

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60209:1966

Withdrawn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 CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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 CEI: 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 CEI 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)	$\pm 1\%$ $\pm 0,025$ mm ($\pm 0,0010$ 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)	$\pm 2\%$ $\pm 0,04$ mm ($\pm 0,0015$ 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.

7.2 *Zinc-coated steel wires*

The zinc-coated steel wires shall not depart from the nominal diameter by more than the following amounts:

Nominal diameter	Tolerance
2.00 mm (0.078 in) and greater	± 2%
Less than 2.00 mm (0.078 in)	± 0.04 mm (± 0.0015 in)

The diameter of the wires shall be measured over the zinc coating.

8. **Joints in wires**

8.1 *Aluminium wires*

In aluminium conductors, steel-reinforced, containing any number of aluminium wires, joints in individual aluminium wires are permitted, in addition to those made in the base rod or wire before final drawing, but no two such joints shall be less than 15 m (50 ft) apart in the complete stranded conductor. Such joints shall be made by resistance or cold pressure butt welding. They are not required to fulfil the mechanical requirements for unjointed wires. Joints made by resistance butt-welding shall, subsequent to welding, be annealed over a distance of at least 200 mm (8 in) on each side of the joint.

8.2 *Zinc-coated steel wires*

No joints of any kind shall be permitted in the zinc-coated steel wires other than those made by resistance butt-welding in the base rod before drawing.

9. **Stranding**

9.1 The wires used in the construction of an aluminium conductor, steel-reinforced shall, before stranding, satisfy all the relevant requirements of this Recommendation.

9.2 The lay ratio of the different layers shall be within the limits given in Table I, page 13.

9.3 The ratio of the nominal diameter of the aluminium wires to the nominal diameter of the zinc-coated steel wires in any particular construction of aluminium conductor, steel-reinforced, shall conform to the appropriate value given in column 3 of Table I.

9.4 In all constructions, the successive layers shall have opposite directions of lay, the outermost layer being right-handed. The wires in each layer shall be evenly and closely stranded.

9.5 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.

10. **Lengths and variations in length**

Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, aluminium conductors, steel-reinforced, shall be supplied in the manufacturer's usual production lengths and with a permitted variation of ± 5% in the length of any one conductor length. Additionally, it shall be permissible to supply not more than 5% of the lengths on any one order in random lengths, none of which shall be shorter than one-third of the nominal length.

TABEAU I
Rapports de câblage

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nombre de fils	Rapport diamètre du fil en aluminium sur diamètre du fil en acier	Rapports de câblage de l'âme d'acier				Rapports de câblage des fils en aluminium						
		Couche 6 fils		Couche 12 fils		Couche extérieure		Couche immédiatement sous-jacente		Couche la plus interne dans un conducteur à 3 couches d'aluminium		
Aluminium	Acier		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
6	1	1,000	—	—	—	—	10	14	—	—	—	—
6	7	3,000	13	28	—	—	10	14	—	—	—	—
12	7	1,000	13	28	—	—	10	14	—	—	—	—
18	1	1,000	—	—	—	—	10	14	10	16	—	—
24	7	1,500	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
26	7	1,286	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
28	7	1,125	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
30	7	1,000	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
30	19	1,666	13	28	12	24	10	14	10	16	—	—
32	19	1,500	13	28	12	24	10	14	10	16	—	—
54	7	1,000	13	28	—	—	10	14	10	16	10	17
54	19	1,666	13	28	12	24	10	14	10	16	10	17

Note. — Pour la commodité des calculs, le rapport de câblage moyen est fixé à la moyenne arithmétique des valeurs minimales et maximales correspondantes indiquées dans ce tableau.

SECTION QUATRE — ESSAIS

11. Prélèvement des échantillons

11.1 Les échantillons destinés aux essais des articles 13, 14 et 15 devront être prélevés par le fabricant, avant câblage, sur au moins 10% des longueurs individuelles de :

- i) fils en aluminium
- et ii) fils en acier zingué,

constituant chaque livraison de conducteur câblé. Pour les essais des articles 13, 14 et 15, on prélèvera, sur chaque longueur de fils sélectionnés, une éprouvette d'une longueur suffisante pour permettre un seul essai.

11.2 Si, au contraire, le client indique au moment de la commande qu'il désire que les essais soient faits en présence de son représentant, les échantillons devront être prélevés sur des longueurs de conducteur câblé à raison de 10% des longueurs composant chaque livraison; pour les essais des articles 13, 14 et 15, un échantillon suffisant pour permettre chacun des essais sera prélevé sur un nombre convenu de fils composant le conducteur, dans chacune des longueurs choisies pour ces essais.

12. Lieu d'exécution des essais

Tous les essais seront effectués chez le fabricant, à moins qu'il n'en soit autrement spécifié par un accord entre le client et le fournisseur au moment de la passation de la commande.

TABLE I
Lay ratios

1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	11	12	13
Number of wires	Ratio aluminium wire diameter to steel wire diameter	Lay ratios for steel core				Lay ratios for aluminium wires						
		6-wire layer		12-wire layer		Outside layer		Layer immediately beneath outside layer		Innermost layer of conductors with 3 aluminium wire layers		
Aluminium	Steel		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
6	1	1.000	—	—	—	—	10	14	—	—	—	—
6	7	3.000	13	28	—	—	10	14	—	—	—	—
12	7	1.000	13	28	—	—	10	14	—	—	—	—
18	1	1.000	—	—	—	—	10	14	10	16	—	—
24	7	1.500	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
26	7	1.286	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
28	7	1.125	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
30	7	1.000	13	28	—	—	10	14	10	16	—	—
30	19	1.666	13	28	12	24	10	14	10	16	—	—
32	19	1.500	13	28	12	24	10	14	10	16	—	—
54	7	1.000	13	28	—	—	10	14	10	16	10	17
54	19	1.666	13	28	12	24	10	14	10	16	10	17

Note. — For the purposes of calculation, the mean lay ratio shall be taken as the arithmetic mean of the relevant minimum and maximum values given in this Table.

