conducteurs pour lignes aériennes
à brins circulaires, câblés en couches
concentriques**

**Round wire concentric lay overhead
electrical stranded conductors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1089: 1991

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
1089

Première édition
First edition
1991-05

**Conducteurs pour lignes aériennes
à brins circulaires, câblés en couches
concentriques**

**Round wire concentric lay overhead
electrical stranded conductors**

© CEI 1991 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 pro-
cédé, 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
 Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Système de désignation	8
4 Définitions	8
5 Prescriptions pour un conducteur câblé	10
5.1 Matériau	10
5.2 Dimensions des conducteurs	10
5.3 Surface	12
5.4 Câblage	12
5.5 Raccordements	12
5.6 Densité linéique - Masse par unité de longueur	14
5.7 Résistance mécanique du conducteur	16
6 Essais	18
6.1 Classification des essais	18
6.2 Essais exigés	18
6.3 Echantillonnage	20
6.4 Longueur de l'échantillon	20
6.5 Essais de type	20
6.6 Essais sur échantillon	22
6.7 Contrôle	24
6.8 Acceptation ou refus	26
7 Emballage et marquage	26
7.1 Emballage	26
7.2 Marquage et tare	26
7.3 Longueurs courtes	26
 ANNEXES	
A Renseignements devant être fournis par l'acheteur	28
B Méthode d'essai de contrainte – déformation	30
C Masse de graisse des conducteurs câblés	38
D Dimensions recommandées et tableaux des propriétés des conducteurs	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Designation system	9
4 Definitions	9
5 Requirements for stranded conductors	11
5.1 Material	11
5.2 Conductor sizes	11
5.3 Surface	13
5.4 Stranding	13
5.5 Joints	13
5.6 Linear density – Mass per unit length	15
5.7 Conductor strength	17
6 Tests	19
6.1 Classification of tests	19
6.2 Test requirements	19
6.3 Sample size	21
6.4 Sample length	21
6.5 Type tests	21
6.6 Sample tests	23
6.7 Inspection	25
6.8 Acceptance or rejection	27
7 Packaging and marking	27
7.1 Packaging	27
7.2 Marking and tare	27
7.3 Random lengths	27
ANNEXES	
A Information to be supplied by purchaser	29
B Stress-strain test method	31
C Nominal mass of grease for stranded conductors	39
D Recommended conductor sizes and tables of conductor properties	45

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES À BRINS CIRCULAIRES, CÂBLÉS EN COUCHES CONCENTRIQUES

AVANT-PROPOS

- 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.

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 7 de la CEI: Conducteurs nus en aluminium.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
7(BC)429	7(BC)430	7(BC)431	7(BC)433

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette norme remplace les publications suivantes:

CEI 207: 1966, *Conducteurs câblés en aluminium.*

CEI 208: 1966, *Conducteurs câblés en alliage d'aluminium (type aluminium-magnésium-silicium).*

CEI 209: 1966, *Conducteurs en aluminium - acier.*

CEI 210: 1966, *Conducteurs en alliage d'aluminium - acier.*

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la présente norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROUND WIRE CONCENTRIC LAY OVERHEAD
ELECTRICAL STRANDED CONDUCTORS

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.

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 7: Bare aluminium conductors.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
7(CO)429	7(CO)430	7(CO)431	7(CO)433

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

This standard replaces the following publications:

IEC 207: 1966, *Aluminium stranded conductors*.

IEC 208: 1966, *Aluminium alloy stranded conductors (aluminium-magnesium-silicon type)*.

IEC 209: 1966, *Aluminium conductors, steel-reinforced*.

IEC 210: 1966, *Aluminium alloy conductors, steel-reinforced*.

Annexes A, B and C form an integral part of this International Standard.

Annex D is for information only.

CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES À BRINS CIRCULAIRES, CÂBLÉS EN COUCHES CONCENTRIQUES

1 Domaine d'application

1.1 La présente Norme internationale prescrit les caractéristiques électriques et mécaniques des conducteurs pour lignes aériennes à brins circulaires, câblés en couches concentriques et constitués d'une combinaison des différents fils métalliques suivants:

- a) aluminium écroui dur selon la CEI 889 désigné par A1*;
- b) alliage d'aluminium type B selon la CEI 104 désigné par A2*;
- c) alliage d'aluminium type A selon la CEI 104 désigné par A3* (et, le cas échéant pour l'âme du conducteur, selon la CEI 888);
- d) acier normal désigné par S1A ou S1B, pour lesquels A et B sont les classes de revêtement de zinc, correspondant respectivement aux classes 1 et 2;
- e) acier à haute résistance désigné par S2A et S2B;
- f) acier à très haute résistance désigné par S3A.

1.2 Les désignations des conducteurs inclus dans cette norme sont:

A1, A2, A3,
A1/S1A, A1/S1B, A1/S2A, A1/S2B, A1/S3A, A2/S1A,
A2/S1B, A2/S3A, A3/S1A,
A3/S1B, A3/S3A, A1/A2, A1/A3.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 104: 1987, *Fils en alliage d'aluminium-magnésium-silicium pour conducteurs de lignes aériennes.*

CEI 888: 1987, *Fils en acier zingué pour conducteurs câblés.*

CEI 889: 1987, *Fils d'aluminium écroui dur pour conducteurs de lignes aériennes.*

* La résistivité de ces métaux est la suivante (en ordre croissant):

A1: 28,264 nΩm (correspondant à 61% IACS),
A2: 32,530 nΩm (correspondant à 53% IACS),
A3: 32,840 nΩm (correspondant à 52,5% IACS).

ROUND WIRE CONCENTRIC LAY OVERHEAD ELECTRICAL STRANDED CONDUCTORS

1 Scope

1.1 This International Standard specifies the electrical and mechanical characteristics of round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors made of combinations of any of the following metal wires:

- a) hard-drawn aluminium as per IEC 889 designated A1*;
- b) aluminium alloy type B as per IEC 104 designated A2*;
- c) aluminium alloy type A as per IEC 104 designated A3* (and when applicable to the following cores, as per IEC 888);
- d) regular strength steel, designated S1A or S1B, where A and B are zinc coating classes, corresponding respectively to classes 1 and 2;
- e) high strength steel, designated S2A or S2B;
- f) extra high strength steel, designated S3A.

1.2 The conductor designations included in this standard are:

A1, A2, A3,
A1/S1A, A1/S1B, A1/S2A, A1/S2B, A1/S3A, A2/S1A,
A2/S1B, A2/S3A, A3/S1A,
A3/S1B, A3/S3A, A1/A2, A1/A3.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication of this standard, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 104: 1987, *Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors*.

IEC 888: 1987, *Zinc-coated steel wires for stranded conductors*.

IEC 889: 1987, *Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors*.

* The resistivity of these metals is as follows (in increasing order):

A1: 28,264 nΩm (corresponding to 61% IACS),
A2: 32,530 nΩm (corresponding to 53% IACS),
A3: 32,840 nΩm (corresponding to 52,5% IACS).

3 Système de désignation

3.1 Un système de désignation est utilisé pour identifier les conducteurs câblés constitués d'aluminium avec ou sans fils d'acier.

3.2 Les conducteurs homogènes en aluminium sont désignés par Ax, où x identifie le type d'aluminium.

3.3 Les conducteurs bi-métalliques en aluminium sont désignés par Ax/Ay, où Ax identifie les fils externes (enveloppe) et Ay identifie les fils internes (ou «âme»).

3.4 Les conducteurs bi-métalliques en aluminium-acier sont désignés par Ax/Syz où Ax identifie les fils externes (enveloppe) d'aluminium, et Syz identifie l'âme d'acier. Dans la désignation des fils d'acier, y représente le type d'acier (normal, à haute ou très haute résistance) et z la classe du revêtement de zinc (A ou B).

3.5 Les conducteurs sont identifiés de la façon suivante:

- a) un code numérique indique la section conductrice équivalente en aluminium A1 exprimée en mm²;
- b) une désignation identifie le type des fils constituant le conducteur. Pour les conducteurs bi-métalliques la première désignation s'applique à l'enveloppe et la seconde à l'âme;
- c) un ou deux nombres indiquent le câblage du conducteur. Pour les conducteurs bi-métalliques le premier nombre indique le nombre de fils de l'enveloppe et le second nombre indique le nombre de fils de l'âme.

Exemples:

500-A1-37: Conducteur constitué de 37 fils d'aluminium A1. Sa section est de 500 mm².

500-A2-37: Conducteur constitué de 37 fils d'aluminium A2 d'une section totale conductrice équivalente à 500 mm² d'aluminium A1. Dans les tableaux en annexe D, on constate que la section réelle est égale à 575 mm².

500-A1/S1A-45/7: Conducteur constitué de 45 fils d'aluminium A1 et de 7 fils d'acier normal ayant un revêtement de zinc de classe 1. La section d'aluminium A1 est de 500 mm² et, d'après les tableaux de l'annexe D, la section d'acier S1A est de 34,6 mm².

500-A3/S3A-54/7: Conducteur constitué de 54 fils d'aluminium A3 et de 7 fils d'acier à très haute résistance ayant un revêtement de zinc de classe 1. Du point de vue de la conductivité, la section d'aluminium A3 est équivalente à une section de 500 mm² d'aluminium A1 (la section réelle de l'aluminium A3 est de 581 mm² et celle de l'acier de 75,3 mm², valeurs qui figurent dans les tableaux de l'annexe D).

4 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

aluminium: Tous les types d'aluminium et d'alliages d'aluminium répertoriés.

conducteur: Matériau destiné à transporter du courant électrique et constitué de plusieurs fils, sans isolation entre eux, câblés ensemble.

3 Designation system

3.1 A designation system is used to identify stranded conductors made of aluminium, with or without steel wires.

3.2 Homogeneous aluminium conductors are designated Ax, where x identifies the type of aluminium.

3.3 Composite aluminium conductors are designated Ax/Ay, where Ax identifies external wires (or the envelope) and Ay identifies internal wires (or the core).

3.4 Composite aluminium-steel conductors are designated Ax/Syz, where Ax identifies the external aluminium wires (envelope), and Syz identifies the steel core. In the designation of steel wires, y represents the type of steel (regular, high or extra high strength) and z represents the class of zinc coating (A or B).

3.5 Conductors are identified as follows:

- a) a code number giving the equivalent conductive section of A1 aluminium expressed in mm²;
- b) a designation identifying the type of wires constituting the conductor. For composite conductors the first designation applies to the envelope and the second to the core;
- c) one or two numbers giving the stranding of the conductor. For composite conductors, the first number identifies the number of wires of the envelope and the second identifies the number of wires of the core.

Examples:

500-A1-37: Conductor made of 37 wires of A1 aluminium. Its area is 500 mm².

500-A2-37: Conductor made of 37 wires of A2 aluminium with a total conductive area equivalent to 500 mm² of A1 aluminium. From the tables of annex D we find its actual area is equal to 575 mm².

500-A1/S1A-45/7: Conductor made of 45 wires of A1 aluminium and 7 wires of regular strength steel with class 1 zinc coating. The area of A1 aluminium is 500 mm² and, from the tables of annex D, the area of S1A steel is 34,6 mm².

500-A3/S3A-54/7: Conductor made of 54 wires of A3 aluminium and 7 wires of extra high strength steel with class 1 zinc coating. The A3 aluminium area is equivalent in conductivity to 500 mm² of A1 aluminium (the actual area of A3 aluminium is 581 mm² and of steel is 75,3 mm², which can be obtained from the tables of annex D).

