

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
888**

Première édition
First edition
1987

Fils en acier zingué pour conducteurs câblés

Zinc-coated steel wires for stranded conductors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 888: 1987

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
888

Première édition
First edition
1987

Fils en acier zingué pour conducteurs câblés

Zinc-coated steel wires for stranded conductors

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Valeurs pour fils d'acier zingué	6
3. Matériau	6
4. Absence de défauts	6
5. Diamètre et tolérance sur diamètre	6
6. Longueur et tolérance sur longueur	6
7. Raccordements	8
8. Echantillonnage	8
9. Lieu d'exécution des essais	8
10. Essais mécaniques	8
10.1 Contrainte à 1% d'allongement	8
10.2 Essai de traction	10
10.3 Essai de ductilité	10
11. Essai du revêtement de zinc	12
11.1 Détermination de la masse du revêtement de zinc	12
11.2 Méthode gazométrique	12
11.3 Méthode gravimétrique	12
11.4 Essai d'adhérence du revêtement de zinc	12
11.5 Continuité du revêtement	14
12. Certificat de conformité	14
ANNEXE A — Méthode gazométrique pour déterminer la masse du revêtement de zinc	18
ANNEXE B — Méthode gravimétrique pour déterminer la masse du revêtement de zinc	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Values for zinc-coated steel wires	7
3. Material	7
4. Freedom from defects	7
5. Diameter and tolerance on diameter	7
6. Length and tolerance on length	7
7. Joints	9
8. Sampling	9
9. Place of testing	9
10. Mechanical tests	9
10.1 Stress at 1% extension	9
10.2 Tensile test	11
10.3 Ductility test	11
11. Zinc coating test	13
11.1 Determination of mass of zinc coating	13
11.2 Gas volumetric method	13
11.3 Gravimetric method	13
11.4 Test for adherence of zinc coating	13
11.5 Continuity of coating	15
12. Certificate of compliance	15
APPENDIX A — Gas volumetric method for determining mass of zinc coating	19
APPENDIX B — Gravimetric method for determining mass of zinc coating	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS EN ACIER ZINGUÉ POUR CONDUCTEURS CÂBLÉS

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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Cette norme remplace les articles 4, 6 et 14, les paragraphes 7.2, 13.1 et 13.4, ainsi que les prescriptions de l'article 5 et des paragraphes 9.1, 13.2 et 13.3 de la Publication 209 (1966) de la CEI: Conducteurs en aluminium-acier.

Elle remplace aussi les articles 4, 6 et 14, les paragraphes 7.2, 13.1 et 13.5, ainsi que les prescriptions de l'article 5 et des paragraphes 9.1, 13.2 et 13.4 de la Publication 210 (1966) de la CEI: Conducteurs en alliage d'aluminium-acier.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
7(BC)421	7(BC)424

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

La publication suivante est citée dans la présente norme:

Norme ISO 1460 (1973): Revêtements métalliques — Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux — Détermination de la masse par unité de surface — Méthode gravimétrique.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ZINC-COATED STEEL WIRES FOR STRANDED CONDUCTORS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 7: Bare Aluminium Conductors.

This standard replaces Clauses 4, 6 and 14, and Sub-clauses 7.2, 13.1 and 13.4 and requirements of Clause 5 and Sub-clauses 9.1, 13.2 and 13.3 of IEC Publication 209 (1966): Aluminium Conductors, Steel-reinforced.

It also replaces Clauses 4, 6 and 14, and Sub-clauses 7.2, 13.1 and 13.5 and requirements of Clause 5 and Sub-clauses 9.1, 13.2 and 13.4 of IEC Publication 210 (1966): Aluminium Alloy Conductors, Steel-reinforced.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
7(CO)421	7(CO)424

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following publication is quoted in this standard:

ISO Standard 1460 (1973): Metallic Coatings — Hot Dip Galvanized Coatings on Ferrous Materials — Determination of the Mass per Unit Area — Gravimetric Method.

FILS EN ACIER ZINGUÉ POUR CONDUCTEURS CÂBLÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux fils en acier zingué utilisés pour la fabrication et/ou le renforcement des conducteurs pour lignes aériennes de transport d'énergie électrique.

Elle couvre tous les fils entrant dans les compositions qui utilisent des diamètres de fils individuels, revêtement inclus, échelonnés de 1,25 mm à 5,50 mm.

Trois nuances d'acier sont prévues pour satisfaire les besoins des utilisateurs de conducteurs: acier normal, acier à haute résistance et acier à très haute résistance.

Deux classes de revêtement sont considérées suivant la masse minimale de zinc qu'il comporte par unité de surface: classe 1 et classe 2.

2. Valeurs pour fils d'acier zingué

Pour les calculs, les valeurs suivantes doivent être utilisées pour les fils d'acier zingué:

Masse volumique à 20 °C, pour les classes 1 et 2 7,78 kg/dm³

Coefficient de dilatation linéaire $11,5 \times 10^{-6}$ par °C

3. Matériau

Les fils d'acier doivent avoir les propriétés spécifiées ci-après. Les plaques de zinc doivent contenir au moins 99,85% de zinc. Le revêtement des fils peut être appliqué par procédé électrolytique ou au trempé à chaud.