SECTION FOUR — TESTS

11. Selection of test samples

11.1 Samples for the tests specified in Clauses 13, 14 and 15 shall be taken by the manufacturer, before stranding, from not less than 10% of the individual lengths of:

- i) aluminium wire
- and ii) zinc-coated steel wire,

which will be included in any one consignment of stranded conductor. For the tests specified in Clauses 13, 14 and 15, one sample, sufficient to provide one test specimen for each of the appropriate tests, shall be taken from each of the selected lengths of wire.

11.2 Alternatively, when the purchaser states at the time of ordering that he desires tests to be made in the presence of his representative, samples of wire shall be taken from lengths of stranded conductor selected from approximately 10% of the lengths included in any one consignment. For the tests specified in Clauses 13, 14 and 15, one sample, sufficient to provide one specimen for each of the appropriate tests, shall be taken from each of an agreed number of wires of the conductor in each of the selected lengths.

12. Place of testing

Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer at the time of ordering, all tests shall be made at the manufacturer's works.

13. Essais mécaniques

13.1 Charge à 1% d'allongement

Cet essai ne sera effectué que sur des fils en acier zingué.

Une longueur prise sur chacun des échantillons prélevés dans les conditions prévues au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera fixée dans les mors d'une machine de traction. On appliquera une charge correspondant à la charge appropriée indiquée dans la colonne 2 du tableau II. Un extensomètre sera placé sur une longueur de 50 mm (2 in), 200 mm (8 in) ou 250 mm (10 in) puis réglé en fonction de la valeur initiale correspondante indiquée dans la colonne 3 (ou 4 ou 5) du tableau II.

TABLEAU II

Charge initiale et réglage de l'extensomètre pour la détermination de la charge à 1% d'allongement

i) Unités métriques

1	2	3	4	5
Diamètre nominal mm	Charge initiale kg/mm ²	Réglage initial de l'extensomètre		
		mm sur 50 mm	mm sur 200 mm	mm sur 250 mm
1,25	10	0,025	0,10	0,125
2,25	10	0,025	0,10	0,125
3,00	20	0,050	0,20	0,250
4,75	30	0,075	0,30	0,375

ii) Unités anglo-saxonnes

1	2	3	4	5
Diamètre nominal in	Charge initiale lb/in ²	Réglage initial de l'extensomètre		
		in sur 2 in	in sur 8 in	in sur 10 in
0,050	14 000	0,001	0,004	0,005
0,090	14 000	0,001	0,004	0,005
0,120	28 000	0,002	0,008	0,010
0,190	42 000	0,003	0,012	0,015

Note. — Pour les fils de diamètre intermédiaire, la charge initiale et le réglage initial de l'extensomètre seront les mêmes que pour les diamètres immédiatement supérieurs indiqués sur la liste.

La charge sera ensuite augmentée uniformément jusqu'à ce que l'extensomètre indique un allongement de 0,50 mm (0,02 in) sur une longueur de 50 mm (2 in), 2,00 mm (0,08 in) sur une longueur de 200 mm (8 in) ou 2,50 mm (0,10 in) sur une longueur de 250 mm (10 in). A ce moment, on lit la charge correspondante et on en déduit, par le calcul, la charge correspondant à 1% d'allongement. La valeur obtenue pour l'échantillon ne devra pas être inférieure à la valeur correspondante indiquée dans la colonne 2 du tableau IV, page 26.

13. Mechanical tests

13.1 Stress at 1% extension

This test shall be made on zinc-coated steel wires only.

One specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be gripped in the jaws of a tensile testing machine. A load corresponding to the appropriate tensile stress given in column 2 of Table II shall be applied and an extensometer applied on a 50 mm (2 in), 200 mm (8 in) or 250 mm (10 in) gauge length and adjusted to the appropriate initial setting given in column 3 (or 4 or 5) of Table II.

TABLE II

Initial stress and extensometer setting for determination of stress at 1% extension

i) Metric units

1	2	3	4	5
Nominal diameter mm	Initial stress kg/mm ²	Initial setting of extensometer		
		mm in 50 mm	mm in 200 mm	mm in 250 mm
1.25	10	0.025	0.10	0.125
2.25	10	0.025	0.10	0.125
3.00	20	0.050	0.20	0.250
4.75	30	0.075	0.30	0.375

ii) Inch-pound units

1	2	3	4	5
Nominal diameter in	Initial stress lb/in ²	Initial setting of extensometer		
		in in 2 in	in in 8 in	in in 10 in
0.050	14 000	0.001	0.004	0.005
0.090	14 000	0.001	0.004	0.005
0.120	28 000	0.002	0.008	0.010
0.190	42 000	0.003	0.012	0.015

Note. — For wire of intermediate diameter, the initial stress and the initial extensometer setting shall be the same as that for the next larger diameter listed.

The load shall then be increased uniformly until the extensometer indicates an extension of 0.50 mm (0.02 in) in 50 mm (2 in), 2.00 mm (0.08 in) in 200 mm (8 in) or 2.50 mm (0.10 in) in 250 mm (10 in). At this point, the load shall be read, from which the value of the stress at 1% extension shall be calculated. The value obtained for the specimen shall be not less than the appropriate value given in column 2 of Table IV, page 27.

