

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62219

Première édition
First edition
2002-02

**Conducteurs pour lignes électriques
aériennes –
Conducteurs à fils de forme,
câblés en couches concentriques**

**Overhead electrical conductors –
Formed wire, concentric lay,
stranded conductors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62219:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62219

Première édition
First edition
2002-02

**Conducteurs pour lignes électriques
aériennes –
Conducteurs à fils de forme,
câblés en couches concentriques**

**Overhead electrical conductors –
Formed wire, concentric lay,
stranded conductors**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Définitions	8
4 Système de désignation	10
5 Prescriptions pour les conducteurs câblés	12
5.1 Matériau	12
5.2 Fils de forme	12
5.3 Dimensions des conducteurs	14
5.4 Surface	16
5.5 Câblage	16
5.6 Raccordements	16
5.7 Densité linéique – Masse par unité de longueur	18
5.8 Résistance mécanique du conducteur	20
6 Essais	20
6.1 Classification des essais	20
6.2 Prescriptions d'essai pour les conducteurs de nouvelle conception	22
6.3 Echantillonnage	22
6.4 Longueur de l'échantillon	22
6.5 Essais de type	24
6.6 Essais sur prélèvements	24
6.7 Contrôle	28
6.8 Acceptation ou refus	28
7 Emballage et marquage	28
7.1 Emballage	28
7.2 Marquage et tare	28
7.3 Longueurs aléatoires	28
Annexe A (normative) Renseignements devant être fournis par l'acheteur	30
Annexe B (normative) Méthode d'essai de contrainte-déformation	32
Annexe C (normative) Masse nominale de graisse des conducteurs câblés utilisant des fils de forme	38
Annexe D (informative) Dimensions recommandées et tableaux de propriétés des conducteurs	40

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Designation system	11
5 Requirements for stranded conductors	13
5.1 Material	13
5.2 Formed wires	13
5.3 Conductor sizes	15
5.4 Surface	17
5.5 Stranding	17
5.6 Joints	17
5.7 Linear density – Mass per unit length	19
5.8 Conductor strength	21
6 Tests	21
6.1 Classification of tests	21
6.2 Test requirements for new conductor designs	23
6.3 Sample size	23
6.4 Sample length	23
6.5 Type tests	25
6.6 Sample tests	25
6.7 Inspection	29
6.8 Acceptance or rejection	29
7 Packaging and marking	29
7.1 Packaging	29
7.2 Marking and tare	29
7.3 Random lengths	29
Annex A (normative) Information to be supplied by purchaser	31
Annex B (normative) Stress-strain test method	33
Annex C (normative) Nominal mass of grease for stranded conductors using formed wires	39
Annex D (informative) Recommended conductor sizes and tables of conductor properties	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDUCTEURS POUR LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES – CONDUCTEURS À FILS DE FORME, CÂBLÉS EN COUCHES CONCENTRIQUES

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62219 a été établie par le comité d'études 7 de la CEI: Conducteurs pour lignes électriques aériennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
7/539/FDIS	7/540/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OVERHEAD ELECTRICAL CONDUCTORS –
FORMED WIRE, CONCENTRIC LAY, STRANDED CONDUCTORS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62219 has been prepared by IEC technical committee 7: Overhead electrical conductors.

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

FDIS	Report on voting
7/539/FDIS	7/540/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

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

Annex D is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

CONDUCTEURS POUR LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES – CONDUCTEURS À FILS DE FORME, CÂBLÉS EN COUCHES CONCENTRIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit les caractéristiques électriques et mécaniques des conducteurs pour lignes aériennes comportant des fils mis en forme avant, pendant ou après câblage, câblés en couches concentriques et constitués d'une combinaison des différents fils métalliques suivants:

- a) aluminium écroui dur selon la CEI 60889, désigné par A1;
- b) aluminium écroui dur selon la CEI 60889, désigné par A1F, mis en forme avant câblage;
- c) alliage d'aluminium écroui dur selon la CEI 60104 désigné par A2 ou A3;
- d) alliage d'aluminium écroui dur selon la CEI 60104, désigné par A2F ou A3F, mis en forme avant câblage;
- e) acier normal, désigné par S1A ou S1B, où A et B sont les classes de revêtement de zinc, correspondant respectivement aux classes 1 et 2;
- f) acier à haute résistance, désigné par S2A ou S2B;
- g) acier à très haute résistance, désigné par S3A;
- h) acier revêtu d'aluminium, désigné par SA.

Les exemples suivants sont des désignations possibles de conducteurs. D'autres combinaisons sont également possibles.

- A1F, A2F, A3F
- A1F/S1A, A1F/S1B, A1F/S2A, A1F/S2B, A1F/S3A
- A1F/A1, A1F/A2, A1F/A3
- A1F/SA, A2F/SA, A3F/SA

D'autres types de conducteurs non inclus ci-dessus ne sont pas spécifiquement exclus.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050(466):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 466: Lignes électriques*

CEI 60104:1987, *Fils en alliage d'aluminium-magnésium-silicium pour conducteurs de lignes aériennes*

CEI 60888:1987, *Fils en acier zingué pour conducteurs câblés*

CEI 60889:1987, *Fil d'aluminium écroui dur pour conducteurs de lignes aériennes*

CEI 61089:1991, *Conducteurs pour lignes aériennes à brins circulaires, câblés en couches concentriques*

CEI 61232:1993, *Fils d'acier revêtus d'aluminium pour usages électriques*

CEI 61395:1998, *Conducteurs pour lignes électriques aériennes – Procédures d'essai de fluage pour conducteurs câblés*

OVERHEAD ELECTRICAL CONDUCTORS – FORMED WIRE, CONCENTRIC LAY, STRANDED CONDUCTORS

1 Scope

This International Standard specifies the electrical and mechanical characteristics of concentric lay, overhead conductors of wires formed or shaped before, during or after stranding, made of combinations of any of the following metal wires:

- a) hard aluminium as per IEC 60889 designated A1;
- b) hard aluminium as per IEC 60889 designated A1F wire shaped before stranding;
- c) hard aluminium alloy as per IEC 60104 designated A2 or A3;
- d) hard aluminium alloy as per IEC 60104 designated A2F or A3F shaped before stranding;
- e) regular strength steel, designated S1A or S1B, where A and B are zinc coating classes, corresponding respectively to classes 1 and 2;
- f) high strength steel, designated S2A or S2B;
- g) extra high strength steel, designated S3A;
- h) aluminium clad steel, designated SA.