4. Absence de défauts

Les fils non revêtus doivent être lisses et exempts de tous défauts incompatibles avec une bonne pratique commerciale. Les fils zingués doivent être raisonnablement lisses et exempts de tous défauts incompatibles avec une bonne pratique commerciale.

5. Diamètre et tolérance sur diamètre

Le diamètre du fil en acier zingué sera considéré comme étant égal à la moyenne de deux mesures prises à angle droit dans la même section droite.

Les fils en acier zingué ne doivent différer du diamètre nominal, quand la mesure est faite sur le revêtement, que dans les tolérances données aux tableaux III, IV et V.

C'est un fait reconnu que la surface des revêtements de zinc, spécialement ceux produits par galvanisation (par trempé à chaud), n'est pas parfaitement lisse ni exempte d'irrégularités. Pour cette raison, il est admis que ces tolérances soient utilisées dans la mesure des diamètres dans les surfaces uniformes du fil en acier zingué.

6. Longueur et tolérance sur longueur

A moins qu'il n'en soit convenu autrement entre l'acheteur et le fabricant, les fils d'acier doivent être fournis en une longueur minimale spécifiée par l'acheteur, avec une tolérance de $^{+4}_{-0}$ %. Quelques longueurs plus courtes ou plus longues que cette exigence ne sont acceptables que si un accord a été conclu par avance entre l'acheteur et le fabricant.

ZINC-COATED STEEL WIRES FOR STRANDED CONDUCTORS

1. Scope

This standard applies to zinc-coated steel wires used in the construction and/or reinforcement of conductors for overhead power transmission purposes.

It is intended to cover all wires used in constructions where the individual wire diameters, including coating, are in the range of 1.25 mm to 5.50 mm.

Three grades of steel are included to reflect the needs of conductor users: regular steel, high strength steel and extra high strength steel.

Two classes of coating represented by minimum zinc mass per unit area are included: Class 1 and Class 2.

2. Values for zinc-coated steel wires

For calculation purposes the following values for zinc-coated steel wires shall be used:

Density at 20 °C of both Class 1 and Class 2	7.78 kg/dm ³
Coefficient of linear expansion	11.5 × 10 ⁻⁶ per °C

3. Material

The steel wires shall have the properties specified hereinafter. The slab zinc shall be of 99.85% minimum zinc content. The coating on the wires may be applied by the hot dip or the electrolytic process.

4. Freedom from defects

The uncoated wires shall be smooth and free from all imperfections not consistent with good commercial practice. The zinc-coated wires shall be reasonably smooth and free from all imperfections not consistent with good commercial practice.

5. Diameter and tolerance on diameter

The diameter of the zinc-coated steel wire shall be taken as the mean of two measurements taken at 90° at the same cross-section.

The zinc-coated steel wires shall not depart from the nominal diameter, when measured over the coating, by more than the amounts given in Tables III, IV and V.

It is recognized that the surface of zinc-coatings, particularly those produced by hot dip galvanizing, are not perfectly smooth and free from irregularities. It is therefore intended that these tolerances be used in gauging the diameters within the uniform areas of zinc-coated wire.

6. Length and tolerance on length

Unless otherwise agreed between the purchaser and manufacturer, steel wires shall be supplied with a minimum length specified by the purchaser with a permitted variation of +4%. Random lengths shorter or longer than this requirement are only acceptable if prior agreement between the purchaser and manufacturer is made.

7. Raccordements

Des raccordements sont permis sur le fil machine laminé à chaud ou sur le fil semi-fini avant ou après traitement thermique et avant tréfilage à froid, par les procédés de soudure électrique bout à bout ou par étincelage. Les fils terminés mais non revêtus obtenus à partir de fil machine soudé doivent avoir une contrainte à la rupture minimale au moins égale à 80% de celle obtenue par essais sur le fil adjacent non soudé et en aucun cas le fil soudé ne doit avoir une résistance supérieure à 90% des contraintes à la rupture précisées dans les tableaux III, IV et V. Les autres valeurs demandées pour de tels fils sont inchangées, excepté qu'il ne sera pas demandé au fil terminé, obtenu à partir du fil machine soudé, de satisfaire aux essais de ductilité, d'enroulement et/ou de torsion. Les bobines comportant des raccordements doivent être clairement identifiées.

Aucune sorte de raccordement ne doit être exécutée sur les fils d'acier revêtu terminés.

8. Echantillonnage

Les échantillons pour essais doivent être prélevés par le fabricant sur 10% des longueurs individuelles de fil d'acier. Dans les cas de livraison de fils en grandes quantités et quand le fabricant a démontré sa capacité à atteindre ou dépasser les propriétés requises, le nombre d'échantillons d'essai peut être réduit, par accord entre l'acheteur et le fabricant, à un niveau qui assure à chaque lot de fil produit une surveillance appropriée.

9. Lieu d'exécution des essais

A moins qu'il n'en soit convenu autrement entre l'acheteur et le fabricant au moment de la commande, tous les essais doivent être effectués dans l'usine du fabricant.

10. Essais mécaniques

Tous les essais doivent être faits sur les fils revêtus terminés.