L'échantillon pourra ultérieurement être utilisé pour l'essai de traction décrit ci-dessous.

13.2 Essai de traction

Cet essai sera effectué aussi bien sur les fils en aluminium que sur les fils en acier zingué.

La charge de rupture d'une longueur prélevée sur chacun des échantillons comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera déterminée au moyen d'une machine de traction appropriée.

La charge devra être appliquée graduellement à une vitesse d'écartement des mors qui ne devra pas être inférieure à 25 mm (1 in) par minute ni supérieure à 100 mm (4 in) par minute.

Lorsque les essais sont effectués avant câblage, la charge de rupture de l'échantillon ne devra pas être inférieure à la valeur appropriée indiquée dans la colonne 3 ou 4 du tableau III ou de la colonne 3 du tableau IV. Lorsque les essais sont effectués après câblage, la charge de rupture de l'échantillon ne devra pas être inférieure à la valeur appropriée indiquée dans la colonne 5 ou 6 du tableau III ou de la colonne 4 du tableau IV.

13.3 Essai de ductilité

Cet essai sera effectué seulement sur les fils en acier zingué.

- a) Une longueur de fil prélevée sur chacun des échantillons, comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera fixée à ses extrémités à deux mors, l'une d'elles étant libre de se déplacer longitudinalement durant l'essai. Une faible traction n'excédant pas 2% de la charge de rupture des fils sera appliquée à l'échantillon durant l'essai. Le fil subira la torsion provoquée par la rotation d'un des mors, jusqu'à la rupture. Le nombre de torsions sera indiqué par un compteur ou un autre système approprié. La vitesse de torsion ne devra pas excéder 60 tr/min.

Lorsque cet essai est effectué sur les fils avant câblage, le nombre de tours complets effectués avant rupture sera au minimum de 18 pour une longueur d'échantillon égale à 100 fois le diamètre du fil. La rupture devra présenter une section lisse, à angle droit avec l'axe du fil.

Lorsque cet essai est effectué après câblage, le nombre de tours complets effectués avant rupture sera au minimum de 16 pour une longueur d'échantillon égale à 100 fois le diamètre du fil. La rupture devra présenter une section lisse, à angle droit avec l'axe du fil.

- b) En alternative de l'essai de torsion, un essai d'allongement peut être effectué sur les fils en acier zingué. L'allongement d'une longueur prélevée sur chacun des échantillons, comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera déterminé comme suit. La longueur sera dressée à la main et on y portera deux repères distants de 200 mm (8 in). On appliquera l'effort de traction comme indiqué ci-dessus au paragraphe 13.2 et on mesurera l'allongement après raccordement des extrémités rompues. Si la rupture se produit en dehors des repères ou à moins de 25 mm (1 in) de l'un d'eux et si l'allongement désiré n'est pas atteint, cet essai sera considéré comme nul et on procédera à un nouvel essai.

Lorsque cet essai est effectué avant câblage, l'allongement ne devra pas être inférieur à 4%.
Lorsque cet essai est effectué après câblage, l'allongement ne devra pas être inférieur à 3,5%.

Note. — Le choix entre l'essai de torsion et l'essai d'allongement est laissé à la discrétion du fabricant et ne préjuge pas de la qualité d'acier utilisé.

13.4 Essai d'enroulement

Cet essai sera effectué sur les fils en aluminium et sur les fils en acier zingué.

The specimen may subsequently be used for the tensile test specified below.

13.2 *Tensile test*

This test shall be made on both aluminium and zinc-coated steel wires.

The breaking load of one specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be determined by means of a suitable tensile testing machine.

The load shall be applied gradually and the rate of separation of the jaws of the testing machine shall be not less than 25 mm (1 in) per minute and not greater than 100 mm (4 in) per minute.

When tested before stranding, the ultimate tensile stress of the specimen shall be not less than the appropriate value given in column 3 or 4 of Table III or column 3 of Table IV. When tested after stranding, the ultimate tensile stress of the specimen shall be not less than the appropriate value given in column 5 or 6 of Table III or column 4 of Table IV.

13.3 *Ductility test*

This test shall be made on zinc-coated steel wires only.

- a) One specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be gripped at its ends in two vices, one of which shall be free to move longitudinally during the test. A small tensile load, not exceeding 2% of the breaking strength of the wire, shall be applied to the sample during testing. The specimen shall be twisted by causing one of the vices to revolve until fracture occurs and the number of twists shall be indicated by a counter or other suitable device. The rate of twisting shall not exceed 60 rev/min.

When tested before stranding, the number of complete twists before fracture occurs shall be equivalent to not less than 18 on a length equal to 100 times the diameter of the wire. The fracture shall show a smooth surface at right angles to the axis of the wire.

When tested after stranding, the number of complete twists before fracture occurs shall be equivalent to not less than 16 on a length equal to 100 times the diameter of the wire. The fracture shall show a smooth surface at right angles to the axis of the wire.

- b) As an alternative to the torsion test, an elongation test may be made on zinc-coated steel wires. The elongation of one specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be determined. The specimen shall be straightened by hand and an original gauge length of 200 mm (8 in) shall be marked on the wire. A tensile load shall be applied as described in Sub-clause 13.2 above and the elongation shall be measured after the fractured ends have been fitted together. If the fracture occurs outside the gauge marks, or within 25 mm (1 in) of either mark, and the required elongation is not obtained, the test shall be disregarded and another test made.

When tested before stranding, the elongation shall be not less than 4%. When tested after stranding, the elongation shall be not less than 3.5%.