The following are examples of some possible conductor designations. Other combinations are also permitted.

- A1F, A2F, A3F
- A1F/S1A, A1F/S1B, A1F/S2A, A1F/S2B, A1F/S3A
- A1F/A1, A1F/A2, A1F/A3
- A1F/SA, A2F/SA, A3F/SA

Other possible conductor types not included above are not specifically excluded.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(466):1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 466: Overhead lines*

IEC 60104:1987, *Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors*

IEC 60888:1987, *Zinc-coated steel wires for stranded conductors*

IEC 60889:1987, *Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors*

IEC 61089:1991, *Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors*

IEC 61232:1993, *Aluminium-clad steel wires for electrical purposes*

IEC 61395:1998, *Overhead electrical conductors – Creep test procedures for stranded conductors*

3 Définitions

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

3.1

aluminium

tous les types d'aluminium et d'alliages d'aluminium répertoriés

3.2

conducteur

matériau destiné à transporter du courant électrique et constitué de plusieurs fils, sans isolation entre eux, câblés ensemble

[VEI 466-01-15 modifiée]

3.3

conducteur câblé à couches concentriques

conducteur composé d'une âme centrale recouverte par une ou plusieurs couches successives de fils enroulés en hélice de sens alternés

3.4

sens de câblage

3.4.1

sens de câblage (définition générale)

sens de rotation d'une couche de fils quand on s'éloigne de l'observateur

NOTE Le sens du 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.

[VEI 466-10-07 modifiée]

3.4.2

sens de câblage (autre définition)

le sens de câblage est défini comme «à droite» ou «à gauche»

NOTE 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.

3.5

fil de diamètre équivalent

diamètre d'un fil rond qui aurait la même surface de section droite, masse, et résistance électrique que celles d'un fil de forme donné du même matériau

3.6

rapport de compactage

rapport surface 1/surface 2, dans lequel le terme surface 1 est la surface totale de la section droite du conducteur, âme comprise, et le terme surface 2 est la surface du cercle ayant un diamètre égal au diamètre extérieur du conducteur

3.7

rapport de remplissage

rapport surface 1/(surface 2 – surface 3) dans lequel le terme surface 1 est la surface de la section droite de la partie en aluminium du conducteur, le terme surface 2 est la surface du cercle de diamètre égal au diamètre extérieur du conducteur, et le terme surface 3 est la surface du cercle circonscrit à l'âme du conducteur bimétallique (0 pour un conducteur homogène)

3 Definitions

For the purpose of this International Standard the following definitions apply:

3.1

aluminium

all types of aluminium and aluminium alloys listed

3.2

conductor

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

[IEV 466-01-15 modified]

3.3

concentric lay stranded conductor

conductor composed of a central core surrounded by one or more adjacent layers of wires being laid helically in opposite directions

3.4

direction of lay

3.4.1

direction of lay (general definition)

direction of twist of a layer of wires as it moves away from the viewer

NOTE A right-hand lay is a clockwise direction and a left-hand lay is an anti-clockwise direction.

[IEV 466-10-07 modified]

3.4.2

direction of lay (alternative definition)

the direction of lay is defined as right-hand or left-hand

NOTE 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.

3.5

equivalent wire diameter

the diameter of a round wire which would have the same cross-sectional area, mass and electrical resistance as a given formed wire of the same material

3.6

compactness ratio

$\text{area 1}/\text{area 2}$ – where area 1 is the total cross-sectional area of the conductor including the core and area 2 is the area of a circle with diameter equal to the conductor outside diameter

3.7

fill ratio

$\text{area 1}/(\text{area 2} - \text{area 3})$ – where area 1 is the cross-sectional area of the aluminium portion of the conductor, area 2 is the area of a circle of diameter equal to the conductor outside diameter and area 3 is the area of a circle circumscribing the core of a composite conductor (0 for a homogeneous conductor)

3.8

fil de forme

brin de métal ayant une section droite constante et une forme non circulaire

3.9

pas de câblage

longueur axiale d'une spire complète de l'hélice formée par un fil individuel d'un conducteur câblé

3.10

rapport de câblage

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

[VEI 466-10-06 modifiée]

3.11

lot

ensemble de conducteurs fabriqués par un même producteur dans des conditions de production semblables

NOTE Un lot peut être constitué de tout ou partie de la quantité achetée.

3.12

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

NOTE Il convient que les valeurs nominales soient les valeurs visées.

3.13

fil rond

brin de métal tréfilé ayant une section droite circulaire constante

3.14

rapport d'acier

pour les conducteurs Ax_F/S_{yz}, rapport de la surface d'acier à la surface d'aluminium, en pourcentage

4 Système de désignation

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

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

Les conducteurs bimétalliques en aluminium sont désignés par Ax_F/Ay ou Ax_F/Ay_F, où Ax_F identifie les fils externes (ou l'enveloppe) et Ay ou Ay_F identifient les fils internes (ou âme).

Les conducteurs bimétalliques en aluminium-acier sont désignés par Ax_F/S_{yz} ou Ax_F/SA, où Ax_F identifie les fils externes (enveloppe) d'aluminium, et S_{yz} ou SA identifient l'âme d'acier. Dans la désignation des fils d'acier revêtus de zinc, y représente le type d'acier (normal, à haute ou très haute résistance) et z la classe du revêtement de zinc (A ou B).