10.1 Contrainte à 1% d'allongement

Une longueur de chacun des échantillons d'essai est prise dans les mors de la machine de traction. Une charge correspondant à la contrainte de traction convenable, indiquée dans la colonne 2 du tableau I, est appliquée et un extensomètre est placé sur une longueur de mesure de 250 mm et réglé à la valeur initiale donnée dans la colonne 3 du tableau I. (Une longueur de mesure de 100 mm ou 200 mm peut être utilisée, suivant accord entre l'acheteur et le fabricant. Les réglages initiaux de l'extensomètre doivent être ajustés dans la proportion de la longueur réelle d'essai divisée par la longueur de 250 mm indiquée au tableau I.) La longueur de mesure doit être marquée sur le fil avant l'application de la charge lorsqu'elle est nécessaire pour des mesures ultérieures.

TABLEAU I

*Contrainte initiale et réglage de l'extensomètre
pour la détermination de la contrainte à 1% d'allongement*

Diamètre réel (mm)		Contrainte initiale (MPa)	Réglage initial de l'extensomètre (longueur de mesure 250 mm)*
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris		
1,24	2,25	100	0,125
2,25	3,00	200	0,250
3,00	4,75	300	0,375
4,75	5,5	400	0,500

* Pour d'autres longueurs de mesure, adopter un facteur de réglage initial de la longueur de mesure/250 mm.

7. Joints

Joints are allowed in the base hot rolled rod or semi-finished wire, before or after heat treatment and prior to cold drawing, by the electric butt or flash welding processes. Finished but uncoated wires from rod which has been welded shall have a minimum ultimate tensile stress not less than 80% of that obtained by tests on the adjacent unwelded wire and in no case shall the welded wire be required to have a strength greater than 90% of the ultimate tensile strength (UTS) values shown in Tables III, IV and V. Other required values from such wires are not changed except that the finished wire from that portion of the rod which was welded shall not be required to pass ductility wrapping and/or torsion tests. The coils containing joints shall be clearly identified.

No joints of any kind shall be made in the finished coated steel wires.

8. Sampling

Samples for tests shall be taken by the manufacturer from 10% of the individual lengths of steel wire. In cases of wire supply in large quantities and where the manufacturer has a demonstrated capability of meeting or exceeding properties, the number of test samples may be reduced, with the agreement of the purchaser and the manufacturer, to a level which ensures that each production lot of wire is given adequate monitoring.

9. 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.

10. Mechanical tests

All tests shall be made on the finished coated wires.

10.1 Stress at 1% extension

One specimen from each of the tests samples shall be gripped in the jaws of the tensile testing machine. A load corresponding to the appropriate tensile stress given in Column 2 of Table I shall be applied and an extensometer applied on a 250 mm gauge length and adjusted to the initial setting given in Column 3 of Table I. (A gauge length of 100 mm or 200 mm may be used if agreed between the purchaser and manufacturer. The initial settings of the extensometer will be adjusted in the proportion of the actual test length divided by the 250 mm length shown in Table I.) The gauge length shall be marked on the wire prior to application of load when it is required for subsequent measurements.

TABLE I

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

Actual diameter (mm)		Initial stress (MPa)	Initial setting of extensometer (gauge length 250 mm)*
Over	Up to and including		
1.24	2.25	100	0.125
2.25	3.00	200	0.250
3.00	4.75	300	0.375
4.75	5.5	400	0.500

* For other gauge lengths, use an initial setting factor of gauge length/250 mm.

La charge doit alors être augmentée uniformément jusqu'à ce que l'extensomètre indique un allongement de 1% de la longueur de mesure d'origine. A ce point, on lit la charge correspondante à partir de laquelle la valeur de la contrainte à 1% d'allongement est calculée en divisant cette charge par la section du fil, basée sur le diamètre réel de celui-ci. La valeur obtenue pour cette éprouvette ne doit pas être inférieure à la valeur donnée dans la colonne appropriée des tableaux III, IV et V.

L'éprouvette peut être utilisée ultérieurement pour les essais de traction et d'allongement.

10.2 *Essai de traction*

La charge de rupture d'une longueur prélevée sur chacun des échantillons d'essai sera déterminée au moyen d'une machine d'essai appropriée.

La charge doit être appliquée uniformément au-dessus et au-dessous de 1% d'allongement et la vitesse d'écartement des mors de la machine d'essai ne doit pas être inférieure à 0,1 fois la longueur de mesure en millimètres par minute ni supérieure à 0,4 fois cette longueur en millimètres par minute.

La contrainte à la rupture calculée en divisant la charge de rupture par la section du fil basée sur le diamètre réel du fil ne doit pas être inférieure à la valeur donnée dans la colonne appropriée des tableaux III, IV et V.

L'éprouvette peut être utilisée ultérieurement pour l'allongement à la rupture si une longueur de mesure d'essai a été marquée sur le fil, comme décrit dans l'essai de détermination de la contrainte à 1% d'allongement.

