

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 209

Première édition — First edition

1966

Conducteurs en aluminium-acier

Aluminium conductors, steel-reinforced



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 209

Première édition — First edition

1966

Conducteurs en aluminium-acier

Aluminium conductors, steel-reinforced



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
1. Objet	6
2. Définitions	6
3. Valeurs conventionnelles relatives au fil en aluminium écroui-dur	6
4. Valeurs conventionnelles relatives au fil en acier zingué	8
SECTION DEUX — MATÉRIAU	
5. Matériau.	8
6. Absence de défauts	8
SECTION TROIS — DIMENSIONS ET COMPOSITION	
7. Tolérances sur les diamètres nominaux des fils	8
8. Soudures des fils	10
9. Câblage	10
10. Longueurs et variations sur longueur	10
SECTION QUATRE — ESSAIS	
11. Prélèvement des échantillons	12
12. Lieu d'exécution des essais	12
13. Essais mécaniques	14
14. Essais de zingage	18
15. Essai de résistivité	22
16. Certificat de conformité	24
ANNEXES A — Notes sur le calcul des caractéristiques des conducteurs	28
B — Modules d'élasticité et coefficients de dilatation linéaire des compositions courantes de conducteurs en aluminium-acier	32
TABLEAUX I: Rapports de câblage	12
II: Charge initiale et réglage de l'extensomètre pour la détermination de la charge à 1 % d'allongement	14
III: Propriétés mécaniques du fil en aluminium écroui-dur	24
IV: i) Propriétés mécaniques et caractéristiques de la couche de zinc du fil en acier zingué — unités métriques	26
IV: ii) Propriétés mécaniques et caractéristiques de la couche de zinc du fil en acier zingué — unités anglo-saxonnes	26
V: Constantes de câblage	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
SECTION ONE — GENERAL	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Standards for hard-drawn aluminium wire	7
4. Standards for zinc-coated steel wire	9
SECTION TWO — MATERIAL	
5. Material	9
6. Freedom from defects	9
SECTION THREE — DIMENSIONS AND CONSTRUCTION	
7. Tolerances on nominal diameters of wires	9
8. Joints in wires	11
9. Stranding	11
10. Lengths and variations in length	11
SECTION FOUR — TESTS	
11. Selection of test samples	13
12. Place of testing	13
13. Mechanical tests	15
14. Galvanizing tests	19
15. Resistivity test	23
16. Certificate of compliance	25
APPENDIX A — Notes on the calculation of conductor properties	29
B — Moduli of elasticity and coefficients of linear expansion for common constructions of aluminium conductors, steel-reinforced	33
TABLES I: Lay ratios	13
II: Initial stress and extensometer setting for determination of stress at 1 % ex- tension	15
III: Mechanical properties of hard-drawn aluminium wire	25
IV: i) Mechanical properties and zinc coating requirements for steel wire — Metric units	27
IV: ii) Mechanical properties and zinc coating requirements for steel wire — Inch-pound units	27
V: Stranding constants	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDUCTEURS EN ALUMINIUM-ACIER

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été préparée par le Comité d'Etudes N° 7 de la C E I: Conducteurs nus en aluminium.

Lors de la réunion tenue à Stockholm en 1958, il fut décidé qu'un travail devait être entrepris pour la préparation d'une recommandation sur les conducteurs en aluminium-acier pour lignes aériennes de transport d'énergie électrique.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1963. A la suite de cette réunion, un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six mois en novembre 1963.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Italie
Belgique	Japon
Canada	Norvège
Chine (République Populaire de)	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Inde	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie

Les autres recommandations de la C E I concernant les spécifications pour les autres types de conducteurs nus en aluminium pour lignes aériennes de transport d'énergie électrique sont:

Publication 207: Conducteurs câblés en aluminium

Publication 208: Conducteurs câblés en alliage d'aluminium (type aluminium-magnésium-silicium)

Publication 210: Conducteurs en alliage d'aluminium-acier.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ALUMINIUM CONDUCTORS, STEEL-REINFORCED

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation was prepared by I E C Technical Committee No. 7, Bare Aluminium Conductors.