4 Definitions

The following definitions apply in this International Standard:

aluminium: All types of aluminium and aluminium alloys listed.

conductor: A material intended to be used for carrying electric current consisting of a plurality of uninsulated wires twisted together.

conducteur câblé à couches concentriques: Conducteur composé d'une âme centrale recouverte par une ou plusieurs couches successives de fils enroulés en hélices de sens alternés.

sens de câblage: Sens de rotation d'une couche de fils quand on s'éloigne de l'observateur. Le câblage est dit «à droite» s'il va dans le sens des aiguilles d'une montre et «à gauche» s'il va dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Autre définition: le sens de câblage est défini comme «à droite» ou «à gauche». Pour un câblage «à droite» les fils se présentent dans la même direction que la partie centrale de la lettre Z quand le conducteur est tenu verticalement. Pour un câblage «à gauche» les fils se présentent dans la même direction que la partie centrale de la lettre S quand le conducteur est tenu verticalement.

pas de câblage: Longueur axiale d'une spire complète de l'hélice formée par un fil individuel d'un conducteur câblé.

rapport de câblage: Rapport entre le pas de câblage et le diamètre extérieur de la couche correspondante des fils dans le conducteur câblé.

lot: Ensemble de conducteurs fabriqués par un même producteur dans des conditions de production semblables. Un lot peut être constitué de tout ou partie de la quantité achetée.

nominal: Nom ou valeur de référence d'une propriété mesurable par lequel ou par laquelle un conducteur ou un composant de conducteur est identifié et auquel ou à laquelle des tolérances sont appliquées. Les valeurs nominales doivent être les valeurs visées.

rapport d'acier: Pour les conducteurs Ax/Syz, le rapport de la section d'acier à la section d'aluminium, en pour-cent.

fil: Brin de métal tréfilé ayant une section droite circulaire constante.

5 Prescriptions pour un conducteur câblé

5.1 Matériau

Le conducteur câblé est constitué de fils d'aluminium à brins circulaires et, le cas échéant, de fils d'acier à brins circulaires recouverts de zinc. Tous les fils doivent avoir, avant câblage, les propriétés prescrites dans la CEI 104, la CEI 888 et la CEI 889.

5.2 Dimensions des conducteurs

Une liste des dimensions des conducteurs est donnée à titre indicatif dans l'annexe informative D et il est recommandé lors de nouvelles conceptions de conducteurs de choisir leurs dimensions dans cette liste. Des dimensions et des câblages pour des lignes existantes ou déjà construites ne figurant pas dans la présente norme peuvent être étudiés et fournis après accord entre le producteur et l'acheteur; les prescriptions appropriées de cette norme doivent alors être appliquées.

concentric lay stranded conductor: A conductor composed of a central core surrounded by one or more adjacent layers of wires being laid helically in opposite directions.

direction of lay: The direction of twist of a layer of wires as it moves away from the viewer. A right-hand lay is a clockwise direction and a left-hand lay is an anti-clockwise direction.

Alternative definition: The direction of lay is defined as right-hand or left-hand. With right-hand lay, the wires conform to the direction of the central part of the letter Z when the conductor is held vertically. With left-hand lay, the wires conform to the direction of the central part of the letter S when the conductor is held vertically.

lay length: The axial length of one complete turn of the helix formed by an individual wire in a stranded conductor.

lay ratio: Means the ratio of the lay length to the external diameter of the corresponding layer of wires in the stranded conductor.

lot: A group of conductors manufactured by the same manufacturer under similar conditions of production. A lot may consist of part or all of the purchased quantity.

nominal: The name or identifying value of a measurable property by which a conductor or component of a conductor is identified and to which tolerances are applied. Nominal values should be target values.

steel ratio: The ratio of steel area to aluminium area as a percentage in Ax/Syz conductors.

wire: A filament of drawn metal having a constant circular cross-section.

5 Requirements for stranded conductors

5.1 Material

Stranded conductors shall be made up of round aluminium wires and, when applicable, of round zinc-coated steel wires. All wires shall have before stranding the properties specified in IEC 104, IEC 888 and IEC 889.

5.2 Conductor sizes

A list of conductor sizes is given as guidance in annex D and it is recommended that for new designs of conductor sizes should be selected from those listed. Conductors for existing or established designs of overhead lines as well as sizes and strandings not included in this standard may be designed and supplied as agreed upon by the manufacturer and purchaser and the relevant requirements of this standard shall apply.

5.3 Surface

La surface du conducteur doit être exempte de toute imperfection, visible à l'oeil nu ou normalement corrigée, telle que entailles, arrachements, etc., incompatible avec une bonne pratique commerciale.

5.4 Câblage

5.4.1 Tous les fils du conducteur doivent être câblés en couches concentriques.

5.4.2 Les couches de fils adjacentes doivent être câblées en sens contraires. La couche extérieure doit être câblée «à droite» sauf mention particulière portée sur la commande.

5.4.3 Les fils de chaque couche doivent être câblés régulièrement en contact étroit avec le fil ou les fils de la couche sous-jacente.

5.4.4 Les rapports de câblage pour les couches de fils en acier zingué doivent être les suivants:

- a) le rapport de câblage pour la couche de six fils d'une âme de sept fils ou de 19 fils d'acier ne doit pas être inférieur à 16 ni supérieur à 26;
- b) le rapport de câblage pour la couche de 12 fils d'une âme à 19 fils d'acier ne doit pas être inférieur à 14 ni supérieur à 22.

5.4.5 Les rapports de câblage pour les couches d'aluminium de tous les types de conducteurs doivent être les suivants:

- a) le rapport de câblage pour la couche extérieure de fils d'aluminium ne doit pas être inférieur à 10 ni supérieur à 14;
- b) les rapports de câblage pour les couches intérieures de fils d'aluminium ne doivent pas être inférieurs à 10 ni supérieurs à 16.

5.4.6 Dans une âme d'acier de 19 fils, le rapport de câblage de la couche de 12 fils ne doit pas être supérieur au rapport de câblage de la couche de six fils. De même, dans un conducteur ayant plusieurs couches de fils d'aluminium, le rapport de câblage d'une quelconque couche d'aluminium ne doit pas être supérieur au rapport de câblage de la couche d'aluminium immédiatement sous-jacente.

5.4.7 Tous les fils d'acier doivent rester naturellement à leur place dans l'âme câblée et quand l'âme est coupée, les extrémités des fils doivent rester en place ou être replacées facilement à la main et rester alors à peu près en position. Cette exigence s'applique aussi à la couche extérieure des fils d'aluminium.

5.4.8 Avant câblage, tous les fils d'aluminium et d'acier doivent avoir des températures sensiblement uniformes.

5.5 Raccordements

5.5.1 Aucun raccordement, quel qu'il soit, ne doit être fait sur une âme ou sur le ou les fils d'une âme en acier zingué durant le câblage.

5.5.2 Ne pas utiliser plus d'un fil d'aluminium comportant un raccordement, comme autorisé dans les spécifications indiquées en 5.1, par longueur de conducteur.

5.3 Surface

The surface of the conductor shall be free from all imperfections visible to the unaided eye (normal corrective lenses accepted), such as nicks, indentations, etc., not consistent with good commercial practice.

5.4 Stranding

5.4.1 All wires of the conductor shall be concentrically stranded.

5.4.2 Adjacent wire layers shall be stranded with reverse lay directions. The direction of lay of the external layer shall be "right-hand" except when specifically indicated in the purchase order.

5.4.3 The wires in each layer shall be evenly and closely stranded around the underlying wire or wires.

5.4.4 The lay ratios for the zinc-coated steel wire layers shall be as follows:

- a) the lay ratio for the six-wire layer of 7 and 19-wire steel cores shall be not less than 16 nor more than 26;
- b) the lay ratio for the 12-wire layer of 19-wire steel core shall be not less than 14 nor more than 22.

5.4.5 The lay ratios for the aluminium layers of all types of conductor shall be as follows:

- a) the lay ratio for the outside layer of aluminium wires shall be not less than 10 nor more than 14;
- b) the lay ratios for the inner layers of aluminium wires shall be not less than 10 nor more than 16.

5.4.6 In a 19-wire steel core, the lay ratio of the 12-wire layer shall be not greater than the lay ratio of the 6-wire layer. Similarly, in a conductor having multiple layers of aluminium wires, the lay ratio of any aluminium layer shall be not greater than the lay ratio of the aluminium layer immediately beneath it.

5.4.7 All steel wires shall lie naturally in their position in the stranded core, and where the core is cut, the wire ends shall remain in position or be readily replaced by hand and then remain approximately in position. This requirement also applies to the outer layer of aluminium wires of a conductor.

5.4.8 Before stranding, aluminium and steel wires shall have approximately uniform temperatures.

5.5 Joints

5.5.1 There shall be no joints of any kind made in the zinc-coated steel core wire or wires during stranding.

5.5.2 No more than one jointed aluminium finished wire as permitted in the references of 5.1 shall be used per length of conductor.

5.5.3 Pendant le câblage, aucune soudure de fil d'aluminium ne doit être faite pour atteindre la longueur de câble requise.

5.5.4 Des raccordements sont autorisés pour les ruptures inévitables de fils d'aluminium durant le câblage à condition que ces ruptures ne soient associées ni à un défaut inhérent au fil ni à l'usage de longueurs courtes de fils d'aluminium. Les soudures doivent être conformes à la géométrie du fil d'origine, c'est-à-dire que les soudures doivent être ébavurées à un diamètre égal à celui des fils mères et ne doivent pas présenter d'irrégularités.

Pour les fils d'aluminium, le nombre de soudures ne doit pas excéder les valeurs données au tableau 1. D'autre part, toute soudure doit être distante d'au moins 15 m d'une autre soudure sur le même fil ou sur tout autre fil d'aluminium du conducteur.

Les soudures doivent être réalisées par soudure électrique, soudure électrique refoulée à froid, soudure à froid par pression (note 1) ou toute autre méthode approuvée. Ces soudures doivent être réalisées en conformité avec les bonnes pratiques commerciales. Le premier type de soudure doit être recuit électriquement sur approximativement 250 mm de chaque côté de la soudure.

Tableau 1 – Nombre de raccordements dans les conducteurs en aluminium

Nombre de couches d'aluminium	Raccordements permis par longueur de conducteurs
1	2
2	3
3	4
4	5

5.5.5 Il n'est pas exigé que les soudures définies en 5.5.4 aient les caractéristiques du fil d'origine (note 2). Cependant, la résistance mécanique à la rupture ne doit pas être inférieure à 75 MPa pour les soudures électriques recuites et 130 à MPa pour les soudures à froid par pression et pour les soudures électriques refoulées à froid. Le fabricant doit démontrer que la méthode de soudure proposée permet d'obtenir les charges de rupture demandées.

NOTES

- 1 Certains pays exigent le recuit des soudures à froid réalisées avec les matériaux A2 et A3.
- 2 Le comportement de soudures de fils correctement espacées dans des conducteurs câblés est lié à la fois à la résistance à la rupture et à l'allongement. En raison de meilleures propriétés d'allongement, la plus faible résistance d'une soudure électrique recuite donne des performances globales semblables à celles d'une soudure à froid ou d'une soudure électrique refoulée à froid.

5.6 Densité linéique - Masse par unité de longueur

5.6.1 Les masses indiquées dans les tableaux de l'annexe D ont été calculées pour chaque dimension et câblage de conducteur en utilisant les densités de l'aluminium et de l'acier zingué figurant dans les normes indiquées en 5.1, les coefficients de câblage indiqués dans le tableau 2 et les sections droites des fils d'aluminium et d'acier zingué, calculées à partir de leurs diamètres théoriques non arrondis.

5.5.3 During stranding, no aluminium wire welds shall be made for the purpose of achieving the required conductor length.