10.3 *Essai de ductilité*

Le choix entre un essai d'allongement à la rupture et un essai de torsion est laissé à la discrétion du fabricant, à moins d'un accord contraire entre le fabricant et l'acheteur au moment de la commande, et pour autant que le choix de l'un ou de l'autre essai ne porte préjudice d'aucune façon à la qualité de l'acier utilisé.

a) *Essai d'allongement*

L'allongement à la rupture mesuré sans charge, après que l'éprouvette a été marquée comme décrit dans l'essai de contrainte à 1% d'allongement et mise en charge comme décrit dans l'essai de traction, est déterminé sur une longueur de chacun des échantillons d'essai. Après rupture du fil, les extrémités de l'éprouvette doivent être raboutées avec soin et la distance entre les marques mesurées. L'allongement est l'augmentation de la longueur de mesure exprimée en pourcentage de la longueur de mesure d'origine.

Pour que cet essai soit valable, l'éprouvette doit s'être rompue entre les repères.

L'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur à la valeur donnée dans la colonne appropriée des tableaux III, IV et V.

Dans le but du contrôle de qualité de routine, une longueur de mesure ajustée par un facteur peut être utilisée (voir notes des tableaux III, IV et V). Toutefois, en cas de litige, la longueur de mesure de 250 mm est obligatoire.

b) *Essai de torsion (non applicable au revêtement de zinc classe 2)*

En variante de l'essai d'allongement à la rupture, on peut exécuter un essai de torsion sur une éprouvette provenant de chaque échantillon. L'éprouvette doit être prise entre deux mordaches dont l'une doit être libre de se mouvoir longitudinalement pendant l'essai. Une faible charge de traction, n'excédant pas 2% de la résistance à la rupture du fil, est appliquée à l'éprouvette pendant l'essai. L'éprouvette est tordue sur son axe longitudinal, en faisant tourner l'une des mordaches jusqu'à rupture, et le nombre de tours est indiqué par un compteur ou autre dispositif approprié. La vitesse de rotation ne doit pas dépasser 60 tours par minute. Le nombre de tours sur une longueur de 100 fois le diamètre du fil ne doit pas être inférieur à la valeur indiquée dans la colonne appropriée des tableaux III, IV et V.

The load shall then be increased uniformly until the extensometer indicates an extension of 1% of the original gauge length. At this point, the load shall be read from which the value of the stress at 1% extension shall be calculated by dividing this load by the area of the wire based on actual wire diameter. The value obtained for the specimen shall be not less than the value given in the appropriate column of Tables III, IV and V.

The specimen may subsequently be used for the tensile and elongation tests.

10.2 *Tensile test*

The breaking load of one specimen cut from each of the test samples shall be determined by means of a suitable testing machine.

The load shall be applied uniformly above and below 1% extension and the rate of increasing separation of the jaws of the testing machine shall be not less than 0.1 times the gauge length in millimetres per minute and not greater than 0.4 times the gauge length in millimetres per minute.

The ultimate tensile stress calculated by dividing the breaking load by the area of the wire based on actual wire diameter shall not be less than the value given in the appropriate column of Tables III, IV and V.

The specimen may subsequently be used for the ultimate elongation if a test gauge length was marked on the wire as described in the test for stress at 1% extension.

10.3 *Ductility test*

The choice between an ultimate elongation test and a torsion test is to be at the discretion of the manufacturer, unless previously agreed between the manufacturer and purchaser at the time of placing the order, and the choice of one test or the other in no way prejudices the quality of steel used.

a) *Elongation test*

The ultimate elongation measured under no load after the specimen has been marked as described in the stress at 1% extension test and loaded as described in the tensile test shall be determined on one specimen from each of the test samples. After the wire is broken the specimen ends shall be carefully placed together at the distance between the gauge marks measured. The elongation is the increase in gauge length expressed as a percentage of the original gauge length.

For this test to be valid the specimen must break between the gauge marks.

The ultimate elongation shall be not less than the value given in the appropriate column of Tables III, IV and V.

For routine quality control purposes a factored gauge length may be used (see footnotes to Tables III, IV and V). However, in cases of dispute, the 250 mm gauge length shall be mandatory.

b) *Torsion test (not applicable to Class 2 zinc coating)*

As an alternative to the ultimate elongation test, one specimen cut from each sample may be given a torsion test. The specimen shall be gripped in two vice-clamps one of which shall be free to move longitudinally during the test. A small tensile load, not exceeding 2% of the wire breaking strength, shall be applied to the sample during testing. The specimen shall be twisted on its longitudinal axis 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 turns per minute. The number of twists on a length 100 times the wire diameter shall be not less than the value given in the appropriate column of Tables III, IV and V.

c) *Essai d'enroulement*

Une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons de fil d'acier revêtu est enroulée autour d'un mandrin à une vitesse n'excédant pas 15 tours par minute, de diamètre donné dans la colonne appropriée des tableaux III, IV et V, pour former une hélice jointive de huit tours. Le fil ne doit pas se rompre.

11. Essai du revêtement de zinc

11.1 *Détermination de la masse du revêtement de zinc*

La masse du revêtement peut être obtenue par une méthode volumétrique ou gravimétrique. La première a un degré acceptable de précision et l'avantage de la rapidité. Pour cette raison, c'est la méthode préférée pour les essais de routine de toutes les dimensions de fil qui peuvent être convenablement placées dans l'appareil de mesure. En cas de litige, la méthode gravimétrique doit être acceptée comme méthode d'arbitrage.

La masse ne doit pas être inférieure à la valeur appropriée indiquée dans le tableau II.