Les conducteurs sont identifiés de la façon suivante:

- a) un code numérique, indiquant la section conductrice équivalente en aluminium A1F, exprimé en mm²;
- b) un code numérique, indiquant la surface du matériau constituant l'âme, le cas échéant, exprimé en mm²;

3.8**formed wire**

filament of metal having a constant cross-section and a non-circular shape

3.9**lay length**

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

3.10**lay ratio**

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

[IEV 466-10-06 modified]

3.11**lot**

group of conductors manufactured by the same manufacturer under similar conditions of production

NOTE A lot may consist of part or all of the purchased quantity.

3.12**nominal**

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

NOTE Nominal values should be target values.

3.13**round wire**

filament of drawn metal having a constant circular cross-section

3.14**steel ratio**

the ratio of steel area to aluminium area as a percentage in AxF/Syz conductors

4 Designation system

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

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

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

Composite aluminium-steel conductors are designated AxF/Syz or AxF/SA, where AxF identifies the external aluminium wires (envelope), and Syz or SA identifies the steel core. In the designation of zinc coated 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).

Conductors are identified as follows:

- a) a code number giving the equivalent conductive section of A1F aluminium expressed in mm²;
- b) a code number giving the area of the core material in mm², if used;

- c) une désignation identifiant le type des fils constituant le conducteur. Pour les conducteurs bimétalliques la première désignation s'applique à l'enveloppe et la seconde à l'âme;
- d) un nombre donnant le diamètre nominal du conducteur.

EXEMPLE 1 500-A1F-262: conducteur constitué de fils de forme d'aluminium A1F. Sa section est de 500 mm² et son diamètre de (262 × 0,1) mm.

EXEMPLE 2 505/65-A1F/S1A-281: conducteur constitué de fils de forme d'aluminium A1F et de fils d'acier normal S1A ayant un revêtement de zinc de classe 1. La section d'aluminium A1F est de 505 mm² et la section d'acier S1A est de 65 mm². Le conducteur a un diamètre nominal égal à (281 × 0,1) mm.

Les exemples suivants sont des modèles possibles de conducteurs. Il est également possible de réaliser des conducteurs à partir de différentes combinaisons de types de fils.

- A1F, A2F, A3F
- A1F/S1A, A1F/S1B, A1F/S2A, A1F/S2B, A1F/S3A
- A1F/A1, A1F/A2, A1F/A3
- A1F/SA, A2F/SA, A3F/SA

5 Prescriptions pour les conducteurs câblés

5.1 Matériau

Les conducteurs câblés doivent être constitués de fils de forme en aluminium et, le cas échéant, de fils d'acier ronds revêtus de zinc ou de fils d'acier ronds revêtus d'aluminium. Avant câblage, tous les fils doivent avoir les propriétés prescrites dans la CEI 60104, la CEI 60888, la CEI 60889 ou la CEI 61232 le cas échéant (voir note). Les fils mis en forme avant câblage doivent avoir leurs caractéristiques calculées sur la base des caractéristiques des fils ronds de diamètres équivalents.

NOTE La résistivité de ces matériaux est comme présenté ci-dessous (par ordre croissant):

- A1F: 28,264 nΩ×m (correspondant à 61 % IACS);
- A2F: 32,530 nΩ×m (correspondant à 53 % IACS);
- A3F: 32,840 nΩ×m (correspondant à 52,5 % IACS).

5.2 Fils de forme

Trois procédés de production sont reconnus dans cette norme. Le premier utilise des fils mis en forme par un procédé puis câblés par un autre procédé. Le second met les fils en forme ainsi que les câbles, au cours d'une opération unique. Dans le troisième procédé, une couche de fils ronds est d'abord câblée et ensuite mise en forme par compactage en section droite circulaire. Des couches supplémentaires de fils ronds peuvent être câblées et compactées ou des couches supplémentaires de fils de forme peuvent être câblées autour de cette âme compactée.

Dans tous ces cas, les matériaux doivent avoir les propriétés prescrites dans la CEI 60889 et la CEI 60104.

Dans le cas du premier procédé, les essais doivent être effectués sur les fils de forme avant câblage et les caractéristiques établies à partir de celles du fil de diamètre équivalent. Dans les autres cas, les essais doivent être effectués sur les fils ronds avant les opérations de mise en forme et de câblage et les caractéristiques à obtenir sont celles des fils ronds avant mise en forme.

Dans le cas où des essais sur les fils individuels sont exigés après câblage, l'acheteur et le fabricant doivent se mettre d'accord sur les exigences avant de passer la commande.

- c) 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;
- d) a number giving the nominal diameter of the conductor.

EXAMPLE 1 500-A1F-262: conductor made of A1F formed aluminium wires. Its area is 500 mm² and it is (262 × 0,1) mm in diameter.

EXAMPLE 2 505/65-A1F/S1A-281: conductor made of A1F formed aluminium wires and S1A regular strength steel with class 1 zinc coating. The area of A1F aluminium is 505 mm² and the area of S1A steel is 65 mm². The conductor nominal diameter is (281 × 0,1) mm.

The following are examples of some possible conductor types. Conductors made of different combinations of wire types are also permitted.

- A1F, A2F, A3F
- A1F/S1A, A1F/S1B, A1F/S2A, A1F/S2B, A1F/S3A
- A1F/A1, A1F/A2, A1F/A3
- A1F/SA, A2F/SA, A3F/SA

5 Requirements for stranded conductors

5.1 Material

Stranded conductors shall be made up of formed aluminium wires and, when applicable, of round zinc-coated or aluminium clad steel wires or round aluminium wires. Before stranding, all wires shall have the properties specified in IEC 60104, IEC 60888, IEC 60889 or IEC 61232 as applicable (see note). Wires formed before stranding shall have properties calculated based on their equivalent round wire diameters.

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

- A1F: 28,264 nΩ×m (corresponding to 61 % IACS);
- A2F: 32,530 nΩ×m (corresponding to 53 % IACS);
- A3F: 32,840 nΩ×m (corresponding to 52,5 % IACS).