Note. — The choice between a torsion test and an elongation test is to be at the discretion of the manufacturer and the choice of one test or the other in no way prejudices the quality of the steel used.

13.4 *Wrapping test*

This test shall be made on both aluminium and zinc-coated steel wires.

i) *Fils en aluminium*

Une longueur de fil prélevée sur chacun des échantillons de fil en aluminium comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2, sera enroulée sur un mandrin de diamètre égal à celui du fil de façon à former une hélice à spires serrées de 8 tours. 6 tours seront ensuite déroulés et à nouveau enroulés en spires serrées. Le fil ne devra pas casser ni laisser apparaître de criques.

ii) *Fils en acier zingués*

Une longueur de fil prélevée sur chacun des échantillons de fil en acier zingué, comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2, sera enroulée sur un mandrin de diamètre égal à celui du fil de façon à former une hélice à spires serrées de 8 tours. Le fil ne devra pas casser.

14. Essais de zingage

14.1 Détermination du poids de la couche de zinc

Une longueur de fil prélevée sur chacun des échantillons de fil en acier zingué comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera convenablement dressée à la main et nettoyée par immersion dans un solvant convenable, tel que benzine, puis essuyée à l'aide d'un chiffon doux et propre. L'échantillon ne devra pas mesurer moins de 300 mm (12 in) de long et son poids en grammes ne devra pas être inférieur à son diamètre en millimètres multiplié par 4 (diamètre en inches multiplié par 100). Pour plus de facilité, l'échantillon pourra être plié en forme de U.

Les réactifs suivants sont nécessaires:

- i) Solution de chlorure d'antimoine préparée en dissolvant 20 g de trioxyde d'antimoine ou 32 g de chlorure d'antimoine dans 1 000 ml d'acide chlorhydrique (densité 1,19).
- ii) Acide chlorhydrique (densité 1,19).

L'échantillon sera pesé à 0,01 g près.

L'échantillon sera débarrassé de la couche de zinc par immersion complète dans un volume convenable d'une solution obtenue en ajoutant 5 ml d'une solution de chlorure d'antimoine par 100 ml d'acide chlorhydrique. La même solution pourra être utilisée à différentes reprises sans rajouter de solution de chlorure d'antimoine et ce, jusqu'à ce que le temps de décapage ne devienne pas excessif. La température de la solution ne devra, à aucun moment, dépasser 38 °C.

Pour un essai, le volume recommandé de solution est de 100 ml placé dans un béccher cylindrique en verre de 50 mm (2 in) de diamètre et 150 mm (6 in) de hauteur. Le nombre d'échantillons immergés à chaque fois en un seul essai ne devra pas être supérieur à 3 pour 100 ml de solution.

Dès que la violente réaction chimique sur le fil aura cessé, celui-ci sera retiré, soigneusement lavé à l'eau courante et séché par essuyage. Le diamètre du fil sera mesuré à 0,025 mm (0,001 in) près, en prenant la moyenne de deux mesures effectuées à angle droit l'une par rapport à l'autre. L'échantillon ainsi dénudé sera pesé à 0,01 g près.

Le poids de la couche de zinc par unité de surface du fil dénudé sera calculé au moyen de l'une des formules suivantes:

- a) Poids du revêtement en grammes par mètre carré de surface du fil dénudé = $1\,950\ dr$

dans laquelle:

d = diamètre en millimètres du fil dénudé

$$r = \frac{\text{poids initial} - \text{poids du fil dénudé}}{\text{poids du fil dénudé}}$$

i) *For aluminium wires*

One specimen cut from each of the samples of aluminium wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be wrapped round a mandrel of diameter equal to the wire diameter to form a close helix of eight turns. Six turns shall then be unwrapped and again closely wrapped. The wire shall not break or show any cracks.

ii) *For zinc-coated steel wires*

One specimen cut from each of the samples of zinc-coated steel wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be wrapped round a mandrel of diameter equal to the wire diameter to form a close helix of eight turns. The wire shall not break.

14. **Galvanizing tests**

14.1 *Determination of weight of zinc coating*

One specimen cut from each of the samples of zinc-coated steel wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be made reasonably straight by hand and shall then be cleaned by being dipped into a suitable solvent, such as benzene, and wiped dry with a clean, soft cloth. The specimen shall be not less than 300 mm (12 in) long and the weight of the specimen in grammes shall be not less than its diameter in millimetres multiplied by 4 (diameter in inches multiplied by 100). For convenience, the specimen may be bent into the shape of a U.

The following reagents are required:

- i) Antimony chloride solution prepared by dissolving 20 g of antimony trioxide or 32 g of antimony chloride in 1 000 ml of hydrochloric acid (specific gravity 1.19).
- ii) Hydrochloric acid (specific gravity 1.19).

The specimen shall be weighed to the nearest 0.01 g.

The specimen shall then be stripped of the zinc coating by complete immersion in any convenient volume of solution made by adding 5 ml of the antimony chloride solution to each 100 ml of hydrochloric acid. The same solution may be repeatedly used without further additions of antimony chloride solution, until the time for stripping becomes inconveniently long. The temperature of the stripping solution shall at no time exceed 38 °C.

For single determination, a convenient volume of solution is 100 ml in a glass cylinder 50 mm (2 in) in diameter and 150 mm (6 in) in depth. The number of specimens immersed at any one time in a single determination shall not exceed 3 per 100 ml of solution.

As soon as the violent chemical action on the wire has ceased, the wire shall be removed from the acid, washed thoroughly in running water and wiped dry. The diameter of the wire shall then be determined to the nearest 0.025 mm (0.001 in) by taking the average of two measurements at right angles to each other. The stripped specimen shall then be weighed to the nearest 0.01 g.