5.5.4 Joints are permitted in aluminium wires unavoidably broken during stranding, provided such breaks are not associated with either inherently defective wire or with the use of short lengths of aluminium wires. Joints shall conform to the geometry of original wire, i.e. joints shall be dressed smoothly with a diameter equal to that of the parent wires and shall not be kinked.

Joints in aluminium wires shall not exceed those specified in table 1. These joints shall not be closer than 15 m from a joint in the same wire or in any other aluminium wire of the completed conductor.

Joints shall be made by electric butt welding, electric butt cold upset welding or cold pressure welding (note 1) and other approved methods. These joints shall be made in accordance with good commercial practice. The first type of joints shall be electrically annealed for approximately 250 mm on both sides of the weld.

Table 1 – Number of joints permitted
in aluminium conductors

Number of aluminium layers	Joints permitted per conductor length
1	2
2	3
3	4
4	5

5.5.5 While the joints specified in 5.5.4 are not required to meet the requirements of un-jointed wires (note 2), they shall withstand a stress of not less than 75 MPa for annealed electric butt welded joints, and not less than 130 MPa for cold pressure and electric butt cold upset welded joints. The manufacturer shall demonstrate that the proposed welding method is capable of meeting the specified strength requirements.

NOTES

1 It is a practice in some countries to require the annealing of cold pressure joints made in A2 or A3 material.

2 The behaviour of properly spaced wire joints in stranded conductor is related to both tensile strength and elongation. Because of higher elongation properties, the lower strength annealed electric butt welded joint gives a similar overall performance to that of a cold pressure or an electric butt cold upset welded joint.

5.6 Linear density – Mass per unit length

5.6.1 The masses given in the tables of annex D have been calculated for each size and stranding of conductor using densities for the aluminium and zinc-coated steel wires as given in the standards listed in 5.1, the stranding increments given in table 2, and the cross-sectional areas for aluminium and zinc-coated steel wires based on their theoretical unrounded diameters.

5.6.2 Les coefficients d'augmentation de masse due au câblage (note 1), établis sur la base des rapports moyens de câblage indiqués en 5.4.4 et 5.4.5, figurent dans le tableau 2 en pour-cent.

5.6.3 Lorsqu'un conducteur doit être graissé, la masse nominale de graisse (note 2) doit être calculée selon la méthode décrite à l'annexe C.

NOTES

1 La masse d'un conducteur câblé dépend des rapports de câblage. A l'exception du fil central, tous les fils sont plus longs que le conducteur câblé, et l'augmentation de poids dépend des rapports de câblage utilisés.

2 Les prescriptions pour les graisses sont à l'étude.

Tableau 2 – Coefficients d'augmentation normalisés* résultant du câblage

Câblage du conducteur				Coefficient d'augmentation en %		
Aluminium		Acier		Masse		Résistance électrique
Nombre de fils	Nombre de couches**	Nombre de fils	Nombre de couches**	Aluminium	Acier	
6	1	1	–	1,52	–	1,52
18	2	1	–	1,90	–	1,90
7	1	–	–	1,31	–	1,31
18	2	1	–	1,90	–	1,90
22	2	7	1	2,04	0,43	2,04
26	2	7	1	2,16	0,43	2,16
19	2	–	–	1,80	–	1,80
37	3	–	–	2,04	–	2,04
61	4	–	–	2,19	–	2,19
45	3	7	1	2,23	0,43	2,23
54	3	7	1	2,33	0,43	2,33
72	4	7	1	2,32	0,43	2,32
84	4	7	1	2,40	0,43	2,40
91	5	–	–	2,30	–	2,30
54	3	19	2	2,33	0,77	2,33
72	4	19	2	2,32	0,77	2,32
84	4	19	2	2,40	0,77	2,40

* Ces coefficients ont été calculés en prenant des rapports de câblages moyens pour chaque couche d'aluminium ou d'acier.

** Nombre de couches de chaque type de fils à l'exclusion du fil central.

5.7 Résistance mécanique du conducteur

5.7.1 La résistance à la traction assignée d'un conducteur homogène en aluminium est prise comme égale à la somme des résistances à la traction minimales de chacun des fils comme défini en 5.7.4.

5.7.2 La résistance à la traction assignée des conducteurs bi-métalliques Ax/Syz est la somme de la résistance à la traction de la partie en aluminium et de la résistance de l'acier correspondant à un allongement compatible avec celui de l'aluminium au moment

5.6.2 The increments (note 1) in per cent, for mass due to stranding, based on the mean lay ratios given in 5.4.4 and 5.4.5, shall be taken as given in table 2.

5.6.3 Whenever a conductor is to be greased (note 2), the nominal mass of grease shall be calculated according to the method given in annex C.

NOTES

1 The mass of a stranded conductor is affected by the lay factor. With the exception of the centre wire, all wires are longer than the stranded conductor and the increase in mass depends upon the lay ratio employed.

2 Grease requirements are under consideration.

Table 2 – Standard* increments due to stranding

Stranding of conductor				Increment (increase) %		
Aluminium		Steel		Mass		Electrical resistance
Number of wires	Number of layers**	Number of wires	Number of layers**	Aluminium	Steel	
6	1	1	–	1,52	–	1,52
18	2	1	–	1,90	–	1,90
7	1	–	–	1,31	–	1,31
18	2	1	–	1,90	–	1,90
22	2	7	1	2,04	0,43	2,04
26	2	7	1	2,16	0,43	2,16
19	2	–	–	1,80	–	1,80
37	3	–	–	2,04	–	2,04
61	4	–	–	2,19	–	2,19
45	3	7	1	2,23	0,43	2,23
54	3	7	1	2,33	0,43	2,33
72	4	7	1	2,32	0,43	2,32
84	4	7	1	2,40	0,43	2,40
91	5	–	–	2,30	–	2,30
54	3	19	2	2,33	0,77	2,33
72	4	19	2	2,32	0,77	2,32
84	4	19	2	2,40	0,77	2,40

* These increments have been calculated using average lay ratios for each applicable layer of aluminium or steel.

** Number of layers of each type of wire not including the central wire.

5.7 Conductor strength

5.7.1 The rated tensile strength of a homogeneous aluminium conductor shall be taken as the sum of the minimum tensile strength of all wires as defined in 5.7.4.

5.7.2 The rated tensile strength of composite Ax/Syz conductors shall be the sum of the tensile strength of the aluminium portion plus the strength of steel corresponding to an elongation compatible with that of aluminium at rupture load. For the purpose of

de sa rupture. Pour permettre une spécification et pour des raisons de commodité, cette résistance de l'acier est prise, par défaut, comme égale à la charge correspondant à un allongement de 1% sur une éprouvette de 250 mm de longueur.

5.7.3 La résistance à la traction assignée des conducteurs bi-métalliques en aluminium (A1/A2 ou A1/A3) est la somme de la résistance à la traction de la partie en A1 et de 95% de celle de la partie en A2 ou A3.

5.7.4 La résistance à la traction d'un fil élémentaire est le produit de sa section nominale par la contrainte minimale à la rupture indiquée dans les normes mentionnées en 5.1.

6 Essais

6.1 Classification des essais

6.1.1 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier les caractéristiques principales d'un conducteur, caractéristiques qui dépendent essentiellement de sa constitution. Ils sont effectués une seule fois, soit pour une nouvelle conception, soit pour un nouveau procédé de fabrication de conducteur et, par conséquent, refaits uniquement en cas de changement de conception ou de procédé de fabrication.

Les essais de type ne doivent être effectués que sur un conducteur qui satisfait à toutes les exigences des essais sur échantillon.

6.1.2 Essais sur échantillon

Les essais sur échantillon sont destinés à garantir la qualité des conducteurs et leur conformité aux exigences de la présente Norme.

6.2 Essais exigés

Les essais exigés sont les suivants:

6.2.1 Essais de type

- a) soudures des fils d'aluminium;
- b) courbes de contrainte-déformation;
- c) résistance à la rupture du conducteur.

6.2.2 Essais sur échantillon

- a) sur fil avant câblage:
 - application des normes relatives aux fils;
- b) sur le conducteur:
 - surface de la section droite;
 - diamètre hors tout;
 - densité linéique;
 - aspect de surface;
 - rapport de câblage et sens de câblage.

specification and practicability, this strength of steel is conservatively established as the stress corresponding at 1% elongation in a 250 mm gauge length.

5.7.3 The rated tensile strength of composite aluminium conductors (A1/A2 or A1/A3) shall be taken as the sum of the tensile strength of A1 portion plus 95% of the tensile strength of A2 or A3 portion.

5.7.4 The tensile strength of any single wire is the product of its nominal area and the appropriate minimum stress given in the standards listed in 5.1.

6 Tests

6.1 Classification of tests

6.1.1 Type tests

Type tests are intended to verify the main characteristics of a conductor which depend mainly on its design. They are carried out once for a new design or manufacturing process of conductor and then subsequently repeated only when the design or manufacturing process is changed.

Type tests shall be carried out only on a conductor which meets the requirements of all the relevant sample tests.

6.1.2 Sample tests

Sample tests are intended to guarantee the quality of conductors and compliance with the requirements of this standard.

6.2 Test requirements

Test requirements are as follows:

6.2.1 Type tests

- a) joints in aluminium wires;
- b) stress-strain curves;
- c) breaking strength of conductor.

6.2.2 Sample tests

- a) on wire before stranding:
 - as per the applicable wire standards;
- b) on the conductor:
 - cross-sectional area;
 - overall diameter;
 - linear density;
 - surface condition;
 - lay ratio and direction of lay.

6.3 *Echantillonnage*

Les échantillons pour les essais décrits en 6.2.2 sont prélevés au hasard à l'extrémité de 10% des tourets de conducteur. Toutefois, le contrôle de l'aspect de surface des conducteurs doit être effectué sur tous les tourets avant douvage.

6.4 *Longueur de l'échantillon*

6.4.1 Les échantillons destinés aux essais sur brins élémentaires en aluminium et en acier zingué pour l'âme sont pris avant câblage et essayés conformément aux normes indiquées en 5.1.

6.4.2 Les échantillons destinés aux essais des fils après câblage, lorsqu'ils sont demandés, sont constitués de longueurs de conducteur de 1,5 m, coupées à l'extrémité des bobines ou des tourets de conducteurs.

6.4.3 La longueur de l'échantillon nécessaire aux essais de traction et de contrainte-déformation doit être d'au moins 400 fois le diamètre du conducteur sans être inférieure à 10 m.

Ce paragraphe prescrit la longueur d'échantillon minimale permettant une bonne précision des courbes de contrainte-déformation. Lorsque le fabricant peut prouver qu'une longueur plus courte permet d'obtenir une aussi bonne précision tout en donnant satisfaction à l'acheteur avec de bons résultats comparatifs, des échantillons plus courts peuvent être utilisés.

6.5 *Essais de type*

6.5.1 Les courbes de contrainte-déformation sont à fournir en tant qu'essais de type lorsqu'elles sont demandées par l'acheteur et doivent représenter la meilleure connaissance du comportement en charge du conducteur acheté.

6.5.2 En cas d'accord entre l'acheteur et le fournisseur au moment de la commande, les essais de contrainte-déformation sont réalisés sur le conducteur et, le cas échéant, sur l'âme d'acier, conformément à la méthode indiquée dans l'annexe B.

6.5.3 *Essai de traction du conducteur*

Lorsque des essais de résistance à la rupture du conducteur sont demandés, aucune rupture de brins ne doit survenir avant d'atteindre 95% de la charge correspondant à la résistance à la traction assignée selon 5.7.