5.2 Formed wires

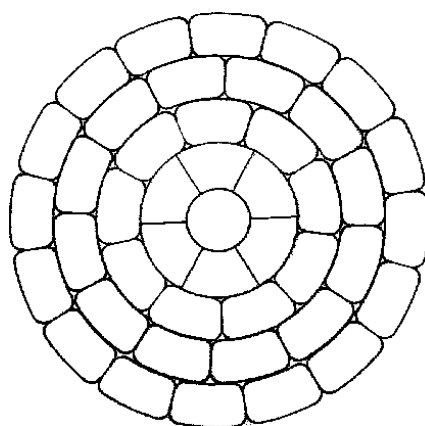
Three production processes are recognized in this standard. One uses wires which are shaped in one process and stranded in another. The second method both forms the wires and then strands the wires in a single operation. In the third method a layer of round wires is first stranded and then that layer is compacted to a circular cross-section. Additional layers of round wires may be stranded and compacted or additional layers of formed wires may be stranded over the compacted core.

In any of these cases the materials shall comply with IEC 60889 or IEC 60104.

In the first case, the tests shall be performed on the formed wires prior to stranding and the properties shall be based on the equivalent wire diameters. In the other cases, the tests shall be performed on the round wires prior to forming and stranding and properties shall be based on the round wire diameter prior to forming.

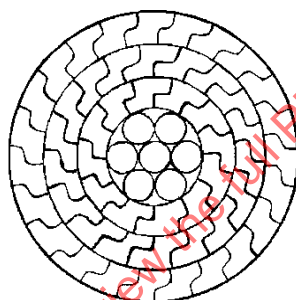
If tests on individual wires are required after stranding, the purchaser and manufacturer shall agree to the requirements prior to order placement.

Des exemples typiques de conducteurs à fils de forme sont donnés aux figures 1a, 1b et 2.



IEC 531/02

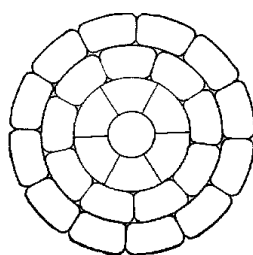
Figure 1a – Conducteur à trois couches réalisé à partir de fils de forme de type AxF/Sxy



IEC 532/02

Figure 1b – Conducteur à trois couches réalisé à partir de fils de forme de type AxF/Sxy

Figure 1 – Conducteur à fils de forme – Trois couches



IEC 533/02

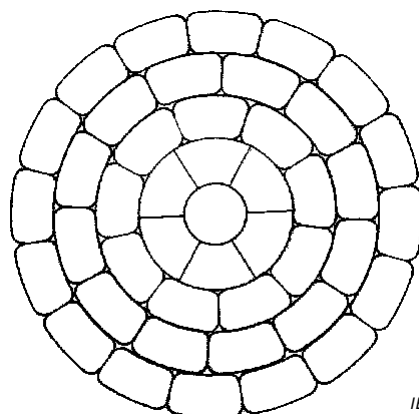
Figure 2 – Conducteur à deux couches réalisé à partir de fils de forme de type AxF/AyF

5.3 Dimensions des conducteurs

Une liste des sections possibles des conducteurs est donnée à titre indicatif à l'annexe D. Il est recommandé lors de nouvelles conceptions de conducteurs de choisir leurs sections dans cette liste. Des conducteurs avec des diamètres et des caractéristiques mécaniques équivalents à des modèles existants sont aussi présentés à l'annexe D afin d'aider au choix des conducteurs à utiliser en remplacement des conducteurs de lignes aériennes existantes.

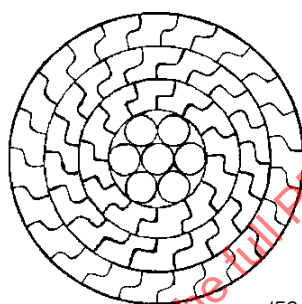
D'autres sections ou constructions ne figurant pas dans la présente norme peuvent être étudiées et fournies après accord entre le fabricant et l'acheteur; les prescriptions appropriées de cette norme doivent alors être appliquées.

Typical types of formed wire conductors can be found in figures 1a, 1b and 2.



IEC 531/02

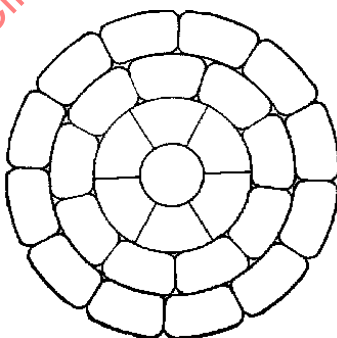
Figure 1a – Three-layer conductor made of formed wires type AxF/ Sxy



IEC 532/02

Figure 1b – Three-layer conductor made of formed wires type AxF/Sxy

Figure 1 – Formed wire conductors – Three-layer



IEC 533/02

Figure 2 – Two-layer conductor made of formed wires type AxF/AyF

5.3 Conductor sizes

A list of some possible conductor sizes is given as guidance in annex D. It is recommended that for new designs of conductor sizes, these should be selected from those listed. Conductors with diameters and mechanical characteristics equal to existing or established designs of conductors are also provided in annex D to aid in the selection of conductors to be used to replace conductors on existing overhead lines.

Other sizes and stranding 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.

5.4 Surface

La surface du conducteur doit être exempte de toute imperfection visible à l'œil nu (ou normalement corrigé), telle qu'entailles, arrachements, etc., incompatible avec une bonne pratique commerciale.

5.5 Câblage

5.5.1 Tous les fils du conducteur doivent être câblés en couches concentriques. Les couches de fils adjacentes doivent être câblées en sens contraire. La couche extérieure doit être câblée «à droite» sauf s'il existe une mention particulière portée sur la commande.

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

5.5.3 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 6 fils d'une âme de 7 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;
- c) pour certaines constructions de conducteurs comme cela est indiqué à la figure 1b, le rapport minimal de câblage peut être inférieur à 10, pour les couches intérieures et extérieure.