The weight of coating per unit area of stripped wire surface shall be calculated from either of the following formulae:

- a) Weight of coating in grammes per square metre of stripped wire surface = $1\,950\ dr$

where:

d = diameter in millimetres of stripped wire

$$r = \frac{\text{original weight} - \text{stripped weight}}{\text{stripped weight}}$$

- b) Poids du revêtement en onces par pied carré de surface du fil dénudé = 163 *dr*
dans laquelle:

d = diamètre en inches du fil dénudé

$$r = \frac{\text{poids initial} - \text{poids du fil dénudé}}{\text{poids du fil dénudé}}$$

Le poids de zinc obtenu ne devra pas être inférieur à la valeur correspondante indiquée dans la colonne 5 du tableau IV.

D'autres méthodes peuvent être utilisées pour la détermination du poids de la couche de zinc, mais en cas de désaccord, les méthodes indiquées ci-dessus devront être utilisées.

14.2 Essai d'adhérence de la couche de zinc

Une longueur de fil, prélevée sur chacun des échantillons de fil en acier zingué comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2, sera enroulée, à une cadence n'excédant pas 15 tr/min, à spires jointives sur au moins huit tours d'un mandrin cylindrique ayant un diamètre de quatre fois le diamètre du fil pour les fils d'un diamètre inférieur ou égal à 3,50 mm (0,140 in) et cinq fois le diamètre du fil pour les fils de diamètre supérieur à 3,50 mm (0,140 in).

La couche de zinc doit rester parfaitement adhérente à l'acier, ne pas se fissurer ou s'écailler au point qu'une partie du zinc puisse être enlevée par frottement avec les doigts nus.

14.3 Essai d'uniformité de la couche de zinc

Une longueur de fil, prélevée sur chacun des échantillons de fil en acier zingué comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2 sera soumise à cet essai et devra supporter le nombre approprié d'immersions indiqué dans la colonne 6 du tableau IV.

La solution de sulfate de cuivre nécessaire aux essais sera préparée en dissolvant environ 36 parties, en poids, de cristaux de sulfate de cuivre commercial dans 100 parties, en poids, d'eau distillée. La solution pourra être chauffée pour faciliter la dissolution des cristaux de sulfate de cuivre. La solution sera ensuite refroidie puis brassée en y ajoutant de l'hydroxyde cuprique en excès (voir note). La présence d'un excès d'hydroxyde cuprique est mise en évidence par le dépôt de ce réactif au fond du récipient. La solution neutralisée sera laissée au repos pendant au moins 24 heures et ensuite filtrée ou décantée.

La solution d'essai devra avoir une densité de 1,186 à 18 °C. Si la solution est trop concentrée, on pourra ajouter de l'eau distillée de façon à la ramener à la densité de 1,186 à 18 °C. Si la solution n'est pas assez concentrée, on pourra rajouter une solution plus concentrée jusqu'à ce que la concentration convenable soit obtenue.

Avant essai, les échantillons seront dressés à la main. Ils seront nettoyés au moyen d'un solvant organique volatil, tel que tétrachlorure de carbone ou de benzine, ensuite rincés à l'alcool et finalement soigneusement lavés à l'eau claire et séchés par essuyage avec un chiffon propre. L'échantillon devra être à une température comprise entre 15 et 21 °C avant le début de l'essai.

Les échantillons de fil seront soumis aux essais dans un récipient de verre ayant au moins 50 mm (2 in) de diamètre intérieur pour les fils d'un diamètre égal ou inférieur à 2,75 mm (0,110 in) et au moins 75 mm (3 in) de diamètre intérieur pour les fils de diamètre supérieur à 2,75 mm (0,110 in). Le récipient devra être rempli de solution fraîchement préparée, la hauteur de cette solution étant d'au moins 100 mm (4 in). Cette quantité de solution pourra être utilisée pour des essais simultanés de 1 à 7 fils. Après l'essai, la solution sera jetée et remplacée par une solution fraîche pour les essais suivants.

b) Weight of coating in ounces per square foot of stripped wire surface = $163 dr$

where:

d = diameter in inches of stripped wire

$$r = \frac{\text{original weight} - \text{stripped weight}}{\text{stripped weight}}$$

The weight shall be not less than the appropriate value given in column 5 of Table IV.

Alternative methods may be used for the determination of the weight of zinc coating, but in case of dispute the method given above shall be used.

14.2 Test for adherence of zinc coating

One specimen cut from each of the samples of zinc-coated steel wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be wrapped at a rate not exceeding 15 rev/min in a close helix of at least eight turns round a cylindrical mandrel having a diameter of four times the diameter of the wire for wires of diameter up to and including 3.50 mm (0.140 in) and five times the diameter of the wire for wires greater than 3.50 mm (0.140 in).

The zinc coating shall remain firmly adherent to the steel and shall not crack or flake to such an extent that any zinc can be removed by rubbing with the bare fingers.

14.3 Tests for uniformity of zinc coating

One specimen cut from each of the samples of zinc-coated steel wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be subjected to this test, and shall withstand the appropriate number of dips given in column 6 of Table IV.

The copper sulphate test solution shall be made by dissolving approximately 36 parts by weight of commercial copper sulphate crystals in 100 parts by weight of distilled water. Heat may be used to complete the solution of the copper sulphate crystals. If heated, the solution shall be allowed to cool. The solution shall then be shaken with an excess of powdered cupric hydroxide (see Note). The presence of an excess of cupric hydroxide will be shown by the sediment of this reagent at the bottom of the vessel. The neutralized solution shall be allowed to stand at least 24 hours and then filtered or decanted.