At a meeting held in Stockholm in 1958, it was decided that work should be commenced on the preparation of a recommendation on aluminium conductors, steel-reinforced for overhead power transmission purposes.

A first draft was discussed at the meeting held in London in 1963. As a result of this meeting, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Japan
Canada	Korea (Republic of)
China (People's Republic of)	Norway
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
France	Turkey
Germany	United Kingdom
India	United States of America
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	Yugoslavia

I E C Recommendations covering specifications for the other types of bare aluminium conductors for overhead power transmission purposes are:

Publication 207: Aluminium Stranded Conductors

Publication 208: Aluminium Alloy Stranded Conductors (aluminium-magnesium-silicon type)

Publication 210: Aluminium Alloy Conductors, Steel-reinforced.

CONDUCTEURS EN ALUMINIUM-ACIER

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Objet

Cette recommandation s'applique aux conducteurs câblés en aluminium renforcé acier appelés de façon courante conducteurs en aluminium-acier pour lignes aériennes de transport d'énergie électrique.

Elle est destinée à couvrir les compositions courantes composées de fils de même diamètre dans chaque couche d'aluminium. Elle donne également les propriétés des fils en aluminium et en acier zingué utilisés pour la fabrication de ces conducteurs et dans les diamètres échelonnés de 1,25 mm (0,050 in) à 5,00 mm (0,200 in) et de 1,25 mm (0,050 in) à 4,75 mm (0,190 in) respectivement.

Il n'est pas fait état des dimensions spécifiques des conducteurs.

2. Définitions

Les définitions ci-dessous sont utilisées tout au long de la présente recommandation :

Conducteur en aluminium-acier

Conducteur composé de sept fils ou plus en aluminium et en acier zingué câblés en couches concentriques. Le ou les fils centraux sont en acier zingué, la ou les couches extérieures en aluminium.

Diamètre

Moyenne de deux mesures prises à angle droit sur la même section.

Sens de câblage

Le sens de câblage est défini comme étant à droite ou à gauche. Lorsqu'il s'agit de câblage à droite, les fils s'enroulent suivant la direction de la partie centrale de la lettre Z lorsque le conducteur est tenu verticalement. Dans le cas de câblage à gauche, les fils s'enroulent suivant la direction de la partie centrale de la lettre S quand le conducteur est tenu verticalement.

Rapport de câblage

Rapport entre la longueur axiale d'un tour complet de l'hélice formée par un fil individuel dans le conducteur câblé et le diamètre extérieur de cette hélice.

3. Valeurs conventionnelles relatives au fil en aluminium écroui-dur

(Les valeurs conventionnelles indiquées ci-après sont conformes à celles données par la Publication 111 de la C E I: Recommandation concernant la résistivité des fils en aluminium écroui dur industriel pour conducteurs électriques.)

3.1 Résistivité

La résistivité du fil en aluminium dépend de sa pureté et de ses conditions physiques. Dans le cadre de cette recommandation la valeur maximale admise est de 0,028 264 ohm.mm²/m à 20 °C et cette valeur sera également utilisée comme valeur conventionnelle dans les calculs.

ALUMINIUM CONDUCTORS, STEEL-REINFORCED

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This Recommendation applies to aluminium conductors, steel-reinforced for overhead power transmission purposes.

It is intended to cover all common constructions having wires of the same size in each aluminium layer and specifies the properties of the aluminium and zinc-coated steel wires used in their manufacture in the diameter ranges 1.25 mm (0.050 in) to 5.00 mm (0.200 in) and 1.25 mm (0.050 in) to 4.75 mm (0.190 in) respectively.

No reference is made to specific conductor sizes.

2. Definitions

For the purposes of this Recommendation, the following definitions shall apply:

Aluminium conductor, steel-reinforced

Conductor consisting of seven or more aluminium and zinc-coated steel wires built up in concentric layers. The centre wire or wires are of zinc-coated steel and the outer layer or layers of aluminium.

