

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60851-3

Edition 2.1

1997-12

Edition 2:1996, consolidée par l'amendement 1:1997
Edition 2:1996, consolidated with amendment 1:1997

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 3:
Propriétés mécaniques**

Winding wires – Test methods –

**Part 3:
Mechanical properties**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60851-3+A1:1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

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 dans le Catalogue 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**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

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.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

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**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

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.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60851-3

Edition 2.1

1997-12

Edition 2:1996, consolidée par l'amendement 1:1997
Edition 2:1996, consolidated with amendment 1:1997

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 3:
Propriétés mécaniques**

Winding wires – Test methods –

**Part 3:
Mechanical properties**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

CM

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Essai 6: Allongement	8
4 Essai 7: Effet de ressort	10
5 Essai 8: Souplesse et adhérence	14
6 Essai 11: Résistance à l'abrasion	22
7 Essai 18: Thermo-adhérence ou solvo-adhérence	24
Figures	32
Annexes	
A – Force de collage des fils thermo-adhérents	52
B – Méthodes d'essai de frottement	64

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Test 6: Elongation	9
4 Test 7: Springiness	11
5 Test 8: Flexibility and adherence	15
6 Test 11: Resistance to abrasion	23
7 Test 18: Heat or solvent bonding	25
Figures	33
Annexes	
A – Bond strength of heat bonding wires	53
B – Friction test methods	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Propriétés mécaniques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60851-3 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

La présente version consolidée de la CEI 60851-3 comprend la deuxième édition (1996) [documents 55/472A/FDIS et 55/513/RVD] et son amendement 1 (1997) [documents 55/592/FDIS et 55/612/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –**Part 3: Mechanical properties**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60851-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This consolidated version of IEC 60851-3 consists of the second edition (1996) [documents 55/472A/FDIS and 55/513/RVD] and its amendment 1 (1997) [documents 55/592/FDIS and 55/612/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A and B are for information only.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60851 constitue un élément d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série comporte trois groupes définissant respectivement:

- a) les méthodes d'essai (CEI 60851);
- b) les spécifications (CEI 60317);
- c) le conditionnement (CEI 60264).

IECNORM.COM / Click to view the full PDF of IEC 60851-3:1996+AMD1:1997 CSV

Withdrawn

INTRODUCTION

This part of IEC 60851 forms an element of a series of standards which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing:

- a) methods of test (IEC 60851);
- b) specifications (IEC 60317);
- c) packaging (IEC 60264).

IECNORM.COM . Click to view the full PDF of IEC 60851-3:1996+A1:1997 CSV

Withd2W

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Propriétés mécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60851 donne les méthodes d'essai suivantes:

- Essai 6: Allongement;
- Essai 7: Effet de ressort;
- Essai 8: Souplesse et adhérence;
- Essai 11: Résistance à l'abrasion;
- Essai 18: Thermo-adhérence et solvo-adhérence.

Pour les définitions, les généralités concernant les méthodes d'essai et les séries complètes des méthodes d'essai des fils de bobinage, voir la CEI 60851-1.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60851. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60851 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60851-1:1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

CEI 60851-2:1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 2: Détermination des dimensions*

CEI 61033:1991, *Méthodes d'essai pour la détermination du pouvoir agglomérant des agents d'imprégnation sur fil émaillé*

ISO 178:1993, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

3 Essai 6: Allongement

3.1 Allongement à la rupture

L'allongement est l'augmentation de longueur exprimée en pourcentage de la longueur initiale.

Une longueur de fil droit doit être allongée jusqu'à la rupture du conducteur à la vitesse de (5 ± 1) mm/s au moyen d'une machine d'essai d'allongement ou une machine d'essai de traction qui réalise la mesure sur une longueur libre comprise entre 200 mm et 250 mm. L'augmentation linéaire à la rupture doit être calculée en pourcentage de la longueur libre mesurée.

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les trois valeurs individuelles doivent être notées. La moyenne des valeurs est considérée comme l'allongement à la rupture.