La résistance à la rupture du conducteur est déterminée par traction du conducteur sur un banc d'essai adapté ayant une précision d'au moins $\pm 1\%$. Il est recommandé que la vitesse d'accroissement de la charge soit conforme à B.6.8 de l'annexe B. Pour réaliser cet essai, des raccords appropriés sont installés aux extrémités des échantillons de conducteur. Durant cet essai, la résistance à la rupture du conducteur est donnée par la charge atteinte au moment de la rupture d'un ou de plusieurs brins. Un nouvel essai, jusqu'à trois essais au total, peut être fait si la rupture du brin est située à moins de 1 cm d'un raccord alors que l'effort n'a pas atteint la résistance à la rupture prescrite.

6.3 *Sample size*

Samples for the tests specified in 6.2.2 shall be taken at random from the outer end of 10% of the drums of conductor. However, the inspection of the surface condition of the conductor shall be carried out on every drum prior to lagging.

6.4 *Sample length*

6.4.1 Samples for tests on individual aluminium and zinc-coated steel core wires shall be taken before stranding and tested in accordance with the standards listed in 5.1.

6.4.2 Samples for tests of individual wires after stranding when requested, shall consist of a 1,5 m length or cut from the outer end of the coils or drums of conductors.

6.4.3 The sample length required for tensile and stress-strain tests shall be at least 400 times the diameter of the conductor but not less than 10 m.

The length of samples in this subclause is the minimum required for a good accuracy of stress-strain curves. In cases where the manufacturer can demonstrate to the satisfaction of the purchaser with significant comparative test results that a shorter length can give equally accurate results then a short length of samples may be used.

6.5 *Type tests*

6.5.1 Stress-strain curves shall be supplied as a type test when requested by the purchaser and shall represent the best knowledge of the behaviour of the purchased conductor under load.

6.5.2 If agreed between purchaser and supplier when placing an order, stress-strain tests shall be performed on the conductor and, when applicable, on the steel core, in accordance with the method given in annex B.

6.5.3 *Tensile test of the conductor*

When tests for breaking strength of conductors are required, these shall withstand, without the fracture of any wire not less than 95% of their rated tensile strength calculated according to 5.7.

The breaking strength of conductors shall be determined by pulling a conductor in a suitable tensile testing machine having an accuracy of at least $\pm 1\%$. It is recommended that the rate of increase of load should be as in B.6.8 of annex B. For the purposes of this test, appropriate fittings shall be installed on the ends of the conductor samples. During this test, the breaking strength of the conductor shall be determined by the load attained at which one or more wires of the conductor are fractured. A retest, up to a total of three tests, may be made if wire fracture occurs within 1 cm of the end fittings and the tensile strength falls below the specified breaking strength requirements.

6.5.4 Soudage des fils d'aluminium

Le fabricant doit démontrer à l'acheteur que le procédé utilisé pour raccorder les fils d'aluminium permet d'obtenir les résistances demandées en 5.5.5 en communiquant des résultats d'essais récents ou en réalisant les essais nécessaires.

6.6 Essais sur échantillon

6.6.1 Surface de la section droite

6.6.1.1 La surface de la section droite de la portion en aluminium d'un conducteur câblé est prise comme la somme des surfaces des fils d'aluminium composant le conducteur, déterminées par des mesures de diamètre faites conformément à 6.6.1.3.

Cette surface ne doit pas s'écarter de la valeur nominale de plus de $\pm 2\%$ pour chaque échantillon et de plus de $\pm 1,5\%$ pour la moyenne de quatre mesures dont les positions sont choisies au hasard à un espacement minimal de 20 cm.

6.6.1.2 La surface de la section de l'âme d'acier, le cas échéant, est prise comme étant la somme des surfaces des sections des fils composant l'âme d'acier, déterminées par des mesures de diamètre faites conformément à 6.6.1.3.

6.6.1.3 Le diamètre d'un brin inclut le revêtement, le cas échéant, et doit être mesuré en utilisant un micromètre à faces plates pour l'enclume et pour la touche, gradué pour lire le millièème de millimètre. Le diamètre d , en millimètres, est la moyenne de trois mesures de diamètre. Chacune de ces mesures correspond à la moyenne de la mesure la plus grande et la plus petite faite près de chacune des extrémités et au centre de l'échantillon.

6.6.2 Diamètre du conducteur

Le diamètre du conducteur doit être mesuré à mi-chemin entre la filière et le cabestan de tirage de la câbleuse.

Les mesures sont faites avec un micromètre gradué au centième de millimètre. Le diamètre est la moyenne de deux lectures, arrondies au centième de millimètre, prises en un même point orthogonalement.

La tolérance par rapport au diamètre nominal doit être de:

- $\pm 1\%$ pour les diamètres supérieurs ou égaux à 10 mm;
- $\pm 0,1$ mm pour les diamètres inférieurs à 10 mm.

6.6.3 Densité linéique - Masse par unité de longueur

La densité linéique (masse par unité de longueur) du conducteur est déterminée au moyen de matériels pouvant garantir une précision de $\pm 0,1\%$.

La densité linéique du conducteur sans graisse ne doit pas s'écarter de la valeur nominale indiquée dans les tableaux de plus de $\pm 2\%$.

La masse de graisse dans un conducteur est déterminée par la différence entre la masse du conducteur avec graisse et celle du même conducteur après dégraissage. La masse de graisse ne doit pas être inférieure à la valeur prescrite à l'annexe C.

6.5.4 *Welding of aluminium wires*

The manufacturer shall demonstrate to the purchaser that the method used for jointing aluminium wires meets the strength requirements of 5.5.5 by supplying recent test results or by performing the necessary tests.

6.6 *Sample tests*

6.6.1 *Cross-sectional area*

6.6.1.1 The cross-sectional area of the aluminium portion of a stranded conductor shall be taken as the sum of the areas of the aluminium wires composing the conductor based on the diameter measurements made in accordance with 6.6.1.3.

This area shall not vary from the nominal value by more than $\pm 2\%$ in any sample and by more than $\pm 1,5\%$ for the average of any four measured values at locations selected at random with a minimum spacing of 20 cm.

6.6.1.2 The area of steel core, where applicable, shall be taken as the sum of the areas of the solid wires composing the steel core based on the diameter measurements made in accordance with 6.6.1.3.

6.6.1.3 The diameter of a wire shall include the metallic coating, where applicable, and shall be measured using a micrometer caliper having flat surfaces on both the anvil and the end of the spindle and graduated to be read in micrometres. The diameter d in millimetres shall be the average of three diameter measurements, each of which is the average of the maximum and minimum readings at a point taken near each end and in the centre of the sample.

6.6.2 *Conductor diameter*

The conductor diameter shall be measured midway between the closing die and the capstan on the stranding machine.

Measurements shall be made with a caliper graduated to be read in 0,01 mm. The diameter shall be the average of two readings, rounded to two decimals of a millimetre, taken at right angles to each other at the same location.

The diameter of the conductor shall not vary by:

$\pm 1\%$ for diameters larger than or equal to 10 mm;

$\pm 0,1$ mm for diameters smaller than 10 mm.

6.6.3 *Linear density – Mass per unit length*

The linear density (mass per unit length) of the conductor shall be determined by using apparatus capable of achieving an accuracy of $\pm 0,1\%$.

The mass of the conductor per unit length without grease shall not vary from its nominal value given in the tables by more than $\pm 2\%$.

The mass of grease in a conductor shall be determined from the difference between the mass of the conductor with grease and its mass after removing all the grease. The mass of grease shall correspond at least to the minimum values specified in annex C.

6.6.4 *Résistance à la rupture des fils*

Lorsqu'ils sont demandés, les essais de résistance à la rupture sont faits sur des fils prélevés sur des conducteurs après câblage. La longueur de fil nécessaire aux essais est retirée de sa position et redressée en prenant soin, dans toute la mesure du possible, de ne pas l'allonger.

La surface de la section droite du fil est déterminée à partir des mesures de diamètres effectuées selon la méthode décrite en 6.6.1.3. Alors, le fil redressé est installé sur une machine d'essai de traction adaptée. La charge doit être appliquée progressivement. La vitesse d'écartement des mors de la machine d'essai ne doit pas être inférieure à 25 mm par minute ni supérieure à 100 mm par minute.

La charge de rupture divisée par la surface de la section droite du fil ne doit pas être inférieure à 95% de la contrainte demandée avant câblage. (Les 5% de réduction prennent en compte la manutention et la torsion des fils au cours du câblage.)

6.6.5 *Aspect de surface*

La surface du conducteur doit être conforme aux exigences de 5.3.

6.6.6 *Rapport de câblage et sens de câblage*

Le rapport de câblage de chaque couche du conducteur est déterminé par le rapport de la mesure du pas de câblage de la couche à celle du diamètre extérieur de cette même couche.

Les valeurs obtenues doivent être conformes aux exigences de 5.4. En outre, le sens de câblage de chaque couche doit être noté et doit également être conforme aux exigences de 5.4.

6.7 *Contrôle*

6.7.1 Tous les essais et contrôles doivent être effectués à l'usine du fabricant avant expédition, sauf accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'achat, et doivent être menés de façon à ne pas gêner inutilement les opérations du fabricant. Le fabricant doit mettre à la disposition du contrôleur représentant l'acheteur tous les moyens d'essais nécessaires et suffisants pour qu'il puisse s'assurer que le produit est conforme à la présente norme.

6.7.2 Quand le contrôle doit être effectué par l'acheteur avant expédition, tous les essais doivent être réalisés dans les 10 jours après notification à l'acheteur que le matériel est prêt pour les essais; le matériel doit être accepté ou rejeté à l'usine du fabricant. Si l'acheteur n'a pas de représentant présent à l'usine du fabricant pour essayer le matériel à l'expiration des 10 jours, le fabricant doit faire les essais prévus et fournir à l'acheteur, à sa demande, des copies officielles des résultats d'essais; l'acheteur doit accepter ou rejeter la marchandise en accord avec les résultats de ces essais. Sinon le fabricant peut fournir des résultats d'essais appropriés si ces essais ont déjà été effectués durant la production.

6.6.4 *Breaking strength of wires*

When required, breaking strength tests shall be made on wires obtained from conductors after stranding. The specimen of wires shall be taken from the conductor sample and shall be removed from its position and straightened, care being taken not to stretch it in so doing.

The cross-sectional area of the wire is determined from the diameter measurements indicated in 6.6.1.3. Then the straightened wire shall be installed in a suitable tensile testing machine. The load shall be applied gradually with a rate of separation of the jaws not less than 25 mm per minute and not greater than 100 mm per minute.

The load at failure divided by the cross-sectional area of the wire shall be not less than 95% of the applicable stress requirements prior to stranding. (The 5% reduction accounts for handling and twisting of wires during stranding.)

6.6.5 *Surface condition*

The surface of the conductor shall comply with the requirements of 5.3.

6.6.6 *Lay ratio and direction of lay*

The lay ratio of each layer of the conductor shall be obtained through the ratio of the measured lay length to the external diameter of the applicable layer.

The obtained values shall comply with the requirements of 5.4. In addition the direction of each layer shall be noted and shall also comply with the requirements of 5.4.

6.7 *Inspection*

6.7.1 All tests and inspection shall be made at the manufacturer's plant prior to shipment unless mutually agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of purchase and shall be so conducted as not to interfere unnecessarily with the manufacturer's operations. The manufacturer shall afford the inspector, representing the purchaser, all necessary and sufficient testing facilities in order to satisfy him that the material is being furnished in accordance with this standard.