TABLEAU II

Prescriptions concernant la masse de revêtement de zinc

Diamètre du fil (mm)		Masse minimale de revêtement de zinc (g/m ²)	
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	Classe 1	Classe 2
1,24	1,50	185	370
1,50	1,75	200	400
1,75	2,25	215	430
2,25	3,00	230	460
3,00	3,50	245	490
3,50	4,25	260	520
4,25	4,75	275	550
4,75	5,50	290	580

11.2 *Méthode gazométrique*

La méthode gazométrique pour déterminer la masse du revêtement de zinc est décrite dans l'annexe A.

11.3 *Méthode gravimétrique*

La méthode gravimétrique pour déterminer la masse du revêtement de zinc est décrite dans l'annexe B.

11.4 *Essai d'adhérence du revêtement de zinc*

Une éprouvette prélevée sur chaque échantillon de fil d'acier revêtu est enroulée à une vitesse n'excédant pas 15 tours par minute pour former une hélice jointive d'au moins huit tours autour d'un mandrin cylindrique ayant un diamètre de quatre fois le diamètre du fil, pour des fils de diamètre n'excédant pas 3,50 mm, et cinq fois le diamètre du fil pour des fils de diamètre supérieur à 3,50 mm.

Le revêtement de zinc doit rester fermement adhérent à l'acier et ne doit pas se fissurer ou s'écailler au point qu'une parcelle de zinc puisse être enlevée par frottement avec les doigts nus.

c) *Wrapping test*

One specimen cut from each sample of coated steel wire shall be wrapped around a mandrel at a rate not exceeding 15 turns per minute, of diameter given in the appropriate column of Tables III, IV and V to form a close helix of eight turns. The wire shall not break.

11. **Zinc coating test**

11.1 *Determination of mass of zinc coating*

The mass of coating may be obtained by either a volumetric or gravimetric method. The former has an acceptable degree of accuracy and has the advantage of rapidity. It is therefore the preferred method for routine testing of all the sizes of wire which can be conveniently accommodated in the measuring apparatus. In case of dispute, the gravimetric method shall be accepted as the arbitration method.

The mass shall be not less than the appropriate value given in Table II.

TABLE II
Zinc coating mass requirements

Wire diameter (mm)		Minimum mass of zinc coating (g/m ²)	
Over	Up to and including	Class 1	Class 2
1.24	1.50	185	370
1.50	1.75	200	400
1.75	2.25	215	430
2.25	3.00	230	460
3.00	3.50	245	490
3.50	4.25	260	520
4.25	4.75	275	550
4.75	5.50	290	580

11.2 *Gas volumetric method*

The gas volumetric method for determining the mass of zinc coating is described in Appendix A.

11.3 *Gravimetric method*

The gravimetric method for determining the mass of zinc coating is described in Appendix B.

11.4 *Test for adherence of zinc coating*

One specimen cut from each of the samples of coated steel wire shall be wrapped at a rate not exceeding 15 turns per minute 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 and five times the diameter of the wire for wires of diameter greater than 3.50 mm.

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.

11.5 Continuité du revêtement

Une éprouvette de chaque échantillon de fil revêtu est examinée à l'œil nu pour déterminer s'il n'y a pas de manque dans le revêtement. Le revêtement de zinc doit être raisonnablement lisse, d'épaisseur uniforme et compatible avec une bonne pratique commerciale.

12. Certificat de conformité

Le fabricant doit, sur demande, fournir à l'acheteur les résultats de tous les essais faits sur les échantillons.

TABLEAU III

Propriétés mécaniques, prescriptions pour les tours de torsion et diamètre du mandrin d'essai d'enroulement pour fils d'acier normaux

Diamètre nominal du fil (mm)		Tolérance sur diamètre (mm)	Contrainte minimale à 1% d'allongement (MPa)	Contrainte minimale à la rupture (MPa)	Allongement minimal à la rupture (%)*	Diamètre du mandrin pour essai d'enroulement (X fois dia. ext.)	Nombre minimal de tours dans l'essai de torsion**
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris						
			Revêtement de zinc Classe 1				
1,24	2,25	±0,03	1 170	1 340	3,0	1	18
2,25	2,75	±0,04	1 140	1 310	3,0	1	16
2,75	3,00	±0,05	1 140	1 310	3,5	1	16
3,00	3,50	±0,05	1 100	1 290	3,5	1	14
3,50	4,25	±0,06	1 100	1 290	4,0	1	12
4,25	4,75	±0,06	1 100	1 290	4,0	1	12
4,75	5,50	±0,07	1 100	1 290	4,0	1	12
			Revêtement de zinc Classe 2				
1,24	2,25	±0,05	1 100	1 240	4,0	1	
2,25	2,75	±0,06	1 070	1 210	4,0	1	
2,75	3,00	±0,06	1 070	1 210	4,0	1	
3,00	3,50	±0,07	1 000	1 190	4,0	1	
3,50	4,25	±0,09	1 000	1 190	4,0	1	
4,25	4,75	±0,10	1 000	1 190	4,0	1	
4,75	5,50	±0,11	1 000	1 190	4,0	1	

* Les valeurs de l'allongement minimal à la rupture sont données pour une longueur de mesure de 250 mm. Pour d'autres longueurs de mesure, les valeurs devront être ajustées par le facteur 650/(la longueur de mesure + 400 mm).