Diameter

Mean of two measurements at right angles taken at the same cross-section.

Direction of lay

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

Lay ratio

Ratio of the axial length of a complete turn of the helix formed by an individual wire in a stranded conductor, to the external diameter of the helix.

3. Standards for hard-drawn aluminium wire

(The following standard values are in accordance with the values given in I E C Publication 111: Recommendation for the Resistivity of Commercial Hard-drawn Electrical Conductor Wire.)

3.1 Resistivity

The resistivity of aluminium wire depends upon its purity and its physical condition. For the purposes of this Recommendation the maximum value permitted is 0.028 264 ohm.mm²/m at 20 °C, and this value shall also be used as the standard resistivity for the purpose of calculation.

3.2 Densité

A la température de 20 °C, la densité du fil en aluminium écroui-dur est fixée à 2,703 kg/dm³ (0,097 65 lb/in³).

3.3 Coefficient de dilatation linéaire

Le coefficient de dilatation linéaire du fil en aluminium écroui-dur est fixé à 23×10^{-6} par degré Celsius.

3.4 Coefficient de température à masse constante (α)

A la température de 20 °C, le coefficient de température à « masse constante » de la résistance, α , du fil en aluminium écroui-dur, mesuré entre deux points potentiels fixés au fil de façon rigide, est fixé à 0,00 403 par degré Celsius.

4. Valeurs conventionnelles relatives au fil en acier zingué

4.1 Densité

A la température de 20 °C, la densité du fil en acier zingué est fixée à 7,80 kg/dm³.

4.2 Coefficient de dilatation linéaire

Afin d'obtenir l'uniformité des calculs, la valeur de $11,5 \times 10^{-6}$ par degré Celsius sera retenue comme valeur du coefficient de dilatation linéaire du fil en acier zingué constituant l'âme des conducteurs en aluminium-acier.

SECTION DEUX — MATÉRIAU

5. Matériau

Le conducteur sera constitué de fils en aluminium écroui-dur et en acier zingué répondant aux caractéristiques mécaniques et électriques spécifiées dans la présente recommandation.

Le revêtement de zinc des fils en acier pourra être appliqué par procédé à chaud ou procédé électrolytique.

Sur demande de l'acheteur, ou à l'option du fabricant s'il n'en est pas autrement spécifié, une application de graisse neutre pourra être faite entre les différentes couches de fils.

6. Absence de défauts

Les fils devront être lisses et exempts de tous défauts incompatibles avec une bonne pratique commerciale.

SECTION TROIS — DIMENSIONS ET COMPOSITION

7. Tolérances sur les diamètres nominaux des fils

7.1 Fils en aluminium

Le diamètre mesuré des fils en aluminium ne pourra différer du diamètre nominal que dans les tolérances suivantes:

Diamètre nominal	Tolérance
2,50 mm (0,100 in) et plus Inférieur à 2,50 mm (0,100 in)	$\pm 1\%$ $\pm 0,025 \text{ mm } (\pm 0,0010 \text{ in})$

3.2 Density

At a temperature of 20 °C, the density of hard-drawn aluminium wire is to be taken as 2.703 kg/dm³ (0.097 65 lb/in³).

3.3 Coefficient of linear expansion

The coefficient of linear expansion of hard-drawn aluminium wire is to be taken as 23×10^{-6} per degree Celsius.

3.4 Constant-mass temperature coefficient (α)

At a temperature of 20 °C, the “constant-mass” temperature coefficient of resistance, α , of hard-drawn aluminium wire, measured between two potential points rigidly fixed to the wire, is to be taken as 0.00 403 per Celsius degree.

4. Standards for zinc-coated steel wire

4.1 Density

At a temperature of 20 °C, the density of zinc-coated steel wire is to be taken as 7.80 kg/dm³

4.2 Coefficient of linear expansion

In order to obtain uniformity in calculations, a value of 11.5×10^{-6} per Celsius degree may be taken as the value for the coefficient of linear expansion of zinc-coated steel wires used for the cores of aluminium conductors, steel-reinforced.