6.7.2 When inspection is to be made by the purchaser before shipment, the tests shall all be made within 10 days after receipt of a notice by the purchaser that the material is ready to test, and the material shall be accepted or rejected at the manufacturer's plant. If the purchaser does not have a representative present at the manufacturer's plant to test the material at the expiration of the said 10 days, the manufacturer shall make the tests herein provided for and furnish to the purchaser, when requested, official copies of the results of such tests, and the purchaser shall accept or reject the material in accordance with the results of such tests. Alternatively, the manufacturer may provide relevant test results if these have already been carried out in production.

6.8 *Acceptation ou refus*

6.8.1 Lorsqu'un échantillon en essai ne satisfait pas à une quelconque des prescriptions de la présente norme, le lot représenté par l'échantillon pourra être rejeté.

6.8.2 Si un lot est ainsi rejeté, le fabricant doit avoir le droit d'essayer, une fois seulement, chacun des tourets de conducteurs du lot et de présenter à l'acceptation ceux qui répondent aux prescriptions.

7 *Emballage et marquage*

7.1 *Emballage*

Le conducteur doit être convenablement protégé contre les dommages qui peuvent se produire lors de la manutention et du transport.

NOTE - Les éléments suivants doivent faire l'objet d'une entente entre le fabricant et l'acheteur au moment de la commande ou le plus tôt possible:

- a) le type, la taille de l'emballage et la méthode d'emballage;
- b) les prescriptions d'encombrement et de trou d'axe du touret et également la disponibilité du bout intérieur du conducteur pour une mise à la terre lorsque les conditions de déroulage imposent des mesures particulières.

7.2 *Marquage et tare*

Les poids brut et net, tare, longueur (ou nombre et longueur, si plusieurs longueurs sont acceptées sur un même touret), désignation et toute autre identification nécessaire doivent être convenablement indiqués à l'intérieur de l'emballage. Ces mêmes informations, avec le numéro du bon de commande, le numéro de série du fabricant (s'il existe) ainsi que tout marquage d'expédition et autres informations doivent apparaître à l'extérieur de chaque emballage.

7.3 *Longueurs courtes*

Les longueurs courtes de conducteurs, inévitables lors de la fabrication, ne doivent pas excéder 5% du total de la commande, à condition qu'aucune d'elles ne soit inférieure à 50% de la longueur contractuelle.

6.8 *Acceptance or rejection*

6.8.1 Failure of a test specimen to comply with any one of the requirements of this standard shall constitute grounds for rejection of the lot represented by the specimen.

6.8.2 If any lot is so rejected, the manufacturer shall have the right to test, only once, all individual drums of conductors in the lot and submit those which meet the requirements for acceptance.

7 *Packaging and marking*

7.1 *Packaging*

The conductor shall be suitably protected against damage which could occur in ordinary handling and shipping.

NOTE - The following shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser at the time of placing the order or at the earliest possible time:

- a) the type and size of package and method of packing;
- b) the packaging size and drum bore requirements and also the availability of the inner end of the conductor for grounding purposes, where conductor stringing practices require special consideration.

7.2 *Marking and tare*

The gross, net and tare weight, length (or length and number of pieces, if more than one length is agreed upon to be supplied on the same drum), designation, and any other necessary identification shall be suitably marked inside the package. This same information, together with the purchase order number, the manufacturer's serial number (if any) and all shipping marks and other information shall appear on the outside of each package.

7.3 *Random lengths*

Random lengths of conductors unavoidably obtained during production shall not exceed 5% of the length providing that no piece is less than 50% of the contractual length.

Annexe A **(normative)**

Renseignements devant être fournis par l'acheteur

Lors d'un appel d'offre ou d'une commande, l'acheteur doit communiquer les renseignements suivants:

- a) quantité de conducteurs;
- b) section droite, désignation et câblage du conducteur;
- c) longueur de conducteur par touret, tolérance et, le cas échéant, appariement des longueurs;
- d) type et taille des emballages et méthode d'emballage;
- e) prescriptions spéciales d'emballage, si nécessaire;
- f) prescriptions de douvage, si nécessaire;
- g) si le contrôle est exigé et le lieu de contrôle;
- h) si des essais sur fils après câblage sont exigés;
- i) si des essais de résistance à la rupture sont exigés;
- j) si des essais de contrainte/allongement sont exigés;
- k) sens de câblage. Si cette information ne figure pas, le sens de câblage de la couche externe sera à droite;
- l) prescriptions concernant la graisse, si nécessaire (type, propriétés, etc.).

Annex A

(normative)

Information to be supplied by purchaser

When making an enquiry or placing an order the purchaser shall furnish the following information:

- a) quantity of conductors;
- b) cross-sectional area, designation and stranding of conductor;
- c) length of conductor per drum, its tolerance, and where applicable, matching of conductor lengths;
- d) type and size of package and method of packing;
- e) special packaging requirements, if any;
- f) lagging requirements, if any;
- g) if inspection is required and the place of inspection;
- h) whether tests on wires after stranding are required;
- i) whether conductor breaking strength tests are required;
- j) whether conductor stress-strain tests are required;
- k) direction of lay. If this information is omitted, the direction of the external lay shall be right-hand;
- l) requirements for grease, if any (type, properties, etc.).

Annexe B (normative)

Méthode d'essai de contrainte-déformation

B.1 Longueur de l'échantillon

Une longueur de conducteur, telle qu'elle est définie en 6.4.3, est essayée pour obtenir des courbes contrainte-déformation représentatives.

B.2 Température lors de l'essai

La température de l'échantillon est notée et ne doit pas varier de plus de ± 2 °C pendant l'essai. On fera une lecture de la température au début et à la fin de chaque période de tenue.

B.3 Préparation de l'échantillon

Les échantillons à essayer doivent être préparés avec le plus grand soin. Des déplacements relatifs, même de l'ordre du millimètre entre l'âme d'acier et les couches d'aluminium du conducteur, produisent des changements significatifs dans les courbes contrainte-déformation relevées. La préparation de l'échantillon est la suivante:

B.3.1 Avant d'enlever le conducteur du touret, installer une pince boulonnée à 5 m $\pm$ 1 m de l'extrémité de la longueur de conducteur. La pince doit appliquer une pression suffisante pour empêcher les mouvements relatifs de brins dans le conducteur.

B.3.2 Dérouler du touret la longueur de conducteur désirée et installer une seconde pince à la distance requise de la première. Fretter avec du ruban adhésif et couper le conducteur à la distance minimale de la pince pour pouvoir installer un raccord d'extrémité.

B.3.3 Durant le transport jusqu'au laboratoire d'essais, l'échantillon doit être correctement protégé de tout dommage. Le diamètre du touret ou de la bobine doit être d'au moins 50 fois le diamètre du conducteur.

B.3.4 Pour les essais de contrainte-déformation, on utilisera des raccords d'extrémités approuvés par l'acheteur, par exemple des raccords comprimés, des raccords du type époxy ou des raccords par soudure. Les fils ne doivent pas être détournés, ni nettoyés, ni graissés avant la pose des raccords.

B.3.5 Toute précaution doit être prise pour que les fils ne soient pas endommagés au cours de la préparation de l'extrémité de l'échantillon.

B.3.6 La mise en place des raccords d'extrémité ne doit pas provoquer de relâchement de la tension mécanique dans les fils, ce qui pourrait modifier les courbes de contrainte-déformation du conducteur.

Annex B

(normative)

Stress-strain test method

B.1 Sample length

A conductor length as given in 6.4.3 shall be tested to obtain representative stress-strain curves.

B.2 Test temperature

The temperature of the sample shall be recorded and shall not vary by more than ± 2 °C during the test. Temperature readings shall be taken at the beginning and end of each hold period.

B.3 Sample preparation

Great care shall be taken in the preparation of test samples. Relative displacements as small as 1 mm between the steel core and the aluminium layers of the conductor cause significant changes in the measured stress-strain curves. The sample preparation shall be as follows:

B.3.1 Before removing the sample from the drum, fit a bolted clamp 5 m $\pm$ 1 m from the end of the conductor length. The clamp shall apply sufficient pressure to prevent relative wire movements in the conductor.

B.3.2 Unwind the desired length of conductor from the drum and install another bolted clamp at the required distance from the first clamp. Apply adhesive tape and cut the conductor at a distance from the clamp just far enough to allow room for applying dead-end fittings.

B.3.3 During transportation to the test laboratory, the sample shall be properly protected from damage. The diameter of the coil or drum of the sample shall be at least 50 times the conductor diameter.

B.3.4 End fittings such as compression, epoxy type or solder type approved by the purchaser shall be used for stress-strain tests. The wires shall not be unwound, cleaned or greased prior to application of the end fittings.

B.3.5 Care shall be taken not to damage any wire during the end preparation of the sample.

B.3.6 The application of the end fitting shall not introduce any slack in the wires which might alter the stress-strain curves of the conductor.

B.4 Prescriptions (uniquement pour les raccords comprimés)

B.4.1 Chaque fois que l'on utilise des raccords comprimés pour essayer des conducteurs Ax/Syz la méthodologie indiquée dans les articles B.4.2 à B.4.4 doit être suivie.

B.4.2 Enfiler le manchon en aluminium sur le conducteur. Couper les fils en aluminium pour laisser de la place pour le raccord en acier, pour l'allongement du raccord en acier et des fils en aluminium lors de la compression du manchon en aluminium. L'espace nécessaire entre les fils en aluminium et l'extrémité des fils en acier avant compression est généralement de 30 mm à 40 mm. Enfiler le raccord d'extrémité à comprimer en acier sur l'âme d'acier. Matricer ce raccord, avec un recouvrement de 2% à 10% maximum, en partant de l'extrémité du conducteur.

B.4.3 Tirer le manchon en aluminium sur le raccord en acier. Laisser un espace entre l'extrémité du manchon en aluminium et l'épaule du raccord en acier, de 40 mm si le diamètre du conducteur est inférieur ou égal à 30 mm, et de 50 mm si le diamètre du conducteur est supérieur à 30 mm, pour l'allongement. Réaliser la première compression sur l'extrémité conique du manchon en aluminium. Cela bloque le manchon en place et empêche l'allongement de l'aluminium vers la portée en essai. Continuer à comprimer en s'éloignant de la portée, par passes de 20% sur le métal non comprimé. Arrêter la compression avant d'atteindre le trou de remplissage du manchon; le raccord et l'âme en acier sont trop petits pour supporter la compression du manchon en aluminium à cet endroit. Continuer la compression vers le point d'ancrage, sur l'autre partie du raccord d'extrémité, pour fixer le manchon en aluminium sur la partie comprimée du raccord en acier.

B.4.4 La plage du manchon en aluminium est orientée de manière à ne pas gêner les mouvements du conducteur durant l'essai.

B.5 Montage d'essai

B.5.1 L'échantillon en essai est installé sur toute sa longueur dans une gouttière, et celle-ci est positionnée de manière que le conducteur ne se soulève pas de plus de 10 mm lors de la mise sous tension mécanique. Cela doit être vérifié par des mesures plutôt qu'en tendant le conducteur.

B.5.2 La distance entre la pince repérant la longueur de référence et l'extrémité du manchon d'ancrage en aluminium est contrôlée avec un pied à coulisse durant l'essai afin de s'assurer qu'à la fin du cycle de charge, à 85% de la résistance à la traction assignée, lorsque l'on est revenu à la charge initiale, elle n'a pas varié de plus de 1 mm par rapport à la valeur avant essai. (Au cours de l'essai, la distance peut varier de plus de 1 mm.) Une résolution de 0,1 mm est appropriée.