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 3: Mechanical properties

1 Scope

This part of IEC 60851 specifies the following methods of test:

- Test 6: Elongation;
- Test 7: Springiness;
- Test 8: Flexibility and adherence;
- Test 11: Resistance to abrasion;
- Test 18: Heat or solvent bonding.

For definitions, general notes on methods of test and the complete series of methods of test for winding wires see IEC 60851-1.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60851. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60851 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of the IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60851-1:1996, *Winding wires – Test methods – Part 1: General*

IEC 60851-2:1996, *Winding wires – Test methods – Part 2: Determination of dimensions*

IEC 61033:1991, *Test methods for the determination of bond strength of impregnating agents to an enamelled wire substrate*

ISO 178:1993, *Plastics – Determination of flexural properties*

3 Test 6: Elongation

3.1 Elongation at fracture

Elongation is the increase in length expressed as a percentage of the original length.

A straight piece of wire shall be elongated to the point of fracture of the conductor at a rate of (5 ± 1) mm/s with an elongation tester or with a tensile testing equipment with a free measuring length of between 200 mm and 250 mm. The linear increase at fracture shall be calculated as a percentage of the free measuring length.

Three specimens shall be tested. The three single values shall be reported. The mean value represents elongation at fracture.

3.2 Résistance à la traction

La résistance à la traction est le rapport entre la force appliquée au moment de la rupture et la section initiale.

Une longueur de fil droit doit être allongée jusqu'à la rupture du conducteur à la vitesse de (5 ± 1) mm/s au moyen d'une machine d'essai de traction qui réalise la mesure sur une longueur libre comprise entre 200 mm et 250 mm et enregistre la force au moment de la rupture.

Trois éprouvettes doivent être essayées. La section initiale et les trois valeurs individuelles de force à la rupture doivent être notées. La moyenne des rapports entre la force au moment de la rupture et la section initiale est considérée comme la résistance à la traction.

4 Essai 7: Effet de ressort

L'effet de ressort est le retour en arrière mesuré en degrés après que le fil a été soit bobiné en forme d'hélice soit courbé d'un angle.

4.1 Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur de 0,080 mm jusqu'à 1,600 mm inclus

4.1.1 Principe

Une longueur de fil droit est enroulée sur un mandrin de façon à former cinq spires. La norme appropriée donne le diamètre du mandrin et la traction à appliquer. La mesure de l'effet de ressort est indiquée par l'angle de retour en arrière de l'extrémité des cinq spires.

4.1.2 Equipement

La figure 1 décrit un exemple d'équipement d'essai. Les détails du mandrin sont donnés à la figure 2 et dans le tableau 1. La figure 2 mentionne une gorge en hélice qui peut être utilisée pour faciliter le bobinage. Toutefois cette gorge n'est pas obligatoire. Le cadran porte 72 divisions équidistantes de façon qu'avec cinq tours du fil le retour en arrière pour un seul tour soit lu directement.

Tableau 1 – Mandrins pour l'effet de ressort

Diamètre du mandrin ¹⁾ mm	Dimensions ²⁾ mm					
	a	b	c	d	e	f
5	6,0	7,5	32	0,30	0,05	0,13
7	6,0	9,0	34	0,40	0,07	0,18
10	6,0	9,0	34	0,60	0,10	0,25
12,5	6,0	9,0	40	0,80	0,14	0,35
19	10,0	11,0	45	1,20	0,20	0,50
25	12,5	12,5	45	2,00	0,28	0,70
37,5	12,5	14,5	47	2,40	0,40	1,00
50	12,5	17,5	50	3,00	0,80	2,00

¹⁾ Au fond de la gorge, le cas échéant.

²⁾ Voir figure 2.

3.2 Tensile strength

Tensile strength is the ratio of the force at fracture to initial cross-section.

A straight piece of wire shall be elongated to the point of fracture of the conductor at a rate of (5 ± 1) mm/s with tensile testing equipment with a free measuring length of between 200 mm and 250 mm and which records the force at fracture.