SECTION TWO — MATERIAL

5. Material

The conductor shall be constructed of hard-drawn aluminium and zinc-coated steel wires which have the mechanical and electrical properties specified herein.

The coating on the zinc-coated steel wires may be applied by the hot process or the electrolytic process.

When specified by the purchaser, or at the option of the manufacturer when not otherwise specified, an application of a neutral grease may be made between the layers of wires.

6. Freedom from defects

The wires shall be smooth and free from all imperfections not consistent with good commercial practice.

SECTION THREE — DIMENSIONS AND CONSTRUCTION

7. Tolerances on nominal diameters of wires

7.1 Aluminium wires

The aluminium wires shall not depart from the nominal diameter by more than the following amounts:

Nominal diameter	Tolerance
2.50 mm (0.100 in) and greater Less than 2.50 mm (0.100 in)	$\pm 1\%$ ± 0.025 mm (± 0.0010 in)

7.2 Fils en acier zingué

Le diamètre mesuré des fils en acier zingué ne pourra différer du diamètre nominal que dans les tolérances suivantes:

Diamètre nominal	Tolérance
2,00 mm (0,078 in) et plus Inférieur à 2,00 mm (0,078 in)	$\pm 2\%$ $\pm 0,04 \text{ mm } (\pm 0,0015 \text{ in})$

Le diamètre de ces fils devra être mesuré sur la couche de zinc.

8. Soudure des fils

8.1 Fils en aluminium

Dans les conducteurs en aluminium-acier et quel que soit le nombre de fils en aluminium, les soudures sur fils individuels en aluminium sont autorisées (en plus de celles exécutées sur fil machine, ou avant le tréfilage final); mais deux soudures consécutives devront être au moins distantes de 15 m (50 ft) dans le conducteur terminé. Ces soudures devront être effectuées par résistance ou pression à froid. Au droit des soudures les caractéristiques mécaniques du plein fil ne sont pas exigées. Lorsque les soudures sont effectuées par résistance, les parties soudées devront, après cette opération, être recuites sur une distance minimale de 200 mm (8 in) de part et d'autre de la soudure.

8.2 Fils en acier zingué

Aucune soudure, quel que soit le procédé, n'est autorisée sur le fil en acier zingué, à l'exception de celles faites par résistance sur le fil machine, avant tréfilage.

9. Câblage

9.1 Les fils utilisés dans la fabrication d'un conducteur en aluminium-acier devront, avant câblage, satisfaire à toutes les caractéristiques indiquées dans cette recommandation.

9.2 Le rapport de câblage des différentes couches devra être compris dans les limites données au tableau I, page 12.

9.3 Le rapport entre le diamètre nominal des fils en aluminium et le diamètre nominal des fils en acier zingué, quel que soit le type de composition du conducteur, devra être conforme à la valeur correspondante indiquée à la colonne 3 du tableau I.

9.4 Pour toutes les compositions, deux couches successives seront toujours câblées en sens contraire, la dernière couche extérieure étant à droite. Les fils de chaque couche seront câblés régulièrement et à fils jointifs.

9.5 Dans une âme d'acier de 19 fils, le rapport de câblage de la couche de 12 fils ne devra pas être supérieur au rapport de câblage d'une couche de 6 fils.

De même, dans un conducteur ayant plusieurs couches de fils en aluminium, le rapport de câblage d'une couche quelconque de fils en aluminium ne devra pas être supérieur au rapport de câblage de la couche de fils en aluminium immédiatement sous-jacente.

10. Longueurs et variations sur longueur

Sauf en cas d'accord particulier entre le client et le fabricant, les conducteurs en aluminium-acier seront livrés en longueurs normales de fabrication, une tolérance de $\pm 5\%$ étant admise sur chaque longueur. En outre, sur la totalité des longueurs commandées, 5% d'entre elles, au plus, pourront être inférieures à la longueur nominale, pourvu qu'elles soient supérieures au tiers de cette longueur.