B.5.3 La déformation du conducteur est évaluée à partir de la mesure des déplacements des deux extrémités de la longueur de référence. Les repères de référence seront attachés aux pinces boulonnées qui bloquent les fils d'acier et d'aluminium. Des plaques repères peuvent être utilisées avec des comparateurs amplificateurs ou des capteurs de déplacement, et on prendra soin de placer les plaques perpendiculairement au conducteur. Le fait de tordre le conducteur, de le soulever et de le remuer d'un côté à l'autre dans les plus grandes amplitudes prévues durant l'essai ne devrait pas introduire d'erreur de lecture supérieure à 0,3 mm.

B.4 Requirements (only for compression fittings)

B.4.1 Whenever compression fittings are used for testing Ax/Syz conductors, the methodology indicated in B.4.2 to B.4.4 shall be used.

B.4.2 Slide the aluminium sleeve on to the conductor. Cut back the aluminium wires to allow room for the steel terminal, the extrusion of the steel terminal and the extrusion of aluminium wires by the aluminium compression sleeve. The space required between the aluminium wires and the steel terminal, before crimping, is typically 30 mm to 40 mm. Slide the compression steel dead-end terminal on to the steel core. Crimp the steel terminal, with a 2% to 10% maximum overlap, starting from the outer core end.

B.4.3 Pull the aluminium sleeve on to the steel terminal. Leave 40 mm of space if the conductor diameter is less than or equal to 30 mm and 50 mm of space if the conductor diameter is greater than 30 mm, between the end of the aluminium sleeve and the shoulder of the steel terminal for extrusion. Make the first crimp on the tapered mouth of the aluminium sleeve. This locks the sleeve in place and inhibits extrusion of aluminium towards the test span. Proceed to crimp in the direction away from the span in small bites of 20 % on uncompressed metal. Stop crimping before the filler hole in the sleeve is reached; the steel terminal and core are too small to support the crimped aluminium sleeve in this region. Continue crimping towards the eye, on the other side of the terminal pad to lock the sleeve on to the expanded portion of the steel terminal.

B.4.4 The aluminium sleeve shall be oriented so that there is no interference with conductor movement during the test.

B.5 Test set-up

B.5.1 The test sample shall be supported in a trough over its full length and the trough adjusted so that the conductor will not lift by more than 10 mm when under tension. This shall be ascertained by measurement rather than by tensioning the conductor.

B.5.2 The distance between the clamp indicating the gauge length and the mouth of the terminal sleeve shall be monitored with a caliper during the test to ensure that, after the 85% load cycle, when unloaded to the preload, it does not change by more than 1 mm from the value before the test (During the test the distance may change by more than 1 mm.) A resolution of 0,1 mm is adequate.

B.5.3 The conductor strain shall be evaluated from the measured displacements at the two ends of the gauge length of the conductor. The gauge reference targets shall be attached to the bolted clamps which lock the conductor wires together. Target plates may be used with dial gauges or displacement transducers and care shall be taken to position the plates perpendicular to the conductor. Twisting the conductor, lifting it and moving it from side to side by the maximum amounts expected during the test should introduce no more than 0,3 mm error in the reading.

NOTES

1 Un relâchement de la tension des fils peut se manifester par un gonflement radial des fils de plusieurs millimètres. Ce gonflement disparaît sous des tensions plus fortes à la suite d'un allongement élastique et réapparaît lorsque l'on relâche la tension.

2 Un cliquetis sous des charges plus élevées peut être l'indice du glissement des couches de fils ou l'indice du glissement de l'aluminium sur l'acier du fait d'un serrage insuffisant des pinces boulonnées. Le résultat d'un serrage trop lâche des pinces est qu'un gonflement de la couche externe se propage vers la portée en déplaçant les repères, si bien que l'allongement mesuré est inférieur à l'allongement réel.

B.6 Charges d'essai des conducteurs

Les conditions de charge pour les essais de contrainte-allongement sur conducteur sont les suivantes:

B.6.1 Porter le conducteur à une tension initiale de 2% de RTA (résistance à la traction assignée), pour le redresser. Après ce redressement, relâcher la charge¹ et étalonner les jauges de contrainte à zéro pour une tension nulle.

B.6.2 Si les enregistrements des données de contrainte-déformation ne sont pas continus, relever les valeurs d'allongement par pas de 2,5% de RTA, arrondies au kN le plus proche.

B.6.3 Charger à 30% de RTA et maintenir ainsi pendant 0,5 h. Relever les valeurs après 5, 10, 15 et 30 min pendant la période de tenue. Relâcher à la charge initiale.

B.6.4 Recharger à 50% de RTA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5, 10, 15, 30, 45 et 60 min. Relâcher à la charge initiale.

B.6.5 Recharger à 70% de RTA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5, 10, 15, 30, 45 et 60 min. Relâcher à la charge initiale.

B.6.6 Recharger à 85% de RTA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5, 10, 15, 30, 45 et 60 min. Relâcher à la charge initiale.

B.6.7 Après la quatrième application d'une charge, remettre le conducteur sous tension en augmentant uniformément la charge jusqu'à la rupture. Relever simultanément les valeurs de charge et d'allongement jusqu'à 85%² de RTA avec les mêmes pas que précédemment.

B.6.8 La vitesse d'accroissement de la charge doit être uniforme au cours de l'essai. Le temps nécessaire pour atteindre 30% de RTA doit être compris entre 1 min et 2 min. La même vitesse doit être maintenue tout au long des essais.

NOTES

1 Lorsque des pinces à coincement conique pour l'essai sont utilisées, la suppression de la charge peut produire un desserrage de la pince et en conséquence dans ce cas, la charge initiale de 2% de RTA doit être conservée lorsque l'on étalonne les jauges de contrainte à zéro.

2 Des précautions particulières seront prises lors de l'essai de conducteurs de désignation A1 au-dessus de 70% de RTA.

NOTES

1 Slack may cause the stranded wires to bulge radially outwards by several millimetres. The bulge disappears at higher tensions as a result of elastic strain and reappears when the tension is released.

2 Pinging noises at higher tensions may be an indication that layers of wire are slipping or the aluminium is slipping on the steel core because the bolted clamps are not tight enough. The result of loose bolted clamps is that, as the slack moves towards the span, the targets are carried with them and the measured strain will be less than the true strain.

B.6 Test loads for conductors

The loading conditions for stress-strain tests for conductors shall be as follows:

B.6.1 Load initially to 2% of RTS (rated tensile strength) to straighten the conductor. After straightening remove the load¹ and set the strain gauges to zero at zero tension.

B.6.2 For non-continuous stress-strain data recordings, take the strain readings at intervals of 2,5% RTS rounded off to the nearest kN.

B.6.3 Load to 30% RTS and hold for 0,5 h. Take readings after 5, 10, 15 and 30 min during the hold period. Release to the initial load.

B.6.4 Re-load to 50% RTS and hold for 1 h. Take readings after 5, 10, 15, 30, 45 and 60 min. Release to the initial load.

B.6.5 Re-load to 70% RTS and hold for 1 h. Take readings after 5, 10, 15, 30, 45 and 60 min. Release to the initial load.

B.6.6 Re-load to 85% RTS and hold for 1 h. Take readings after 5, 10, 15, 30, 45 and 60 min. Release to the initial load.

B.6.7 After the fourth application of load, again apply tension, increasing uniformly, until the actual breaking strength is reached. Simultaneous readings of tension and elongation shall be taken up to 85%² RTS at the same intervals as for previous loading.

B.6.8 The rate of increase of load shall be uniform during testing. The time required to reach 30% RTS shall not be less than 1 min nor more than 2 min. The same rate of loading shall thereafter be maintained throughout the tests.

NOTES

1 When wedge type dead-end clamps are used for testing, removing the load may loosen the grip of the wedge; consequently in this case, the initial load of 2% RTS shall be kept while setting strain gauges to zero.

2 Extra caution should be exercised when testing conductors, especially A1 designation, above 70% RTS.

B.7 Charges d'essai des âmes en acier prises isolément

Les conditions de charge pour les essais de contrainte-allongement sur les âmes en acier des conducteurs Ax/Syz sont les suivantes:

B.7.1 L'essai comporte des applications successives de charges, dans les mêmes conditions que pour les conducteurs à 30, 50, 70 et 85% de RTA.

B.7.2 L'âme en acier est chargée jusqu'à ce que l'allongement au début de chaque période de tenue corresponde à celui obtenu sur le conducteur complet sous 30, 50, 70 et 85% de RTA respectivement.

B.8 Courbes contrainte-déformation

La courbe de contrainte-déformation s'obtient en traçant une courbe lissée passant par les points 0,5 h et 1 h sous des charges de 30, 50, 70 et 85% de RTA. Pour obtenir la courbe caractéristique, retirer de l'extrémité inférieure l'influence de tout relâchement de l'aluminium pouvant être attribué à une surlongueur observée provenant des raccords d'extrémité. Ajuster la courbe pour qu'elle passe par zéro. On doit présenter à l'acheteur à la fois la courbe caractéristique contrainte-déformation et les courbes de laboratoire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF file IEC 60890:1997

B.7 Test loads for steel core only

The loading conditions for stress-strain tests for the steel core of Ax/Syz shall be as follows:

B.7.1 The test shall consist of successive applications of load applied in a manner similar to that for the conductor at 30, 50, 70 and 85% RTS.

B.7.2 The steel core shall be loaded until the elongation at the beginning of each hold period corresponds to that obtained on the conductor at 30, 50, 70 and 85% RTS, respectively.

B.8 Stress-strain curves

Obtain the stress-strain curve by drawing a smooth line through the 0,5 and 1 h points at 30, 50, 70 and 85% RTS loading. To obtain the typical curve, remove from the lower end the presence of any aluminium slack that can be related to any observed extrusion entering the span from the compression dead-ends. Adjust the typical curve to pass through zero. Both the laboratory and the typical stress-strain curves shall be submitted to the purchaser.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60899:1997

Annexe C (normative)

Masse de graisse des conducteurs câblés

Lorsque le graissage des conducteurs nus est prescrit pour réduire les risques de corrosion dans certaines conditions, la masse de graisse peut être calculée grâce à la méthode donnée dans cette annexe.

En supposant que la graisse remplit complètement les vides laissés entre les brins, le volume de graisse dans n'importe quelle couche peut être calculé à partir de l'équation suivante (voir figure C.1):

$$V_g = (D_e^2 - D_i^2) \frac{\pi}{4} - n \pi d^2 \quad (\text{Equation C.1})$$

où:

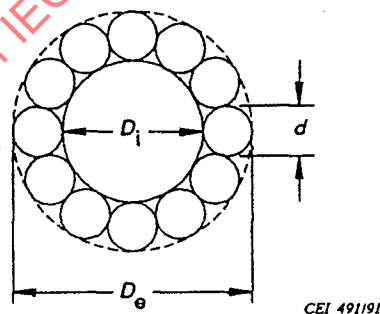
D_e est le diamètre extérieur de la couche

D_i est le diamètre intérieur de la couche

d est le diamètre des fils de la couche

n est le nombre de fils de la couche

V_g est le volume de graisse de la couche



CEI 491/91

Figure C.1

Pour les conducteurs comportant plusieurs couches, la masse totale de graisse peut être obtenue en additionnant les valeurs obtenues pour chaque couche.

Etant donné qu'il existe une relation géométrique entre tous les paramètres de l'équation C.1, on peut exprimer la masse totale de graisse dans un conducteur par la relation suivante:

$$M_g = k d_a^2 \quad (\text{Equation C.2})$$

où:

k est le facteur qui dépend du câblage du conducteur et de la masse volumique de la graisse et du facteur de remplissage (pourcentage du volume théorique)

d_a est le diamètre des fils d'aluminium (en mm)

M_g est la masse de graisse (en kg/km)

Annex C (normative)

Nominal mass of grease for stranded conductors

When it is required for bare conductors to be greased in order to reduce the risk of corrosion in some environments, the mass of grease can be calculated using the method given in this annex.