5.5.4 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.

5.5.5 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 6 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.

5.5.6 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 remplacées 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.

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

5.6 Raccordements

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

5.6.2 On ne doit pas utiliser plus d'un fil d'aluminium comportant un raccordement, comme autorisé dans les spécifications indiquées dans la CEI 61089, par longueur de conducteur.

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

5.4 Surface

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

5.5 Stranding

5.5.1 All wires of the conductor shall be concentrically stranded. Adjacent wire layers shall be stranded with reverse lay directions. The direction of lay of the external layer shall be "right-hand" except when otherwise indicated in the purchase order.

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

5.5.3 The lay ratios for the steel wire layers shall be as follows:

- a) the lay ratio for the 6-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;
- c) for certain conductor constructions, as indicated in figure 1b, the minimum lay ratio may be less than 10 for both inner and outer layers.

5.5.4 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.

5.5.5 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.

5.5.6 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.

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

5.6 Joints

5.6.1 There shall be no joints of any kind made in the steel core wire or wires during stranding.

5.6.2 No more than one joint per aluminium finished wire as permitted in the references of IEC 61089 shall be used per length of conductor.

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

5.6.4 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 pour obtenir une forme équivalente à celle du fil mère et ne doivent pas présenter d'irrégularités.

5.6.5 Pour les fils d'aluminium, le nombre de soudures ne doit pas excéder les valeurs données au tableau 1. 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.

5.6.6 Les soudures doivent être réalisées par soudure électrique, soudure électrique refoulée à froid, soudure à froid par pression (voir 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 environ 250 mm de chaque côté de la soudure.

Tableau 1 – Nombre de raccordements autorisés dans les conducteurs en aluminium

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

Il n'est pas exigé que les soudures spécifiées en 5.6.4 aient les caractéristiques du fil d'origine (voir note 2). Cependant, la résistance mécanique à la rupture ne doit pas être inférieure à 75 MPa pour les soudures électriques recuites, et à 130 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 prescrites.

NOTE 1 Certains pays exigent le recuit des soudures à froid réalisées avec les matériaux A2 ou A3.

NOTE 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.

5.7 Densité linéique – Masse par unité de longueur

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

Les coefficients d'augmentation de masse due au câblage, exprimés en pourcentage (voir note 1), basés sur les rapports moyens de câblage indiqués en 5.5.4 et 5.5.5, doivent être ceux du tableau 2 ou, si une plus grande précision s'avère nécessaire, les rapports de pas réels peuvent être utilisés pour calculer ces coefficients.

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

NOTE 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 masse dépend des rapports de câblage utilisés.

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

5.6.4 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 shape equal to that of the parent wires and shall not be kinked.

5.6.5 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.

5.6.6 Joints shall be made by electric butt welding, electric butt cold upset welding or cold pressure welding (see 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

While the joints specified in 5.6.4 are not required to meet the requirements of unjointed wires (see 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.

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

NOTE 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.

5.7 Linear density – Mass per unit length

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.

The increments (see note 1) in per cent, for mass due to stranding, based on the mean lay ratios given in 5.5.4 and 5.5.5, shall be those shown in table 2 or, if more precision is required, actual lay factors may be used to calculate actual increments.

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

NOTE 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.

NOTE 2 Grease requirements are under consideration.

Tableau 2 – Coefficients d'augmentation normalisés^a résultant du câblage

Câblage			Coefficient d'augmentation ^a %	
Nombre de couches d'aluminium ^b	Nombre de fils d'acier	Nombre de couches	Aluminium ^c	Acier
1	0	–	1,5	–
	1	–	1,5	–
2	0	–	2,0	–
	1	–	2,0	–
	7	1	2,0	0,43
3	0	–	2,0	–
	7	1	2,5	0,43
	19	2	2,5	0,77
4	0	–	3,0	–
	19	2	3,0	0,77

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

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

^c Les nombres de fils par couche ne sont pas spécifiés; ainsi ces coefficients sont des valeurs typiquement arrondies.

5.8 Résistance mécanique du conducteur

5.8.1 La charge de rupture assignée d'un conducteur homogène en aluminium est prise comme égale à la somme des charges de rupture minimales de chacun des fils comme cela est défini en 5.8.4.

5.8.2 La charge de rupture assignée des conducteurs bimétalliques AxF/Syz ou AxF/SA est la somme de la charge de rupture de la partie en aluminium et de celle de l'acier correspondant à un allongement compatible avec celui de l'aluminium au moment de sa rupture. Pour permettre une spécification et pour des raisons de commodité, cette charge 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.

5.8.3 La charge de rupture assignée des conducteurs bimétalliques en aluminium (A1F/A2 ou A1F/A3) est la somme de la charge de rupture de la partie en A1F et de 95 % de celle de la partie en A2 ou A3.

5.8.4 La charge de rupture 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 fabricant, soit pour un nouveau procédé de fabrication de conducteur et refaits ultérieurement uniquement en cas de changement de conception, de fabricant ou de procédé de fabrication.

Table 2 – Standard^a increments due to stranding

Stranding			Increment ^a (increase) %	
Number of aluminium layers ^b	Number of steel wires	Number of layers	Aluminium ^c	Steel
1	0	–	1,5	–
	1	–	1,5	–
2	0	–	2,0	–
	1	–	2,0	–
	7	1	2,0	0,43
3	0	–	2,0	–
	7	1	2,5	0,43
	19	2	2,5	0,77
4	0	–	3,0	–
	19	2	3,0	0,77

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

^b Number of layers of each type of wire not including the central wire.

^c Numbers of wires per layer are not specified, thus these increments are typical rounded values.

5.8 Conductor strength

5.8.1 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 5.8.4.

5.8.2 The rated tensile strength of composite AxF/Syz or AxF/SA 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 specification and practicability, this strength of steel is conservatively established as the stress corresponding at 1 % elongation in a 250 mm gauge length.