The test solution shall have a specific gravity of 1.186 at 18 °C. If the solution is high in specific gravity, distilled water shall be added to reduce the specific gravity to 1.186 at 18 °C. If the solution is low in specific gravity, a solution of a higher specific gravity shall be added until the correct specific gravity is obtained.

Before testing, the specimens may be hand straightened. The specimens shall be cleaned with a volatile organic solvent such as carbon tetrachloride or benzene, then rinsed with alcohol and finally thoroughly washed with clean water and wiped dry with a clean cloth. Test specimens shall be brought to a temperature of from 15 to 21 °C prior to the beginning of the test.

Wire specimens shall be tested in a glass container of at least 50 mm (2 in) inside diameter for 2.75 mm (0.110 in) and smaller diameter wire, and of at least 75 mm (3 in) inside diameter for wire larger in diameter than 2.75 mm (0.110 in). The container shall be filled with a fresh test solution to a depth of at least 100 mm (4 in). This quantity of solution shall be used for the simultaneous testing of from one to seven test specimens. After completion of the test, the solution shall be discarded and a fresh solution used for any additional tests.

Les échantillons seront immergés dans la solution de sulfate de cuivre dont la température devra être de 18 ± 2 °C. Les échantillons devront demeurer dans une position fixe dans la solution pendant exactement 1 minute. La solution ne devra absolument pas être agitée durant la période d'immersion et les échantillons ne devront ni toucher les côtés du récipient ni être mis en contact entre eux. Après chaque immersion, les échantillons seront immédiatement lavés à l'eau et séchés par essuyage avec un chiffon propre.

L'eau de rinçage pourra être de l'eau claire ordinaire du robinet à une température comprise entre 15 et 21 °C. Au cours d'une série d'essais, l'eau de rinçage sera souvent renouvelée de manière à ce qu'elle ne contienne pas de sulfate de cuivre.

Il est recommandé d'utiliser l'eau courante.

Les immersions successives de 1 minute chacune devront être répétées en rinçant et essuyant les échantillons après chaque immersion jusqu'à ce que les échantillons aient subi le nombre d'immersions requises, ou jusqu'à ce qu'apparaissent des adhérences de cuivre qui indiquent que l'acier sous-jacent a été exposé. Des immersions de 1/2 minute, le cas échéant, seront effectuées après que toutes les immersions de 1 minute auront été faites. Dans le cas où une petite quantité de cuivre se déposerait sur la couche de zinc, il faudra se garder de confondre ce cas avec celui où le cuivre se plaque sur l'acier. De même, l'apparition de cuivre à une distance de 25 mm (1 in) de l'extrémité du fil ne devra pas être considérée comme marquant la fin de l'essai.

La fin de l'essai (disparition de la couche de zinc) correspondra à l'apparition d'un dépôt adhérent de cuivre sur l'acier ou à l'apparition de l'acier nu si le dépôt ne se produit pas.

Lorsqu'on comptera le nombre d'immersions pendant lesquelles la couche persiste, l'immersion finale durant laquelle l'essai se termine ne sera pas comprise.

Note. — L'oxyde cuprique peut être substitué à l'hydroxyde cuprique à condition que la solution soit laissée au repos pendant au moins 48 heures après addition, avant de filtrer ou de décanter.

15. Essai de résistivité

Cet essai sera effectué seulement sur les fils en aluminium.

La résistance électrique d'une longueur de fil prélevée sur chacun des échantillons de fil en aluminium, comme indiqué au paragraphe 11.1 ou 11.2, sera mesurée à une température qui ne devra pas être inférieure à 10 °C, ni supérieure à 30 °C. La résistance mesurée devra être ramenée à 20 °C au moyen de la formule:

$$R_{20} = R_T \left(\frac{1}{1 + \alpha (T - 20)} \right)$$

dans laquelle:

T = température de mesure en °C

R_T = résistance à T °C

R_{20} = résistance à 20 °C

α = coefficient de température de la résistance à masse constante (=0,004 03).

La résistivité à 20 °C sera calculée à partir de la résistance à 20 °C.

La résistivité à 20 °C ne devra pas excéder 0,028 264 ohm.mm²/m.

The specimens shall be immersed in the copper sulphate solution which shall be at a temperature of 18 ± 2 °C. The specimens shall be allowed to remain in a fixed position in the solution for exactly 1 minute. There shall be no agitation of the solution during the immersion period and the specimens shall not be allowed to touch each other or the sides of the container. After each dip, the specimens shall immediately be washed in rinse water and wiped dry with a clean cloth.

The rinse water may be ordinary clean tap water and shall have a temperature of from 15 to 21 °C. In conducting a series of tests, the rinse water shall be changed often enough to ensure that it is reasonably free from copper sulphate.

Running water should be used when available.

Successive dips of 1 minute each shall be continued, with rinsing and wiping of the test specimens after each dip, until the specimens have withstood the required number of dips, or until the appearance of adherent copper indicates that the steel beneath the coating has been exposed. The $\frac{1}{2}$ minute dip, if specified, shall be carried out after the completion of all the 1-minute dips. Should a small amount of copper be deposited on the zinc coating, it must not be mistaken for the end point in which the copper plates out onto the steel. The appearance of copper within 25 mm (1 in) of the cut end of the specimen shall likewise not be considered to be the end point of the test.

The end point (disappearance of zinc coating) shall be recognized by the appearance of an adherent copper deposit on the steel or by the exposure of the bare steel if the deposit fails to form.

In counting the number of dips a coating withstands, the final dip at which the end point occurs shall not be included.