Assuming the grease will completely fill the voids between the wires, the volume of grease in any given layer of conductor (see figure C.1) can be calculated from the following equation:

$$V_g = (D_e^2 - D_i^2) \frac{\pi}{4} - n \pi d^2 \quad (\text{Equation C.1})$$

where:

- D_e is the external diameter of the layer
- D_i is the internal diameter of the layer
- d is the diameter of the wire in the layer
- n is the number of wires in the layer
- V_g is the volume of grease in the layer

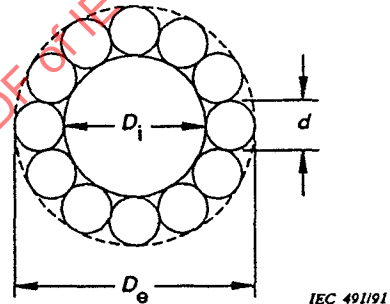


Figure C.1

For conductors having multiple layers, the total mass of grease can be obtained by adding the values obtained for each layer.

Since there is a geometric relationship between all parameters of equation C.1, it is possible to express the total mass of grease in a conductor by the following relation:

$$M_g = k d_a^2 \quad (\text{Equation C.2})$$

where:

- k is the factor which depends on the conductor stranding and the grease density and the fill factor (percentage of theoretical volume)
- d_a is the wire diameter (in mm)
- M_g is the mass of grease (in kg/km)

Les valeurs de k sont données dans le tableau C1 dans quatre cas d'application de la graisse, pour une masse volumique de la graisse de $0,87 \text{ g/cm}^3$, et pour un facteur de remplissage minimal de 0,70:

Cas 1: Seule l'âme d'acier est graissée (figure C.2).

Cas 2: Tout le conducteur est graissé à l'exception de la couche extérieure (figure C.3).

Cas 3: Tout le conducteur est graissé y compris la couche extérieure (figure C.4).

Cas 4: Tout le conducteur est graissé à l'exception de la surface extérieure des fils de la couche extérieure (figure C.5).

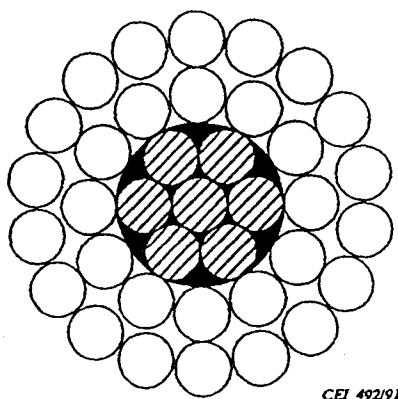


Figure C.2

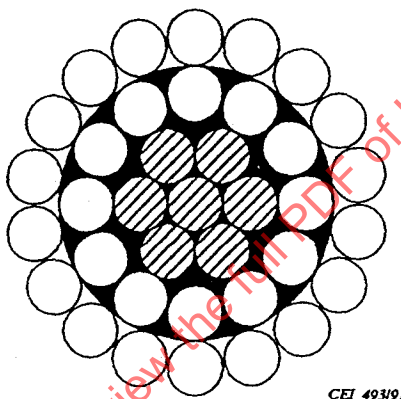


Figure C.3

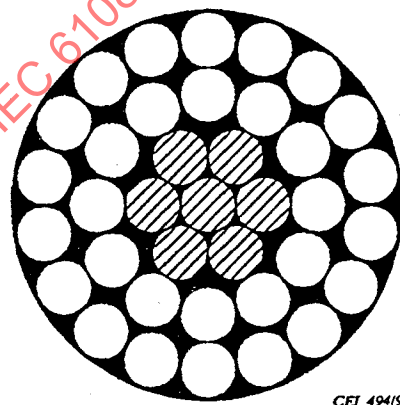


Figure C.4

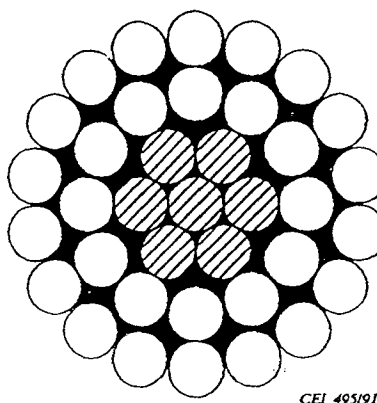


Figure C.5

Values of k are given in table C.1 for four cases of grease applications, a grease density of 0,87 g/cm³, and a minimum fill factor of 0,70:

Case 1: Steel core only greased (figure C.2).

Case 2: All the conductor is greased except the outer layer (figure C.3).

Case 3: All the conductor is greased including the outer layer (figure C.4).

Case 4: All the conductor is greased except the outer surface of the wires in the outer layer (figure C.5).

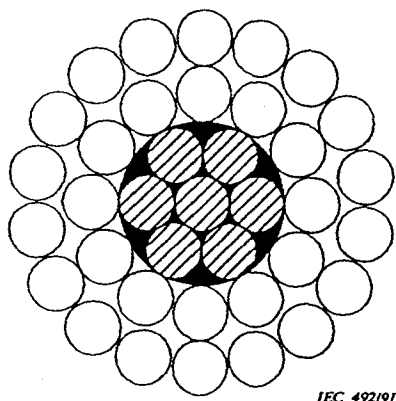


Figure C.2

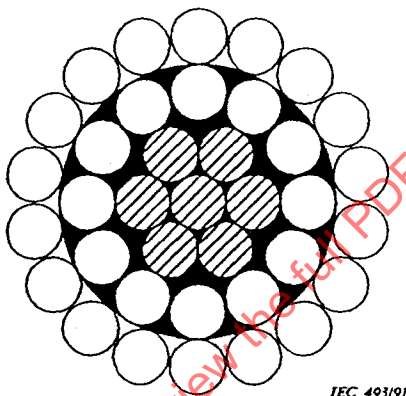


Figure C.3

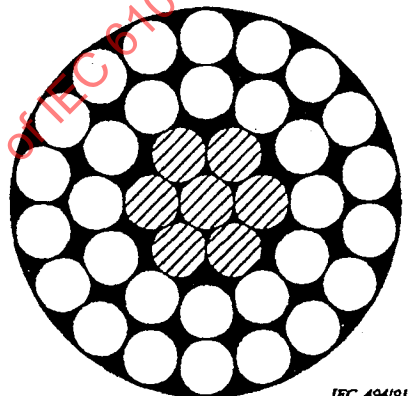


Figure C.4

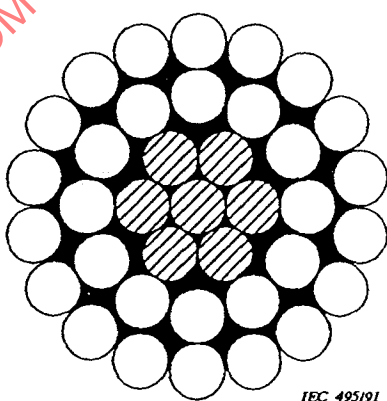


Figure C.5

Tableau C.1 – Coefficients k pour la masse de graisse

Câblage		k_1	k_2	k_3	k_4
Aluminium	Acier	Ame acier graissée	Tout le conducteur graissé sauf la couche extérieure	Tout le conducteur graissé y compris la couche extérieure	Tout le conducteur graissé sauf la surface extérieure des fils de la couche extérieure
		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
6	1	–	–	0,96	0,46
7	–	–	–	0,96	0,46
18	1	–	0,96	2,87	1,87
22	7	0,30	1,57	3,81	2,69
26	7	0,58	2,17	4,72	3,37
19	–	–	0,96	2,87	1,87
30	7	0,96	2,87	5,74	4,21
37	–	–	2,87	5,74	4,21
61	–	–	5,74	9,57	7,27
45	7	0,43	4,25	7,60	6,27
54	7	0,96	5,74	9,57	7,27
54	19	1,03	5,82	9,64	7,33
72	7	0,43	7,60	11,90	8,97
72	19	0,46	7,63	11,94	9,42
84	7	0,96	9,57	14,35	11,11
84	19	1,03	9,64	14,43	11,18
91	–	–	9,57	14,35	11,11

Table C.1 – Coefficients k for mass of grease

Stranding		k_1	k_2	k_3	k_4
Aluminium	Steel	Steel core greased	All conductor greased except outer layer	All conductor greased including outer layer	All conductor greased except outer surface of wires in outer layer
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
6	1	–	–	0,96	0,46
7	–	–	–	0,96	0,46
18	1	–	0,96	2,87	1,87
22	7	0,30	1,57	3,81	2,69
26	7	0,58	2,17	4,72	3,37
19	–	–	0,96	2,87	1,87
30	7	0,96	2,87	5,74	4,21
37	–	–	2,87	5,74	4,21
61	–	–	5,74	9,57	7,27
45	7	0,43	4,25	7,60	6,27
54	7	0,96	5,74	9,57	7,27
54	19	1,03	5,82	9,64	7,33
72	7	0,43	7,60	11,90	8,97
72	19	0,46	7,63	11,94	9,42
84	7	0,96	9,57	14,35	11,11
84	19	1,03	9,64	14,43	11,18
91	–	–	9,57	14,35	11,11

Annexe D (informative)

Dimensions recommandées et tableaux de propriétés des conducteurs

D.1 Domaine d'application

D.1.1 Cette annexe contient les dimensions recommandées pour chacun des types de conducteur figurant en 1.2. Elle contient également toutes les propriétés des conducteurs, dans les tableaux D.1 à D.16 où chaque tableau ne s'applique qu'à un seul type de conducteur.

D.1.2 Les séries de codes numériques sont identiques dans tous les tableaux de conducteurs et suivent une série de Renard R5, R10 ou R20, dépendant de la dimension du conducteur.

D.1.3 Le code numérique qui précède la désignation du conducteur (exemple: 500 dans 500-A2-37) représente la section conductrice équivalente d'aluminium A1.

D.1.4 Les conducteurs ayant le même code numérique ont la même résistance en courant continu, indépendamment de leur type, de leur désignation et de leur câblage. Ainsi les sections de conducteurs proposées permettent un choix plus aisé du meilleur type de conducteur lorsque la conductivité (ou l'intensité de courant admissible) est spécifiée à la suite d'études de réseau.

D.2 Calcul des propriétés des conducteurs

Les conducteurs sont identifiés par un code numérique, suivi d'une désignation de matériau et finalement d'un câblage.

Exemples: 500-A2-37
630-A1/S1B-45/7

A partir de cette donnée, toutes les propriétés des conducteurs peuvent être calculées et chaque valeur obtenue est arrondie au nombre de chiffres significatifs compatible avec les prescriptions de la présente norme.

D.2.1 Section totale des fils d'aluminium, A_a

$$A_a = \text{code numérique} \times \frac{\text{résistivité de } A_x}{\text{résistivité de } A1} \quad (\text{en mm}^2)$$

* Des différences mineures dans les résistances en courant continu peuvent survenir d'un tableau à l'autre et sont dues aux approximations ainsi qu'à l'effet du câblage. Ces différences sont minimes et affectent seulement la quatrième décimale.

Annex D (informative)

Recommended conductor sizes and tables of conductor properties

D.1 Scope

D.1.1 This annex contains recommended sizes for each of the conductor types listed in 1.2. It also contains all the conductor properties listed in tables D.1 to D.16 where each table is applicable to only one conductor type.

D.1.2 The series of code numbers is common to all tables and it follows Renard series R5, R10 and R20, depending on the range of conductor size.