5.8.3 The rated tensile strength of composite aluminium conductors (A1F/A2 or A1F/A3) shall be taken as the sum of the tensile strength of A1F portion plus 95 % of the tensile strength of the A2 or A3 portion.

5.8.4 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 shall be carried out once – be it for a new design, a new manufacturer or manufacturing process of conductor and then subsequently repeated only when the design, manufacturer or manufacturing process is changed.

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

Les essais de type doivent être réalisés pour des constitutions établies.

6.1.2 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements sont destinés à garantir la qualité des conducteurs et leur conformité aux prescriptions de la présente norme.

6.2 Prescriptions d'essai pour les conducteurs de nouvelle conception

Les prescriptions d'essai sont les suivantes:

6.2.1 Essais de type

- a) Soudures des fils d'aluminium
- b) Courbes de contrainte-déformation
- c) Résistance à la rupture du conducteur
- d) Fluage

6.2.2 Essais sur prélèvements

- a) Sur fil avant câblage: selon 5.1 et 5.2.
- b) Sur le conducteur:
 - surface de la section droite;
 - diamètre extérieur;
 - densité linéique;
 - aspect de surface;
 - rapport de câblage et sens de câblage;
 - essai d'enroulement des fils d'aluminium extraits du conducteur, lorsque la mise en forme des fils et le câblage sont effectués en une seule opération.

6.3 Echantillonnage

Les échantillons pour les essais décrits en 6.2.2 doivent être 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.

6.4 Longueur de l'échantillon

6.4.1 Les échantillons destinés aux essais sur brins élémentaires en aluminium et, le cas échéant, en acier zingué ou avec l'âme revêtue d'aluminium doivent être 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.

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

Type test data shall be provided for established designs.

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 for new conductor designs

Test requirements are as follows:

6.2.1 Type tests

- a) Joints in aluminium wires
- b) Stress-strain
- c) Breaking strength of conductor
- d) Creep

6.2.2 Sample tests

- a) On wire before stranding: as per 5.1 and 5.2.
- b) On the conductor:
 - cross-sectional area;
 - overall diameter;
 - linear density;
 - surface condition;
 - lay ratio and direction of lay;
 - wrap test on aluminium wires removed from a conductor where wire forming and stranding are done in a single operation.

6.3 Sample size

Samples for the test 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.

6.4 Sample length

6.4.1 Samples for tests on individual aluminium wires and, when applicable, zinc-coated or aluminium clad steel core wires shall be taken before stranding and tested in accordance with the standard 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 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.

6.4.4 La longueur d'échantillon indiquée ci-dessus est la longueur 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 Raccordement 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 prescrites en 5.6 en communiquant des résultats d'essais récents ou en réalisant les essais nécessaires.

6.5.2 Courbes de contrainte-déformation

Les courbes de contrainte-déformation doivent être fournies 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.

Si cela est convenu entre l'acheteur et le fournisseur au moment de la commande, les essais de contrainte-déformation doivent être réalisés sur le conducteur et, le cas échéant, sur l'âme d'acier, conformément à la méthode indiquée à 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 charge de rupture assignée selon 5.8.

La résistance à la rupture des conducteurs doit être déterminée par traction du conducteur sur un banc d'essai adapté ayant une précision d'au moins ± 1 %. Il est recommandé que la vitesse d'accroissement de la charge soit conforme à B.6. Pour réaliser cet essai, des raccords appropriés doivent être installés aux extrémités des échantillons de conducteur. Durant cet essai, la résistance à la rupture du conducteur doit être déterminée par la charge atteinte au moment de la rupture d'un ou de plusieurs brins. Un contre-essai – ou 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.

6.5.4 Essai de fluage

Lorsqu'il est prescrit, l'essai de fluage doit être réalisé selon la CEI 61395.

6.6 Essais sur prélèvements

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 doit être prise comme la somme des surfaces des fils d'aluminium composant le conducteur, basées sur les mesures de diamètre faites conformément à 6.6.1.4 ou 6.6.1.5.

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

6.6.1.3 La surface de la section de l'âme d'acier, le cas échéant, doit être prise comme étant la somme des surfaces des sections des fils massifs composant l'âme d'acier, basées sur les mesures de diamètre faites conformément à 6.6.1.4.

6.4.4 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 Joints in aluminium wires

The manufacturer shall demonstrate to the purchaser that the method used for jointing aluminium wires meets the strength requirements of 5.6 by supplying recent test results or by performing the necessary tests.

6.5.2 Stress-strain curves

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.

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 conductors

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 5.8.

The breaking strength of conductors shall be determined by pulling a conductor in a suitable tensile testing machine having an accuracy of at least ± 1 %. It is recommended that the rate of increase of load should be as described in B.6. 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 – or 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 Creep test

Creep test, when required, shall be conducted in accordance with IEC 61395.

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 values obtained in accordance with 6.6.1.4 or 6.6.1.5.

6.6.1.2 This area shall not vary from the nominal value by more than ± 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.

6.6.1.3 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 6.6.1.4.

6.6.1.4 Le diamètre d'un brin rond doit inclure le revêtement métallique, le cas échéant, et doit être mesuré en utilisant un micromètre à faces planes pour l'enclume et pour la touche, gradué pour lire le centième de millimètre. Le diamètre en millimètres doit être la moyenne de trois mesures de diamètre. Chacune de ces mesures correspond à la moyenne des lectures maximale et minimale situées près de chacune des extrémités et au centre de l'échantillon.

6.6.1.5 Le diamètre équivalent d'un fil de forme doit être calculé en utilisant la masse, la longueur et la masse volumique, comme décrit dans la CEI 60889.

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 doivent être faites avec un micromètre gradué au centième de millimètre (0,01 mm). Le diamètre doit être 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 ± 1 % pour les diamètres supérieurs ou égaux à 10 mm; et de $\pm 0,1$ 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 doit être déterminée au moyen de matériels pouvant garantir une précision de $\pm 0,1$ %.

La tolérance sur la masse linéique du conducteur sans graisse ne doit dépasser ± 2 %.