Three specimens shall be tested. The initial cross-section and the three single values of the force at fracture shall be reported. The mean value of the ratio of the force at fracture and the initial cross-section represents the tensile strength.

4 Test 7: Springiness

Springiness is the recoil measured in degrees after the wire is wound in the form of a helical coil or bent through an angle.

4.1 Round wire with a nominal conductor diameter from 0,080 mm up to and including 1,600 mm

4.1.1 Principle

A straight piece of wire is wound five times around a mandrel with a diameter and under a tension applied to the wire as specified in the relevant standard. The reading of the angle by which the end of the five turns recoils is the measure of springiness.

4.1.2 Equipment

Figure 1 shows an example of the test equipment with details of the mandrel given in figure 2 and table 1. Figure 2 indicates a helical groove, which may be used to facilitate winding. The provision of this groove, however, is not mandatory. The dial is marked with 72 equally spaced divisions so that with five turns of the wire the reading corresponds to the number of degrees that each turn springs back.

Table 1 – Mandrels for springiness

Mandrel diameter ¹⁾ mm	Dimensions ²⁾ mm					
	a	b	c	d	e	f
5	6,0	7,5	32	0,30	0,05	0,13
7	6,0	9,0	34	0,40	0,07	0,18
10	6,0	9,0	34	0,60	0,10	0,25
12,5	6,0	9,0	40	0,80	0,14	0,35
19	10,0	11,0	45	1,20	0,20	0,50
25	12,5	12,5	45	2,00	0,28	0,70
37,5	12,5	14,5	47	2,40	0,40	1,00
50	12,5	17,5	50	3,00	0,80	2,00

¹⁾ At the bottom of the groove, if provided.
²⁾ See figure 2.

4.1.3 Procédure

Le mandrin spécifié doit être monté et verrouillé à axe horizontal de façon que la rainure ou le trou d'attache du fil corresponde au repère zéro du cadran. Le mandrin doit être talqué pour empêcher le fil de coller à la surface du mandrin.

Une tension doit être appliquée à une longueur de fil droit d'environ 1 m en attachant la charge spécifiée à l'une des extrémités du fil. La manivelle pour faire tourner le mandrin doit être déverrouillée. L'autre extrémité du fil doit être engagée dans la rainure ou le trou de façon qu'il traverse suffisamment le mandrin pour être fixé et maintenu sur le mandrin. La charge doit être abaissée doucement pour appliquer la traction au fil qui est suspendu verticalement au-dessous du mandrin, le repère zéro du cadran et la rainure ou le trou pointant vers le bas.

L'extrémité libre du fil ayant été attachée solidement, le mandrin doit être entraîné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (le cadran étant vu de face) de façon à former cinq spires complètes et de plus jusqu'à ce que le zéro du cadran soit tourné verticalement vers le haut. La manivelle doit alors être verrouillée dans cette position. Pendant que le fil est maintenu en place, la charge doit être enlevée. Le fil doit être coupé à environ 25 mm au-delà de l'extrémité de la cinquième spire. Ces 25 mm doivent être pliés à la verticale devant le zéro du cadran pour faire office d'aiguille.

On doit placer un crayon ou un outil similaire à la gauche de cette extrémité de fil pour empêcher tout retour en arrière soudain. On doit laisser ensuite le bobinage se dérouler lentement sans à-coups.

NOTE – Si le fil se détend brusquement, les résultats obtenus peuvent être erronés.

Le mandrin et le cadran doivent alors être libérés et entraînés dans le sens des aiguilles d'une montre pour amener de nouveau l'aiguille en arrière en position verticale. L'angle de retour en arrière est égal à la lecture du cadran correspondant à l'aiguille. Dans le cas d'un fil très nerveux, l'aiguille peut faire plus d'un tour. Il est alors nécessaire d'ajouter 72 à la lecture du cadran pour chaque révolution complète.

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les trois valeurs individuelles doivent être notées. La moyenne des valeurs est considérée comme l'effet de ressort.