Note. — Cupric oxide may be substituted for cupric hydroxide, providing the solution is allowed to stand not less than 48 hours after this addition, before filtering or decanting.

15. Resistivity test

This test shall be made on aluminium wires only.

The electrical resistance of one specimen cut from each of the samples of aluminium wire taken under Sub-clause 11.1 or 11.2 shall be measured at a temperature which shall be not less than 10 °C nor more than 30 °C. The measured resistance shall be corrected to the value at 20 °C by means of the formula:

$$R_{20} = R_T \left(\frac{1}{1 + \alpha (T - 20)} \right)$$

where:

T = temperature of measurement in °C

R_T = resistance at T °C

R_{20} = resistance at 20 °C

and α = constant-mass temperature coefficient of resistance (=0.004 03).

The resistivity at 20 °C shall then be calculated from the resistance at 20 °C.

The resistivity at 20 °C shall not exceed 0.028 264 ohm.mm²/m.

16. **Certificat de conformité**

Lorsque le client ne demande pas que les essais soient faits après câblage, le fabricant devra, sur demande, fournir au client un certificat donnant le résultat des essais effectués sur les échantillons prélevés conformément au paragraphe 11.1.

TABLEAU III

Propriétés mécaniques du fil en aluminium écroui-dur

1		2		3		4		5		6	
Diamètre nominal du fil				Charge de rupture minimale							
				Avant câblage				Après câblage			
mm		in		kg/mm ²		lb/in ²		kg/mm ²		lb/in ²	
1,25		0,050		20,4		29 000		19,4		27 600	
1,50		0,060		19,7		28 000		18,7		26 600	
1,75		0,070		19,2		27 300		18,2		25 900	
2,00		0,080		18,8		26 700		17,9		25 400	
2,25		0,090		18,4		26 200		17,5		24 900	
2,50		0,100		18,0		25 600		17,1		24 300	
2,75		0,110		17,6		25 000		16,7		23 800	
3,00		0,120		17,2		24 500		16,3		23 200	
3,25		0,130		16,9		24 000		16,0		22 800	
3,50		0,140		16,7		23 800		15,9		22 600	
3,75		0,150		16,5		23 500		15,7		22 300	
4,00		0,160		16,3		23 200		15,5		22 000	
4,25		0,170		16,3		23 200		15,5		22 000	
4,50		0,180		16,2		23 000		15,4		21 900	
4,75		0,190		16,2		23 000		15,4		21 900	
5,00		0,200		16,2		23 000		15,4		21 900	

Note. — Pour les fils de diamètre intermédiaire, la charge de rupture minimale sera prise égale à celle du fil de diamètre immédiatement supérieur figurant dans cette liste.

16. **Certificate of compliance**

When the purchaser does not call for tests on wires taken from the stranded conductor, the manufacturer shall, if requested, furnish him with a certificate giving the results of the tests made on samples taken in accordance with Sub-clause 11.1.

TABLE III

Mechanical properties of hard-drawn aluminium wire

1		2		3		4		5		6	
Nominal wire diameter		Minimum ultimate tensile stress									
		Before stranding					After stranding				
mm	in	kg/mm ²		lb/in ²		kg/mm ²		lb/in ²			
1.25	0.050	20.4	29 000	19.4	27 600	19.4	27 600	19.4	27 600	19.4	27 600
1.50	0.060	19.7	28 000	18.7	26 600	18.7	26 600	18.7	26 600	18.7	26 600
1.75	0.070	19.2	27 300	18.2	25 900	18.2	25 900	18.2	25 900	18.2	25 900
2.00	0.080	18.8	26 700	17.9	25 400	17.9	25 400	17.9	25 400	17.9	25 400
2.25	0.090	18.4	26 200	17.5	24 900	17.5	24 900	17.5	24 900	17.5	24 900
2.50	0.100	18.0	25 600	17.1	24 300	17.1	24 300	17.1	24 300	17.1	24 300
2.75	0.110	17.6	25 000	16.7	23 800	16.7	23 800	16.7	23 800	16.7	23 800
3.00	0.120	17.2	24 500	16.3	23 200	16.3	23 200	16.3	23 200	16.3	23 200
3.25	0.130	16.9	24 000	16.0	22 800	16.0	22 800	16.0	22 800	16.0	22 800
3.50	0.140	16.7	23 800	15.9	22 600	15.9	22 600	15.9	22 600	15.9	22 600
3.75	0.150	16.5	23 500	15.7	22 300	15.7	22 300	15.7	22 300	15.7	22 300
4.00	0.160	16.3	23 200	15.5	22 000	15.5	22 000	15.5	22 000	15.5	22 000
4.25	0.170	16.3	23 200	15.5	22 000	15.5	22 000	15.5	22 000	15.5	22 000
4.50	0.180	16.2	23 000	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900
4.75	0.190	16.2	23 000	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900
5.00	0.200	16.2	23 000	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900	15.4	21 900

Note. — For wire of intermediate diameter, the minimum ultimate tensile stress shall be the same as that for the next larger diameter listed.