La masse de graisse dans un conducteur doit être 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 aux valeurs prescrites à l'annexe C.

6.6.4 Résistance à la rupture des fils

Lorsqu'ils sont demandés, les essais de résistance à la rupture doivent être faits sur des fils prélevés sur des conducteurs après câblage. La longueur de fil nécessaire aux essais doit être prélevée de l'échantillon du conducteur et doit être retirée de sa position, et redressée; on prendra 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 et 6.6.1.4 dans le cas du fil de forme. Puis, le fil redressé doit être 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/min ni supérieure à 100 mm/min.

La charge de rupture des fils mis en forme avant câblage 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.) Pour le cas des fils mis en forme après câblage, voir 5.2.

6.6.5 Aspect de surface

La surface du conducteur doit être conforme aux prescriptions de 5.4.

6.6.1.4 The diameter of a round wire shall include the metallic coating, where applicable, and shall be measured using a micrometer calliper having flat surfaces on both the anvil and the end of the spindle and graduated to be read in millimetres to two decimal places. The diameter 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.

6.6.1.5 The equivalent wire diameter of a formed wire shall be calculated by using the weight, length and density as described in IEC 60889.

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 calliper graduated to be read in one-hundredths of a millimetre (0,01 mm). The diameter shall be the average of two readings, rounded to two decimal places of a millimetre, taken at right angles to each other at the same location.

The diameter of the conductor shall not vary by ± 1 % for diameters larger than or equal to 10 mm and by $\pm 0,1$ 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 tolerance on the mass of the conductor per unit length without grease shall not exceed ± 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 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 and 6.6.1.4 in the case of formed wire. 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/min and not greater than 100 mm/min.

The load at failure for wires formed prior to stranding 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.) For wires formed after stranding, see 5.2.

6.6.5 Surface condition

The surface of the conductor shall comply with the requirements of 5.4.

6.6.6 Rapport de câblage et sens de câblage

Le rapport de câblage de chaque couche du conducteur doit être 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 5.5. En outre, le sens de câblage de chaque couche doit être noté et doit également être conforme aux exigences de 5.5.

6.7 Contrôle

Au moment de l'achat, le fabricant doit informer l'acheteur du lieu et de la date des essais de type et sur prélèvements. 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.

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 nécessaires et fournir à l'acheteur, à sa demande, des copies officielles des résultats d'essais. L'acheteur doit accepter ou rejeter la marchandise selon les résultats de ces essais. En variante, le fabricant peut fournir des résultats d'essais appropriés si ces essais ont déjà été effectués durant la production.

6.8 Acceptation ou refus

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

Si un lot est ainsi refusé, 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 normale et du transport.

Les éléments suivants doivent faire l'objet d'un accord 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 l'accessibilité 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, la tare, la longueur (ou le nombre et la longueur, si plusieurs longueurs sont acceptées sur un même touret), la 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 aléatoires

Les longueurs aléatoires 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.

6.6.6 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 5.5. In addition, the direction of each layer shall be noted and shall also comply with the requirements of 5.5.

6.7 Inspection

The manufacturer shall inform the purchaser at the time of purchase of the location and date of type and sample testing. 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.

When inspection has 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 necessary tests and, when requested, provide the purchaser with official copies of the results of such tests. 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 Acceptance or rejection

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.

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.

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 it is agreed to supply more than one length 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 total order, providing that no piece is less than 50 % of the agreed length of conductor per drum.

Annexe A (normative)

Renseignements devant être fournis par l'acheteur

Les informations suivantes doivent être fournies par l'acheteur:

- a) la quantité de conducteurs;
- b) la section droite, la désignation et le câblage du conducteur;
- c) la longueur de conducteur par touret, la tolérance et, le cas échéant, l'appariement des longueurs;
- d) le type et la taille des emballages ainsi que la méthode d'emballage;
- e) les prescriptions spéciales d'emballage, si nécessaire;
- f) les 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 sur raccordements faits sur les fils avant câblage sont exigés;
- j) si des essais de résistance à la rupture sur le conducteur sont exigés;
- k) si des essais de contrainte-déformation sont exigés;
- l) le sens de câblage. Si cette information ne figure pas, le sens de câblage de la couche externe est à droite;
- m) les prescriptions concernant la graisse, si nécessaire (type, propriétés, etc.);
- n) si des essais de fluage sont exigés.

Annex A

(normative)

Information to be supplied by purchaser

The following information shall be provided by the purchaser:

- 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 tests on welded joints made in wires prior to stranding are required;
- j) whether conductor breaking strength tests are required;
- k) whether conductor stress-strain tests are required;
- l) direction of lay. If this information is omitted, the direction of the external lay shall be right-hand;
- m) requirements for grease, if any (type, properties, etc.);
- n) whether creep tests are required.

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, doit être essayée pour obtenir des courbes de contrainte-déformation représentatives.

B.2 Température lors de l'essai

La température de l'échantillon doit être notée et ne doit pas varier de plus de ± 2 °C pendant l'essai. La température doit être lue 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 doit être celle indiquée ci-après.

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

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

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.

Pour les essais de contrainte-déformation, des raccords d'extrémités approuvés par l'acheteur doivent être utilisés, par exemple des raccords comprimés, des raccords du type époxy ou des raccords par soudure.

Des précautions doivent être prises afin que les fils ne soient pas endommagés au cours de la préparation de l'extrémité de l'échantillon.

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.

B.4 Prescriptions (uniquement pour les raccords comprimés)

Chaque fois que l'on utilise des raccords comprimés pour essayer des conducteurs Ax_F/S_{yz}, la méthodologie indiquée ci-après doit être suivie.

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 maximal de 2 % à 10 %, en partant de l'extrémité 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:

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 supply sufficient pressure to prevent relative wire movements in the conductor.

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.

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.

End fittings such as compression, epoxy type or solder type approved by the purchaser shall be used for stress-strain tests.