4.2 Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm et fil de section rectangulaire

4.2.1 Principe

Une longueur de fil droit doit être courbée d'un angle de 30°. Après avoir supprimé la contrainte, la mesure de l'effet de ressort est indiquée par l'angle de retour en arrière.

4.2.2 Equipement

La figure 3 décrit un exemple d'équipement d'essai. Il consiste fondamentalement en deux mâchoires, dont l'une est fixe (2) et l'autre mobile (1), et un secteur gradué en degrés (5) dont l'échelle de 0° à 10° est graduée par paliers de 0,5°. Le secteur gradué est un arc placé dans un plan à 90° des faces de serrage. Son centre est situé sur l'arête extérieure de la mâchoire fixe (3). Le levier avec son point d'appui placé au centre de l'arc peut se déplacer sur le secteur gradué dans le plan vertical.

Le levier doit être muni d'une aiguille ou d'un repère pour une lecture convenable de l'angle de retour en arrière. Le levier d'une longueur approximative de 305 mm est muni d'une échelle en millimètres dont l'origine est le centre de l'arc et d'un curseur (4) mobile à arête vive.

4.1.3 Procedure

The specified mandrel shall be mounted and locked in position with its axis horizontal and with the slot or hole for fastening the wire corresponding with the zero of the dial. The mandrel shall be dusted with powdered talc (French chalk) to prevent the wire clinging to the mandrel.

A tension shall be applied to a straight piece of wire of about 1 m in length by attaching the specified load to one end of the wire. The handle to rotate the mandrel shall be unlatched. The other end of the wire shall be inserted into the slot or hole so that sufficient wire projects on the other side of the mandrel and the wire is in firm contact with the mandrel. The weight shall be slowly lowered with the wire suspended vertically below the mandrel and with the dial zero and the slot or hole pointing downwards.

With the free end of the wire being held securely, the mandrel shall be rotated for five complete turns counter clockwise (looking at the face of the dial) and further until the zero on the dial is vertically upwards. The handle shall then be latched in this position. The load shall be removed while the wire is held in position, and the wire shall then be cut about 25 mm beyond the end of the fifth turn. This end of the wire shall be bent into a vertical position in line with the dial zero to act as a pointer.

A pencil or similar tool shall be placed to the left of this end of the wire to prevent any sudden springback. The coil shall then be allowed to unwind slowly and without jerking.

NOTE – If the wire springs back suddenly, erroneous results may be obtained.

The mandrel and the dial shall then be unlatched and rotated clockwise to bring the pointer back into a vertical position. The springback angle is equal to the reading on the dial in line with the pointer. With very springy wires, the pointer may recoil more than one complete revolution. If this is the case, 72 has to be added to the dial reading for each complete revolution of recoil.

Three specimens shall be tested. The three single values shall be reported. The mean value represents springiness.

4.2 Round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm and rectangular wire

4.2.1 Principle

A straight piece of wire shall be bent through an angle of 30°. After removing the force, the reading of the angle by which the wire springs back is the measure of springiness.

4.2.2 Equipment

Figure 3 shows an example of the test equipment basically consisting of two jaws, one of which is fixed (2) and one is movable (1), and a sector graduated in degrees (5) with the 0° to 10° sector of the scale graduated in 0,5° increments. The graduated sector is an arc placed in a plane at 90° to the clamp faces. Its centre is located at the outer edge of the fixed jaw (3). The lever arm with its fulcrum placed at the centre of the arc can move over the graduated sector in the vertical plane.

The lever arm shall have a pointer or marker to provide a proper reading of the springback angle. On the lever arm with approximately 305 mm length scaled off in millimetres with the origin at the centre of the arc, is a slider (4) with a knife edge.

4.2.3 Epreuve

Un échantillon de fil d'au moins 1 200 mm de long doit être prélevé de la bobine avec une courbure aussi petite que possible. Le fil doit être redressé à la main et coupé en trois longueurs de 400 mm chacune. Un allongement à l'aide d'un outil ne doit pas être utilisé. Une courbure inutile doit être évitée pour réduire l'écroutissage.