D.1.3 The code number which precedes the conductor designation (example: 500 in 500-A2-37) represents the equivalent conductive area of A1 aluminium.

D.1.4 Conductors with the same code number have the same d.c. resistance* independent of their type, designation or stranding. Thus the proposed conductor sizes allow an easier selection of the best conductor type when the conductivity (or the current-carrying capacity) is specified from system studies.

D.2 Calculation of conductor properties

Conductors are specified with a code number followed by a material designation and then by a stranding.

Examples: 500-A2-37
630-A1/S1B-45/7

Starting from this input all the conductor properties can be calculated and each value obtained is rounded to the number of significant figures compatible with the requirements of this standard.

D.2.1 Total area of aluminium wires, A_a

$$A_a = \text{code number} \times \frac{\text{resistivity of } A_x}{\text{resistivity of } A1} \quad (\text{in mm}^2)$$

* Some differences in the d.c. resistance can occur due to rounding errors and to the influence of stranding increments. These differences are very minor and affect only the fourth decimal.

Cette section est arrondie à trois chiffres significatifs pour les conducteurs de section inférieure à 1 000 mm² et quatre chiffres pour les conducteurs de section supérieure à 1 000 mm².

D.2.2 Diamètre des fils d'aluminium, d_a

$$d_a = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{A_a}{\text{Nombre de fils d'aluminium}}} \quad (\text{en mm})$$

Les valeurs de d_a données dans les tableaux sont arrondies à la seconde décimale. Cependant, les autres propriétés des conducteurs, avant d'être arrondies, sont calculées en utilisant le diamètre des fils non arrondi.

D.2.3 Diamètre des fils d'acier, d_s

Dans les couches de fils de diamètre uniforme, le nombre de fils augmente de 6 d'une couche à la suivante.

C'est pourquoi lorsque toutes les couches d'un conducteur ont des fils de même diamètre, le nombre total de fils est l'un des suivants: 7, 19, 37, 61, 91, etc.

Si le nombre total de fils est différent de ceux qui figurent ci-dessus, le diamètre des fils d'acier est différent de celui des fils d'aluminium.

A l'interface entre les couches d'acier et d'aluminium, une relation géométrique peut être établie entre le diamètre total de l'âme d'acier D_s , le nombre de fils n de la première couche d'aluminium autour de l'âme d'acier, et d_a le diamètre des fils d'aluminium. La relation est la suivante:

$$\frac{d_a}{D_s} = \frac{3}{n-3}$$

Elle permet le calcul du diamètre des fils d'acier d_s à partir de la valeur calculée de D_s .

On notera que, de manière similaire à d_a , d_s est arrondie à la deuxième décimale.

D.2.4 Diamètre du conducteur, D

Le diamètre extérieur du conducteur est calculé à partir des nombres de couches de fils d'aluminium et éventuellement d'acier, multipliés par les diamètres de fils correspondants, non arrondis.

Le résultat est arrondi à trois chiffres significatifs.

This area is rounded to three significant figures for conductors smaller than 1 000 mm² and four figures for conductors larger than 1 000 mm².

D.2.2 Aluminium wire diameter, d_a

$$d_a = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{A_a}{\text{Number of aluminium wires}}} \quad (\text{in mm})$$

The values of d_a given in the tables are rounded to two decimals. However, other conductor properties before rounding are calculated using the unrounded wire diameter.

D.2.3 Steel wire diameter, d_s

In layers of wires with uniform diameter, the number of wires increases by 6 from one layer to the following layer.

Therefore when all layers of a conductor have identical diameters, the total number of wires is one of the following: 7, 19, 37, 61, 91, etc.

If the total number of wires is different from one of those indicated above, the steel wire diameter is different from that of the aluminium wire.

At the interface between the steel and aluminium layers a geometrical relation can be established between the total diameter of the steel core D_s , the number of wires n of the first aluminium layer around the steel core, and d_a the diameter of the aluminium wire. This relation is the following:

$$\frac{d_a}{D_s} = \frac{3}{n-3}$$

and allows calculation of the steel wire diameter d_s from the calculated D_s .

Similarly, to d_a note that d_s is rounded to two decimal figures.

D.2.4 Conductor diameter, D

The overall conductor diameter is computed from the number of layers of aluminium and, where applicable, steel wires multiplied by their corresponding unrounded wire diameters.

The resulting value is rounded to three significant figures.

D.2.5 *Masse linéique, M_c*

Les sections droites des fils d'acier et d'aluminium sont multipliés par les masses volumiques à 20 °C suivantes: 2,70 kg/dm³ pour les fils Ax et 7,78 kg/dm³ pour les fils Syz.

Le résultat est augmenté par les coefficients qui figurent dans le tableau 2 de la présente norme de façon à prendre en compte le fait que les fils sont en forme d'hélice.

Le résultat M_c est arrondi à la première décimale.

D.2.6 *Résistance à la traction assignée, RTA*

La RTA est calculée en suivant les prescriptions de 5.9 et arrondie à la seconde décimale.

D.2.7 *Résistance en courant continu*

La résistance en courant continu d'un conducteur est obtenue à partir de la résistance de la partie en aluminium multipliée par les coefficients du tableau 2 de la présente norme. Cette valeur est exprimée avec quatre décimales.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61089:1991

D.2.5 *Linear mass, M_c*

The cross-sectional areas of steel and aluminium wires are multiplied by the applicable densities at 20 °C of 2,70 kg/dm³ for Ax wires and 7,78 kg/dm³ for Syz wires.

The result is increased by the increments given in table 2 of this standard in order to take into account the fact that wires are formed in a helix.

The resulting mass M_c is then rounded to one decimal figure.

D.2.6 *Rated tensile strength, RTS*

The RTS is calculated according to 5.9 and rounded to two decimal figures.

D.2.7 *D.C. resistance*

The d.c. resistance of a conductor is based on the resistance of the aluminium portion multiplied by the increments of table 2 in this standard. This value is expressed to four decimal figures.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61089:1997

Tableau D.1 – Données pour conducteurs du type A1

Table D.1 – Characteristics of A1 conductors

Code numérique	Section	Nombre de fils	Diamètre		Densité linéique	Résistance à la traction	Résistance en courant continu
Code number	Area	Number of wires	Diameter		Linear mass	Rated strength	D.C. resistance
			Wire	Cond.			
	mm ²		mm	mm	kg/km	kN	Ohm/km
10	10	7	1,35	4,05	27,4	1,95	2,8633
16	16	7	1,71	5,12	43,8	3,04	1,7896
25	25	7	2,13	6,40	68,4	4,50	1,1453
40	40	7	2,70	8,09	109,4	6,80	0,7158
63	63	7	3,39	10,2	172,3	10,39	0,4545
100	100	19	2,59	12,9	274,8	17,00	0,2877
125	125	19	2,89	14,5	343,6	21,25	0,2302
160	160	19	3,27	16,4	439,8	26,40	0,1798
200	200	19	3,66	18,3	549,7	32,00	0,1439
250	250	19	4,09	20,5	687,1	40,00	0,1151
315	315	37	3,29	23,0	867,9	51,97	0,0916
400	400	37	3,71	26,0	1102,0	64,00	0,0721
450	450	37	3,94	27,5	1239,8	72,00	0,0641
500	500	37	4,15	29,0	1377,6	80,00	0,0577
560	560	37	4,39	30,7	1542,9	89,60	0,0515
630	630	61	3,63	32,6	1738,3	100,80	0,0458
710	710	61	3,85	34,6	1959,1	113,60	0,0407
800	800	61	4,09	36,8	2207,4	128,00	0,0361
900	900	61	4,33	39,0	2483,3	144,00	0,0321
1000	1000	61	4,57	41,1	2759,2	160,00	0,0289
1120	1120	91	3,96	43,5	3093,5	179,20	0,0258
1250	1250	91	4,18	46,0	3452,6	200,00	0,0231
1400	1400	91	4,43	48,7	3866,9	224,00	0,0207
1500	1500	91	4,58	50,4	4143,1	240,00	0,0193

Tableau D.2 – Données pour conducteurs du type A2

Table D.2 – Characteristics of A2 conductors

Code numérique	Section	Nombre de fils	Diamètre		Densité linéique	Résistance à la traction	Résistance en courant continu
Code number	Area	Number of wires	Diameter		Linear mass	Rated strength	D.C. resistance
			Wire	Cond.			
	mm ²		mm	mm	kg/km	kN	Ohm/km
16	18,4	7	1,83	5,49	50,4	5,43	1,7896
25	28,8	7	2,29	6,86	78,7	8,49	1,1453
40	46,0	7	2,89	8,68	125,9	13,58	0,7158
63	72,5	7	3,63	10,9	198,3	21,39	0,4545
100	115	19	2,78	13,9	316,3	33,95	0,2877
125	144	19	3,10	15,5	395,4	42,44	0,2302
160	184	19	3,51	17,6	506,1	54,32	0,1798
200	230	19	3,93	19,6	632,7	67,91	0,1439
250	288	19	4,39	22,0	790,8	84,88	0,1151
315	363	37	3,53	24,7	998,9	106,95	0,0916
400	460	37	3,98	27,9	1268,4	135,81	0,0721
450	518	37	4,22	29,6	1426,9	152,79	0,0641
500	575	37	4,45	31,2	1585,5	169,76	0,0577
560	645	61	3,67	33,0	1778,4	190,14	0,0516
630	725	61	3,89	35,0	2000,7	213,90	0,0458
710	817	61	4,13	37,2	2254,8	241,07	0,0407
800	921	61	4,38	39,5	2540,6	271,62	0,0361
900	1036	91	3,81	41,8	2861,1	305,58	0,0321
1000	1151	91	4,01	44,1	3179,0	339,53	0,0289
1120	1289	91	4,25	46,7	3560,5	380,27	0,0258
1250	1439	91	4,49	49,4	3973,7	424,41	0,0231

Tableau D.3 – Données pour conducteurs du type A3

Table D.3 – Characteristics of A3 conductors

Code numérique	Section	Nombre de fils	Diamètre		Densité linéique	Résistance à la traction	Résistance en courant continu
Code number	Area	Number of wires	Diameter		Linear mass	Rated strength	D.C. resistance
	mm ²		Wire	Cond.			
	mm ²		mm	mm	kg/km	kN	Ohm/km
16	18,6	7	1,84	5,52	50,8	6,04	1,7896
25	29,0	7	2,30	6,90	79,5	9,44	1,1453
40	46,5	7	2,91	8,72	127,1	15,10	0,7158
63	73,2	7	3,65	10,9	200,2	23,06	0,4545
100	116	19	2,79	14,0	319,3	37,76	0,2877
125	145	19	3,12	15,6	399,2	47,20	0,2302
160	186	19	3,53	17,6	511,0	58,56	0,1798
200	232	19	3,95	19,7	638,7	73,20	0,1439
250	290	19	4,41	22,1	798,4	91,50	0,1151
315	366	37	3,55	24,8	1008,4	115,29	0,0916
400	465	37	4,00	28,0	1280,5	146,40	0,0721
450	523	37	4,24	29,7	1440,5	164,70	0,0641
500	581	37	4,47	31,3	1600,6	183,00	0,0577
560	651	61	3,69	33,2	1795,3	204,96	0,0516
630	732	61	3,91	35,2	2019,8	230,58	0,0458
710	825	61	4,15	37,3	2276,2	259,86	0,0407
800	930	61	4,40	39,6	2564,8	292,80	0,0361
900	1046	91	3,83	42,1	2888,3	329,40	0,0321
1000	1162	91	4,03	44,4	3209,3	366,00	0,0289
1120	1301	91	4,27	46,9	3594,4	409,92	0,0258