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

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 Requirements (only for compression fittings)

Whenever compression fittings are used for testing AxF/Syz conductors, the following methodology shall be used.

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 other core end.

Tirer le manchon en aluminium sur le raccord en acier. Laisser un espace entre l'extrémité du manchon en aluminium et l'épaulement 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 à l'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.

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

B.5 Montage d'essai

L'échantillon à l'essai doit être 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.

La distance entre la pince repérant la longueur de référence et l'extrémité du manchon d'ancrage doit être 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 charge de rupture 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.

La déformation du conducteur doit être évaluée à partir de la mesure des déplacements des deux extrémités de la longueur de référence. Les repères de référence doivent être 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 doit prendre soin de placer les plaques perpendiculairement au conducteur. Il convient que 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 n'introduise pas d'erreur de lecture supérieure à 0,3 mm.

NOTE 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.

NOTE 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-déformation des conducteurs doivent être celles définies ci-après.

- a) Porter le conducteur à une tension initiale de 2 % de la CRA (charge de rupture assignée), pour le redresser. Après ce redressement, relâcher la charge (voir note 1) et étalonner les jauges de contrainte à zéro pour une tension nulle.
- b) Si les enregistrements des données de contrainte-déformation ne sont pas continus, relever les valeurs d'allongement par pas de 2,5 % de la CRA, arrondies au kilonewton (kN) le plus proche.

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.

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

B.5 Test set-up

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.

This distance between the clamp indicating the gauge length and the mouth of the terminal sleeve shall be monitored with a calliper 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.

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.

NOTE 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.

NOTE 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.

- a) Load initially to 2 % of RTS (rated tensile strength) to straighten the conductor. After straightening, remove the load (see note 1) and set the strain gauges to zero at zero tension.
- b) For non-continuous stress-strain data recordings, take the strain readings at intervals of 2,5 % RTS rounded off to the nearest kilonewton (kN).

- c) Charger à 30 % de la CRA et maintenir ainsi pendant 30 min. Relever les valeurs après 5 min, 10 min, 15 min et 30 min pendant la période de tenue. Relâcher à la charge initiale.
- d) Recharger à 50 % de la CRA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min et 60 min. Relâcher à la charge initiale.
- e) Recharger à 70 % de la CRA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min et 60 min. Relâcher à la charge initiale.
- f) Recharger à 85 % de la CRA et maintenir ainsi pendant 1 h. Relever les valeurs après 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min et 60 min. Relâcher à la charge initiale.
- g) 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 % de la CRA (voir note 2) avec les mêmes pas que précédemment.
- h) La vitesse d'accroissement de la charge doit être uniforme au cours de l'essai. Le temps nécessaire pour atteindre 30 % de la CRA doit être compris entre au moins 1 min et au plus 2 min. La même vitesse doit être maintenue tout au long des essais.

NOTE 1 Lorsque des pinces à coincement conique sont utilisées pour l'essai, la suppression de la charge peut produire un desserrage de la pince et en conséquence, dans ce cas, il convient que la charge initiale de 2 % de la CRA soit conservée lorsque les jauges de contrainte à zéro sont étalonnées.

NOTE 2 Il convient de prendre des précautions particulières lors de l'essai de conducteurs, en particulier ceux de désignation A1F au-dessus de 70 % de la CRA.

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

Les conditions de charge pour les essais de contrainte-déformation sur les âmes en acier des conducteurs AxF/Syz doivent être celles décrites ci-après.

L'essai doit comporter des applications successives de charges, dans les mêmes conditions que pour les conducteurs à 30 %, 50 %, 70 % et 85 % de la CRA.

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

B.8 Courbes contrainte-déformation

La courbe de contrainte-déformation s'obtient en traçant une courbe lissée passant par les points 30 min et 1 h sous des charges de 30 %, 50 %, 70 % et 85 % de la CRA. Pour obtenir la courbe caractéristique, éliminer 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.

- c) Load to 30 % RTS and hold for 30 min. Take readings after 5 min, 10 min, 15 min and 30 min during the hold period. Release to the initial load.
- d) Re-load to 50 % RTS and hold for 1 h. Take readings after 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min and 60 min. Release to the initial load.
- e) Re-load to 70 % RTS and hold for 1 h. Take readings after 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min and 60 min. Release to the initial load.
- f) Re-load to 85 % RTS and hold for 1 h. Take readings after 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min and 60 min. Release to the initial load.
- g) 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 % RTS (see note 2) at the same intervals as for previous loading.
- h) 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.

NOTE 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 should be kept while setting strain gauges to zero.

NOTE 2 Extra caution should be exercised when testing conductors, especially A1F designation, above 70 % RTS.

B.7 Test loads for steel core only

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

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.

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 30 min 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.

Annexe C (normative)

Masse nominale de graisse des conducteurs câblés utilisant des fils de forme

Lorsque le graissage des conducteurs nus AxF/Sxy est prescrit pour réduire les risques de corrosion dans certaines conditions, la masse de graisse peut être calculée en utilisant la méthode donnée dans cette annexe. Comme certains conducteurs sont composés de fils de forme qui ne laissent que de très petits interstices entre les brins de forme, quand on veut calculer la masse de graisse il est nécessaire de ne considérer que les vides présents dans l'âme de fils ronds.

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

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

où

D_e est le diamètre extérieur de la couche;

D_i est le diamètre intérieur de la couche;

d est le diamètre, ou le diamètre équivalent, du fil de la couche;

n est le nombre de fils de la couche;

V_g est le volume de graisse de la couche.

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), la masse totale de graisse dans un conducteur peut être exprimée par la relation suivante:

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

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 du fil de l'âme, en millimètres;

M_g est la masse de graisse, en kg/km.

Les valeurs de k sont données dans le tableau C.1, pour une masse volumique de la graisse de 0,87 g/cm³, et pour un facteur de remplissage de 0,7.

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

Câblage (âme graissée en acier)		k
Aluminium	Acier	
Tout	–	–
	1	–
	7	0,30
	19	0,46