4.2.4 Procédure

La position du curseur sur le levier est déterminée en multipliant le diamètre du conducteur ou son épaisseur par 40. L'éprouvette doit être serrée entre les mâchoires avec une force juste suffisante pour éviter le glissement. L'éprouvette doit être serrée dans une position qui permette la courbure du fil dans la direction qu'il avait sur la bobine. L'extrémité libre de l'éprouvette doit dépasser l'arête vive du curseur de (12 ± 2) mm.

A l'aide du levier partant de la position initiale (le repère 30° en position 1), le fil doit être courbé de 30° (le repère 0° en position 2). Le temps nécessaire doit être compris entre 2 s et 5 s. L'éprouvette doit être maintenue dans cette position pendant pas plus de 2 s, puis déplacée dans l'autre sens à la même vitesse angulaire que lors de la courbure, jusqu'à ce que l'arête vive du curseur ne soit plus au contact de l'éprouvette. Le levier doit être à nouveau déplacé jusqu'à ce que l'arête vive du curseur vienne au contact de l'éprouvette sans la courber. Dans cette position, l'angle de retour en arrière est égal à celui lu sur l'échelle du secteur gradué avec l'aiguille du levier (position 3).

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les trois valeurs individuelles doivent être notées. La moyenne des valeurs est considérée comme l'effet de ressort.

5 Essai 8: Souplesse et adhérence

La souplesse et l'adhérence reflètent la capacité du fil à supporter des étirements, bobinages, courbures ou torsions sans montrer de craquelures ou de perte d'adhérence de l'isolant.

5.1 Essai d'enroulement sur mandrin

5.1.1 Fil de section circulaire

Une longueur de fil droit doit être enroulée de façon à former 10 spires jointives sur un mandrin métallique bien poli dont le diamètre est donné dans la norme appropriée. La vitesse d'enroulement du mandrin doit être de 1 tr/s à 3 tr/s, la traction exercée sur le fil étant telle que celui-ci soit maintenu en contact avec le mandrin. L'enroulement doit être effectué sans allongement ni torsion. Des équipements appropriés doivent être utilisés.

5.1.1.1 Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 1,600 mm inclus

Si la norme appropriée demande un préallongement avant de réaliser l'enroulement, le fil doit être allongé du pourcentage spécifié à l'article 3. Après enroulement, l'éprouvette doit être examinée avec une loupe en vue de déceler les craquelures éventuelles avec un grossissement donné dans le tableau 2.

4.2.3 Specimen

A wire sample of at least 1 200 mm in length shall be removed from the spool with as little bending of the wire as possible. It shall be straightened by hand and cut into three pieces each of 400 mm length. Elongation by tools shall not be used. Unnecessary bending shall be avoided to minimize work hardening.

4.2.4 Procedure

The conductor diameter or thickness, multiplied by 40 determines the position of the slider on the lever arm. The specimen shall be tightened between the jaws with a force just sufficient to prevent slipping. The specimen shall be tightened in such a position as to allow bending the wire in the same direction as it was wound on the spool. The free end of the specimen shall exceed the slider knife edge by (12 ± 2) mm.

By means of the lever arm, starting at the initial position (the 30° scale mark, position 1), the wire shall be bent for 30° (the 0° scale mark, position 2). The total bending shall take between 2 s and 5 s. The specimen shall be held in this position for not more than 2 s and then returned in the reverse direction at the same angular rate at which it was bent, until the slider knife edge moves away from the wire specimen. The lever arm shall be raised again until the slider knife edge just contacts the wire specimen without bending it. In this position, the springback angle equals the reading on the scale of the graduated sector in line with the pointer on the lever arm (position 3).

Three specimens shall be tested. The single values shall be reported. The mean value represents springiness.

5 Test 8: Flexibility and adherence

Flexibility and adherence reflect the potential of the wire to withstand stretching, winding, bending or twisting without showing cracks or loss of adhesion of the insulation.