TABLEAU IV

Propriétés mécaniques et caractéristiques de la couche de zinc du fil en acier zingué

i) Unités métriques

1	2	3	4	5	6
Diamètre nominal du fil*	Charge minimale à 1% d'allongement	Charge de rupture minimale		Poids minimal de la couche de zinc	Nombre minimal d'immersions de 1 minute
		Avant câblage	Après câblage		
mm	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	g/m ²	
1,25	119,5	133,6	126,9	183	2
1,50	119,5	133,6	126,9	183	2
1,75	119,5	133,6	126,9	198	2
2,25	119,5	133,6	126,9	214	2½
2,75	116,0	133,6	126,9	229	3
3,00	116,0	133,6	126,9	244	3½
3,50	112,5	133,6	126,9	244	3½
4,25	112,5	133,6	126,9	259	4
4,75	112,5	133,6	126,9	275	4

ii) Unités anglo-saxonnes

1	2	3	4	5	6
Diamètre nominal du fil*	Charge minimale à 1% d'allongement	Charge de rupture minimale		Poids minimal de la couche de zinc	Nombre minimal d'immersions de 1 minute
		Avant câblage	Après câblage		
in	lb/in ²	lb/in ²	lb/in ²	oz/ft ²	
0,050	170 000	190 000	180 500	0,60	2
0,060	170 000	190 000	180 500	0,60	2
0,070	170 000	190 000	180 500	0,65	2
0,090	170 000	190 000	180 500	0,70	2½
0,110	165 000	190 000	180 500	0,75	3
0,120	165 000	190 000	180 500	0,80	3½
0,140	160 000	190 000	180 500	0,80	3½
0,170	160 000	190 000	180 500	0,85	4
0,190	160 000	190 000	180 500	0,90	4

*Note. — Pour les fils de diamètre intermédiaire, les propriétés mécaniques et les caractéristiques de la couche de zinc seront prises égales à celles du fil de diamètre immédiatement supérieur figurant sur cette liste.

TABLE IV

Mechanical properties and zinc coating requirements for steel wire

i) *Metric units*

1	2	3	4	5	6
Nominal wire diameter* mm	Minimum stress at 1% extension kg/mm ²	Minimum ultimate tensile stress		Minimum weight of zinc coating g/m ²	Minimum number of 1-minute dips
		Before stranding kg/mm ²	After stranding kg/mm ²		
1.25	119.5	133.6	126.9	183	2
1.50	119.5	133.6	126.9	183	2
1.75	119.5	133.6	126.9	198	2
2.25	119.5	133.6	126.9	214	2½
2.75	116.0	133.6	126.9	229	3
3.00	116.0	133.6	126.9	244	3½
3.50	112.5	133.6	126.9	244	3½
4.25	112.5	133.6	126.9	259	4
4.75	112.5	133.6	126.9	275	4

ii) *Inch-pound units*

1	2	3	4	5	6
Nominal wire diameter* in	Minimum stress at 1% extension lb/in ²	Minimum ultimate tensile stress		Minimum weight of zinc coating oz/ft ²	Minimum number of 1-minute dips
		Before stranding lb/in ²	After stranding lb/in ²		
0.050	170 000	190 000	180 500	0.60	2
0.060	170 000	190 000	180 500	0.60	2
0.070	170 000	190 000	180 500	0.65	2
0.090	170 000	190 000	180 500	0.70	2½
0.110	165 000	190 000	180 500	0.75	3
0.120	165 000	190 000	180 500	0.80	3½
0.140	160 000	190 000	180 500	0.80	3½
0.170	160 000	190 000	180 500	0.85	4
0.190	160 000	190 000	180 500	0.90	4

*Note. — For wire of intermediate diameter, the mechanical properties and zinc coating requirements shall be the same as those for the next larger diameter listed.

ANNEXE A

NOTES SUR LE CALCUL DES CARACTÉRISTIQUES DES CONDUCTEURS

a) *Augmentation de la longueur due au câblage*

Après dressage, chaque fil provenant d'une couche déterminée du conducteur câblé, à l'exception du fil central, est plus long que le conducteur lui-même, la différence dépendant du rapport de câblage moyen de cette couche.

b) *Résistance électrique et poids du conducteur*

Dans les conducteurs en aluminium-acier, la conductibilité de l'âme en acier est négligée et la résistance électrique du conducteur est calculée en partant de la résistance des fils en aluminium seuls. La résistance d'une longueur déterminée de conducteur câblé est la résistance de la même longueur d'un fil quelconque de ce conducteur multipliée par un coefficient comme indiqué au tableau V, page 30.

Le poids de chaque fil dans une longueur de conducteur câblé, à l'exception du fil central, sera plus important que celui d'une longueur égale de fil dressé, la différence dépendant du rapport de câblage moyen de la couche (voir a) ci-dessus). Le poids total d'une longueur déterminée de conducteur est donc obtenu en multipliant le poids d'une longueur égale de fil dressé par le coefficient correspondant indiqué au tableau V. Les poids de l'âme en acier et des fils en aluminium sont calculés séparément et additionnés.

c) *Résistance à la rupture d'un conducteur*

La résistance à la rupture d'un conducteur, exprimée à partir de la résistance de chacun des fils composants, peut être considérée comme étant la somme des résistances à la rupture des fils en aluminium calculée à partir de la charge de rupture minimale indiquée dans la colonne 3 (ou 4) du tableau III et de la somme des résistances des fils en acier calculées à partir de la valeur de la charge minimale à 1% d'allongement indiquée dans la colonne 2 du tableau IV.

Les essais relatifs à la résistance à la rupture totale du conducteur ne sont pas imposés par cette recommandation, mais ils peuvent être effectués, après accord préalable entre fabricant et client ou suivant précision indiquée lors de la passation de la commande.

Pour les essais de résistance à la rupture totale du conducteur, un dispositif de serrage convenable sera placé aux extrémités de l'échantillon qui devra avoir une longueur minimale de 5 m (16 ft) et être soumis à traction au moyen d'une machine d'essai appropriée. Lors de cet essai, le conducteur devra supporter au moins 95% de sa résistance à la rupture calculée comme indiqué ci-dessus.