** Longueur pour l'essai de torsion: 100 fois le diamètre extérieur.

11.5 Continuity of coating

One specimen from each sample of coated wire shall be visibly examined by eye to determine that there are no voids in the coating. The zinc coating shall be reasonably smooth, of uniform thickness, and consistent with good commercial practice.

12. Certificate of compliance

The manufacturer shall, if requested, supply the purchaser with the results of all tests made on all samples.

TABLE III

Mechanical properties, torsion twist requirements and wrap test mandrel diameter for regular steel wires

Nominal wire diameter (mm)		Diameter tolerance (mm)	Minimum stress at 1% extension (MPa)	Minimum ultimate tensile stress (MPa)	Minimum ultimate elongation (%)*	Mandrel diameter for wrapping test (X × OD)	Minimum number of twists in torsion test**
Over	Up to and including						
			Class 1 zinc coating				
1.24	2.25	±0.03	1 170	1 340	3.0	1	18
2.25	2.75	±0.04	1 140	1 310	3.0	1	16
2.75	3.00	±0.05	1 140	1 310	3.5	1	16
3.00	3.50	±0.05	1 100	1 290	3.5	1	14
3.50	4.25	±0.06	1 100	1 290	4.0	1	12
4.25	4.75	±0.06	1 100	1 290	4.0	1	12
4.75	5.50	±0.07	1 100	1 290	4.0	1	12
			Class 2 zinc coating				
1.24	2.25	±0.05	1 100	1 240	4.0	1	
2.25	2.75	±0.06	1 070	1 210	4.0	1	
2.75	3.00	±0.06	1 070	1 210	4.0	1	
3.00	3.50	±0.07	1 000	1 190	4.0	1	
3.50	4.25	±0.09	1 000	1 190	4.0	1	
4.25	4.75	±0.10	1 000	1 190	4.0	1	
4.75	5.50	±0.11	1 000	1 190	4.0	1	

* Values of minimum ultimate elongation are given for a 250 mm gauge length. For other gauge lengths these values should be adjusted by the factor 650/(the gauge length + 400 mm).

** Length for torsion test: 100 times the outer diameter.

TABLEAU IV

Propriétés mécaniques, prescriptions pour les tours de torsion et diamètre du mandrin d'essai d'enroulement pour fils d'acier à haute résistance

Diamètre nominal du fil (mm)		Tolérance sur diamètre (mm)	Contrainte minimale à 1% d'allongement (MPa)	Contrainte minimale à la rupture (MPa)	Allongement minimal à la rupture (%)*	Diamètre du mandrin pour essai d'enroulement (X fois dia. ext.)	Nombre minimal de tours dans l'essai de torsion**
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris						
			Revêtement de zinc Classe 1				
1,24	2,25	±0,03	1 310	1 450	2,5	3	16
2,25	2,75	±0,04	1 280	1 410	2,5	3	16
2,75	3,00	±0,05	1 280	1 410	3,0	4	16
3,00	3,50	±0,05	1 240	1 410	3,0	4	14
3,50	4,25	±0,06	1 170	1 380	3,0	4	12
4,25	4,75	±0,06	1 170	1 380	3,0	4	12
4,75	5,50	±0,07	1 170	1 380	3,0	4	12
			Revêtement de zinc Classe 2				
1,24	2,25	±0,05	1 240	1 380	2,5	3	
2,25	2,75	±0,06	1 210	1 340	2,5	3	
2,75	3,00	±0,06	1 210	1 340	3,0	4	
3,00	3,50	±0,07	1 170	1 340	3,0	4	
3,50	4,25	±0,09	1 100	1 280	3,0	4	
4,25	4,75	±0,10	1 100	1 280	3,0	4	
4,75	5,50	±0,11	1 100	1 280	3,0	4	

* Les valeurs de l'allongement minimal à la rupture sont données pour une longueur de mesure de 250 mm. Pour d'autres longueurs de mesure, les valeurs devront être ajustées par le facteur 650/(la longueur de mesure + 400 mm).

** Longueur pour l'essai de torsion: 100 fois le diamètre extérieur.

TABLEAU V

Propriétés mécaniques, prescriptions pour les tours de torsion et diamètre du mandrin d'essai d'enroulement pour fils d'acier à très haute résistance

Diamètre nominal du fil (mm)		Tolérance sur diamètre (mm)	Contrainte minimale à 1% d'allongement (MPa)	Contrainte minimale à la rupture (MPa)	Allongement minimal à la rupture (%)*	Diamètre du mandrin pour essai d'enroulement (X fois dia. ext.)	Nombre minimal de tours dans l'essai de torsion**
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris						
			Revêtement de zinc Classe 1				
1,24	2,25	±0,03	1 450	1 620	2,0	4	14
2,25	2,75	±0,04	1 410	1 590	2,0	4	14
2,75	3,00	±0,05	1 410	1 590	2,5	5	12
3,00	3,50	±0,05	1 380	1 550	2,5	5	12
3,50	4,25	±0,06	1 340	1 520	2,5	5	10
4,25	4,75	±0,06	1 340	1 520	2,5	5	10
4,75	5,50	±0,07	1 270	1 500	2,5	5	10

* Les valeurs de l'allongement minimal à la rupture sont données pour une longueur de mesure de 250 mm. Pour d'autres longueurs de mesure, les valeurs devront être ajustées par le facteur 650/(la longueur de mesure + 400 mm).