5.1 Mandrel winding test

5.1.1 Round wire

A straight piece of wire shall be wound for 10 continuous and adjacent turns around a polished mandrel of the diameter given in the relevant standard. The mandrel shall be rotated with a rate of 1 r/s to 3 r/s with a tension applied to the wire which is just sufficient to keep it in contact with the mandrel. Elongating or twisting the wire shall be avoided. Any suitable equipment shall be used.

5.1.1.1 Enamelled round wire with a nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm

If the relevant standard calls for pre-stretching before winding, the wire shall be elongated according to clause 3 to the specified percentage. After winding, the specimen shall be examined for cracks with the magnification as given in table 2.

Tableau 2 – Grossissement pour détecter les craquelures

Diamètre nominal du conducteur mm		Grossissement*
A partir de	Jusqu'à et y compris	
–	0,040	10 à 15 fois
0,040	0,500	6 à 10 fois
0,500	1,600	1 à 6 fois
* Une fois correspond à la vision normale.		

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les craquelures détectées doivent être notées.

5.1.1.2 Fil de section circulaire recouvert d'une enveloppe fibreuse

Après enroulement l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler l'apparition du conducteur nu à l'oeil nu ou avec un grossissement maximal de six fois.

Trois éprouvettes doivent être essayées. L'apparition du conducteur nu doit être notée.

5.1.1.3 Fil de section circulaire émaillé recouvert d'une enveloppe fibreuse

Après enroulement, l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler l'apparition du conducteur nu ou de l'émail sous-jacent à l'oeil nu ou avec un grossissement maximal de six fois.

Trois éprouvettes doivent être essayées. L'apparition du conducteur nu ou de l'émail sous-jacent doit être notée.

5.1.1.4 Fil de section circulaire recouvert d'un ruban

Après enroulement, l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles ou le pelage à l'oeil nu ou avec un grossissement maximal de six fois.

Trois éprouvettes doivent être essayées. L'apparition du conducteur nu ou le pelage doivent être notés.

5.1.2 Fil de section rectangulaire

Une longueur de fil droit de 400 mm environ doit être courbée à 180° sur un mandrin poli dont le diamètre est donné dans la norme appropriée dans deux directions en forme de S allongé. La partie droite entre les deux formes en U doit être d'au moins 150 mm. Il est recommandé d'éviter que l'éprouvette se voile ou prenne une forme irrégulière. La figure 4 décrit un appareil approprié.

Après courbure, l'isolant doit être examiné sous un grossissement de six à dix en vue de déceler: les craquelures éventuelles dans le cas d'un fil émaillé, l'apparition du conducteur nu ou de l'émail sous-jacent dans le cas d'un fil à enveloppe fibreuse, les craquelures et le pelage dans le cas d'un fil recouvert d'un ruban.

Six éprouvettes doivent être courbées, trois sur plat (sur l'épaisseur), trois sur chant (sur la largeur). Les craquelures détectées, le pelage, l'apparition du conducteur nu ou de l'émail sous-jacent doivent être notés quand le critère s'applique.

Table 2 – Magnification to detect cracks

Nominal conductor diameter mm		Magnification*
A partir de	Jusqu'à et y compris	
–	0,040	10 to 15 times
0,040	0,500	6 to 10 times
0,500	1,600	1 to 6 times
* One time expresses normal vision.		

Three specimens shall be tested. Any cracks detected shall be reported.

5.1.1.2 Fibre covered round wire

After winding, the specimen shall be examined for exposure of the bare conductor with normal vision or with a magnification of up to six times.

Three specimens shall be tested. Exposure of the bare conductor shall be reported.

5.1.1.3 Fibre covered enamelled round wire

After winding, the specimen shall be examined for exposure of the bare conductor or underlying coating with normal vision or with a magnification of up to six times.

Three specimens shall be tested. Exposure of the bare conductor or the underlying coating shall be reported.

5.1.1.4 Tape wrapped round wire

After winding, the specimen shall be examined for exposure of the bare conductor or delamination with normal vision or with a magnification of up to six times.

Three specimens shall be tested. Exposure of the bare conductor or any delamination shall be reported.

5.1.2 Rectangular wire

A straight piece of wire approximately 400 mm in length shall be bent through 180° round a polished mandrel of the diameter given in the relevant standard in two directions to form an elongated S-shape. The straight part between the U-shape bends shall be at least 150 mm. Care should be taken to ensure that the specimen does not buckle or depart from a uniform bend. A suitable apparatus is shown in figure 4.

After bending, the insulation shall be examined for cracks in case of enamelled wire, for exposure of the bare conductor or underlying coating in case of fibre covered wire and for exposure of the bare conductor and delamination in case of tape wrapped wire under a magnification of six to ten times.

Six specimens shall be bent, three flatwise (on the thickness) and three edgewise (on the width). It shall be reported, if the wire shows cracks or delamination, exposure of the bare conductor or underlying coating, whichever is applicable.

5.1.3 Fil toronné avec enveloppe

Une longueur de fil droit doit être enroulée de façon à former 10 spires continues sur un mandrin poli ayant le diamètre indiqué dans la norme appropriée avec la traction donnée en 3.2.5.3 de la CEI 60851-2. En l'enroulant autour du mandrin, il convient de s'assurer que le fil toronné n'est pas tordu à chaque tour.

Après l'enroulement, l'éprouvette doit être examinée à l'oeil nu en vue de déceler des ouvertures dans l'enveloppe.

Une éprouvette doit être essayée. La non-conformité de la texture de l'enveloppe doit être notée.

5.2 Essai d'étirement (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm)

Une longueur de fil droit doit être allongée conformément à l'article 3 au pourcentage spécifié dans la norme appropriée. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles ou les pertes d'adhérence à l'oeil nu ou avec un grossissement maximal de six fois.

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les craquelures détectées et/ou la perte d'adhérence doivent être notées.

5.3 Essai de traction brusque (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 1,000 mm)

Une longueur de fil droit doit être étirée brusquement à rupture ou jusqu'à l'allongement indiqué dans la norme appropriée à l'aide de l'appareil d'essai décrit à la figure 5 qui réalise la mesure sur une longueur libre comprise entre 200 mm et 250 mm. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles ou les pertes d'adhérence avec un grossissement donné dans le tableau 2. On ne doit pas tenir compte des parties situées à moins de 2 mm du point de rupture.

Trois éprouvettes doivent être essayées. Les craquelures détectées et/ou la perte d'adhérence doivent être notées.

5.4 Essai de pelage (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,000 mm)

Une longueur de fil droit doit être placée dans l'appareil d'essai décrit à la figure 6 consistant en deux dispositifs de fixation distants de 500 mm sur le même axe. L'un des dispositifs peut tourner. L'autre ne peut tourner mais peut se déplacer suivant l'axe; ce deuxième dispositif est chargé selon le tableau 3 pour appliquer une traction au fil lorsque ce dernier tourne.

Tableau 3 – Charge pour l'essai de pelage

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N
A partir de	Jusqu'à et y compris	
1,000	1,400	25
1,400	1,800	40
1,800	2,240	60
2,240	2,800	100
2,800	3,550	160
3,550	4,500	250
4,500	5,000	400

5.1.3 Covered bunched wire

A straight piece of wire shall be wound for ten continuous turns around a polished mandrel of the diameter given in the relevant standard and under a tension given in 3.2.5.3 of IEC 60851-2. Care should be taken not to twist the specimen for each revolution.

After winding, the specimen shall be examined by normal vision for openings in the covering.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if the wire does not show the required degree of closeness of the covering.

5.2 Stretching test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm)

A straight piece of wire shall be elongated according to clause 3 to the percentage specified in the relevant standard. After elongation, the specimen shall be examined for cracks or loss of adhesion with normal vision or with a magnification of up to six times.

Three specimens shall be tested. It shall be reported, if the wire shows cracks and/or loss of adhesion.