** Longueur pour l'essai de torsion: 100 fois le diamètre extérieur.

TABLE IV

Mechanical properties, torsion twist requirements and wrap test mandrel diameter for high strength steel wires

Nominal wire diameter (mm)		Diameter tolerance (mm)	Minimum stress at 1% extension (MPa)	Minimum ultimate tensile stress (MPa)	Minimum ultimate elongation (%)*	Mandrel diameter for wrapping test (X × OD)	Minimum number of twists in torsion test**
Over	Up to and including						
			Class 1 zinc coating				
1.24	2.25	±0.03	1 310	1 450	2.5	3	16
2.25	2.75	±0.04	1 280	1 410	2.5	3	16
2.75	3.00	±0.05	1 280	1 410	3.0	4	16
3.00	3.50	±0.05	1 240	1 410	3.0	4	14
3.50	4.25	±0.06	1 170	1 380	3.0	4	12
4.25	4.75	±0.06	1 170	1 380	3.0	4	12
4.75	5.50	±0.07	1 170	1 380	3.0	4	12
			Class 2 zinc coating				
1.24	2.25	±0.05	1 240	1 380	2.5	3	
2.25	2.75	±0.06	1 210	1 340	2.5	3	
2.75	3.00	±0.06	1 210	1 340	3.0	4	
3.00	3.50	±0.07	1 170	1 340	3.0	4	
3.50	4.25	±0.09	1 100	1 280	3.0	4	
4.25	4.75	±0.10	1 100	1 280	3.0	4	
4.75	5.50	±0.11	1 100	1 280	3.0	4	

* Values of minimum ultimate elongation are given for a 250 mm gauge length. For other gauge lengths these values should be adjusted by the factor 650/(the gauge length + 400 mm).

** Length for torsion test: 100 times the outer diameter.

TABLE V

Mechanical properties, torsion twist requirements and wrap test mandrel diameter for extra-high strength steel wires

Nominal wire diameter (mm)		Diameter tolerance (mm)	Minimum stress at 1% extension (MPa)	Minimum ultimate tensile stress (MPa)	Minimum ultimate elongation (%)*	Mandrel diameter for wrapping test (X × OD)	Minimum number of twists in torsion test**
Over	Up to and including						
			Class 1 zinc coating				
1.24	2.25	±0.03	1 450	1 620	2.0	4	14
2.25	2.75	±0.04	1 410	1 590	2.0	4	14
2.75	3.00	±0.05	1 410	1 590	2.5	5	12
3.00	3.50	±0.05	1 380	1 550	2.5	5	12
3.50	4.25	±0.06	1 340	1 520	2.5	5	10
4.25	4.75	±0.06	1 340	1 520	2.5	5	10
4.75	5.50	±0.07	1 270	1 500	2.5	5	10

* Values of minimum ultimate elongation are given for a 250 mm gauge length. For other gauge lengths these values should be adjusted by the factor 650/(the gauge length + 400 mm).

** Length for torsion test: 100 times the outside diameter.

ANNEXE A

MÉTHODE GAZOMÉTRIQUE POUR DÉTERMINER LA MASSE DU REVÊTEMENT DE ZINC

A1. Principe

La méthode gazométrique pour déterminer la masse du revêtement dépend du fait qu'un métal dissous dans un acide dégage toujours une quantité d'hydrogène proportionnelle à la quantité de métal dissous, c'est-à-dire à l'équivalent chimique du métal en question.

1 g de zinc dégage 0,343 l d'hydrogène à une température de 0 °C et à une pression de 101,3 kPa.

Avec des fils très gros peuvent apparaître des problèmes de préparation de l'éprouvette et d'endommagement de la burette en verre. Cette méthode de détermination est, pour cette raison, habituellement limitée aux fils d'un diamètre maximal de 5 mm.

A2. Réactifs

Les réactifs suivants doivent être utilisés :

- a) *Solution de chlorure d'antimoine*, préparée en dissolvant 20 g de trioxyde d'antimoine ou 32 g de trichlorure d'antimoine dans 1 000 ml d'acide chlorhydrique (poids spécifique entre 1,16 et 1,18).
- b) *Acide chlorhydrique* (poids spécifique entre 1,16 et 1,18).

Pour obtenir la solution décapante, ajouter 5 ml de solution a) à 100 ml de solution b).

- A2.1 En variante à a) et b) ci-dessus, la solution décapante mentionnée dans la Norme ISO 1460 peut être utilisée.

A3. Appareillage

L'appareil consiste en une burette en verre de 100 ml ayant des robinets d'arrêt en haut et en bas et reliée en bas à un réservoir par un tube en caoutchouc.

La burette de 100 ml doit avoir des intervalles de graduation d'au moins 0,5 ml. Quand des fils de petite dimension, moins de 1,5 mm de diamètre par exemple, sont essayés régulièrement, il peut être utile d'avoir recours à une burette de 50 ml d'environ même longueur et pourvue de graduations d'au moins 0,2 ml.

A4. Epreuves

Des éprouvettes de la longueur voulue sont prélevées avec précision (erreur maximale 1%) sur une longueur de fil dressée et non endommagée. La longueur la plus convenable de l'éprouvette dépend de la taille de la burette, du diamètre du fil et de la masse attendue du revêtement. Les longueurs indiquées dans le tableau AI sont habituellement considérées comme satisfaisantes.

APPENDIX A

GAS VOLUMETRIC METHOD
FOR DETERMINING MASS OF ZINC COATING

A1. Principle

The volumetric method of determining the mass of coating depends on the fact that a metal dissolved in acid always releases a quantity of hydrogen proportional to the amount of metal dissolved, that is, the chemical equivalent of the metal in question.

1 g of zinc releases 0.343 l of hydrogen at a temperature of 0 °C and a pressure of 101.3 kPa.

With very thick wires, problems of test piece preparation and damage to the glass burette may be introduced. This method of determination is therefore usually limited to wires of maximum diameter 5 mm.

A2. Reagents

The following reagents shall be used:

- a) *Antimony chloride* solution prepared by dissolving 20 g of antimony trioxide or 32 g of antimony trichloride in 1 000 ml of hydrochloric acid (specific gravity between 1.16 and 1.18).
- b) *Hydrochloric acid* (specific gravity 1.16 and 1.18).

To obtain the stripping solution add 5 ml of solution a) to 100 ml of solution b).

- A2.1 As an alternative to a) and b) above, the stripping solution mentioned in ISO Standard 1460 may be used.

A3. Apparatus

The apparatus consists of a 100 ml glass burette fitted with a stopcock at the top and bottom and connected at the bottom with a rubber tube to a reservoir.

The 100 ml burette should be graduated to at least 0.5 ml subdivisions. Where small sizes of wire, for example less than 1.5 mm diameter, are regularly tested, it may be found useful to have a 50 ml burette of about the same length and graduated to at least 0.2 ml subdivisions.

A4. Test pieces

From a straightened and undamaged length of wire, test pieces of the required length are accurately cut (error no more than 1%). The most suitable length of test piece depends upon the size of burette, diameter of wire and expected mass of coating. The lengths indicated in Table AI will usually be found convenient.

TABLEAU AI

Longueur de l'éprouvette

Diamètre du fil zingué		Longueur de l'éprouvette	
Au-dessus de (mm)	Jusqu'à et y compris (mm)	Pour une burette de 100 ml (mm)	Pour une burette de 50 ml (mm)
1,24	1,8	100	75
1,8	3,6	75	—
3,6	5,50	50	—

A5. Mode opératoire

Le réactif acide est introduit dans le réservoir de façon qu'il remplisse entièrement la burette en laissant une petite portion dans le réservoir quand il est en position élevée.

Pour effectuer un essai, la hauteur du réservoir est ajustée de façon que le réactif acide remplisse juste la burette jusqu'au robinet d'arrêt supérieur, le robinet inférieur étant fermé. L'éprouvette coupée à la longueur spécifiée est lâchée dans la burette et le robinet d'arrêt supérieur immédiatement fermé.

Le revêtement de zinc se dissout rapidement libérant de l'hydrogène et l'essai continue jusqu'à ce que le dégagement de l'hydrogène, mis à part quelques petites bulles, ait cessé. Le réservoir est alors soulevé de son support et placé à côté de la burette jusqu'à ce que les niveaux du réactif acide dans la burette et dans le réservoir soient égaux ; le volume d'hydrogène est alors lu sur l'échelle de la burette.

Quand l'essai est fini, le robinet d'arrêt supérieur est ouvert et tout le réactif acide retiré de la burette en abaissant le réservoir à une position inférieure au robinet d'arrêt inférieur qui est alors ouvert pour extraire l'éprouvette et fermé à nouveau, après quoi le mode opératoire précédent est répété pour l'essai suivant.

Quand de longues éprouvettes sont nécessaires, une introduction rapide dans la burette peut être difficile et il peut être préférable de lâcher deux éprouvettes courtes en même temps à travers le robinet d'arrêt.

Le fil décapé est lavé, séché, et le diamètre est mesuré avec une précision de 0,01 mm.

A6. Calculs

La masse du revêtement de zinc est calculée d'après la formule :

$$\text{Masse du revêtement par unité de surface de l'acier} = \frac{V}{dl} \times f$$

où: V est le volume d'hydrogène libéré en millilitres

d est le diamètre du fil décapé

l est la longueur de l'éprouvette

Lorsque la longueur et le diamètre sont en millimètres et $f = 866$, la formule donne la masse du revêtement en grammes par mètre carré.

A7. Correction pour la température et la pression barométrique

Le facteur (f) a été calculé pour une température de 20 °C et une pression barométrique de 101,3 kPa. Si la pression atmosphérique est en dehors de la gamme 98,7 kPa à 104,0 kPa ou si la température est en dehors de la gamme 18 °C à 22 °C, appliquer le facteur de correction approprié du tableau AII. Si la combinaison de la pression et de la température conduit à un facteur de correction de 0,98 à 1,02 (voir la zone marquée dans le tableau AII), il n'est pas nécessaire d'appliquer ce facteur.