5.3 Jerk test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter up to and including 1,000 mm)

A straight piece of wire shall be rapidly stretched to the breaking point or to an elongation given in the relevant standard, with a test equipment shown in figure 5 providing a free measuring length of between 200 mm and 250 mm. After elongation, the specimen shall be examined for cracks or loss of adhesion under a magnification as given in table 2. A distance of 2 mm from the broken ends shall be disregarded.

Three specimens shall be tested. It shall be reported, if the wire shows cracks and/or loss of adhesion.

5.4 Peel test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,000 mm)

A straight piece of wire shall be placed in the test equipment shown in figure 6 consisting of two fixing devices 500 mm apart on the same axis. One of these is free to rotate. The other is not but can be displaced axially and is loaded according to table 3 to apply a tension to the rotating wire.

Table 3 – Load for peel test

Nominal conductor diameter mm		Load N
Over	Up to and included	
1,000	1,400	25
1,400	1,800	40
1,800	2,240	60
2,240	2,800	100
2,800	3,550	160
3,550	4,500	250
4,500	5,000	400

Au moyen d'un racloir comme celui de la figure 7, le revêtement doit être enlevé sur deux génératrices opposées du fil jusqu'au conducteur nu comme indiqué à la figure 8. La pression du racloir doit être suffisante pour enlever le revêtement et donner une surface propre et lisse à la limite revêtement/conducteur sans enlever une quantité appréciable de matériau conducteur. L'enlèvement du revêtement doit commencer à environ 10 mm de chacun des dispositifs de fixation. Le dispositif de fixation tournant doit être actionné à une vitesse comprise entre 60 tr/min et 100 tr/min jusqu'à ce que le nombre de tours R atteigne la valeur spécifiée dans la norme appropriée.

Après pelage et rotation, l'éprouvette doit être examinée en vue de déceler une perte d'adhérence. Le revêtement qui peut être enlevé du fil sans difficulté (par exemple avec l'ongle du pouce) doit être considéré comme ayant perdu son adhérence même s'il ne s'est pas complètement détaché du fil.

Une éprouvette doit être essayée. Une perte d'adhérence doit être notée.

5.5 Essai d'adhérence

Une longueur de fil droit de 300 mm environ doit être allongée conformément à l'article 3 du pourcentage spécifiée dans la norme appropriée.

5.5.1 Fil de section rectangulaire émaillé

Le revêtement doit être coupé selon le périmètre d'une section droite, sensiblement au milieu de la longueur mesurée qui sera soumise à l'allongement. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée quant à la perte d'adhérence sur le conducteur.

Une éprouvette doit être essayée. Si une perte d'adhérence, mesurée longitudinalement à partir de l'incision, est observée, elle doit être notée. La longueur de la perte d'adhérence doit être mesurée dans une seule direction à partir de l'incision. La valeur maximale relevée doit être notée après l'examen de tous les côtés de l'éprouvette.

5.5.2 Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'une enveloppe fibreuse imprégnée

L'isolant doit être retiré de toute la longueur du fil qui sera soumise à l'allongement à l'exception de la partie centrale de 100 mm. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée quant à la perte d'adhérence sur le conducteur.

Une éprouvette doit être essayée. La perte d'adhérence observée par le glissement de l'isolant le long du conducteur dans le cas des fils de section circulaire, ou par le décollement dans le cas des fils de section rectangulaire, doit être notée.

5.5.3 Fil de section circulaire ou rectangulaire émaillé recouvert d'une enveloppe fibreuse

Le revêtement doit être coupé selon le périmètre d'une section droite en deux points espacés de 100 mm dans la partie centrale du conducteur qui sera soumise à l'allongement. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée quant à la perte d'adhérence sur le conducteur.

Une éprouvette doit être essayée. La perte d'adhérence observée doit être notée.

5.5.4 Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'un ruban

Le revêtement doit être coupé selon le périmètre d'une section droite sensiblement au milieu de la longueur mesurée qui sera soumise à l'allongement. Après allongement, l'éprouvette doit être examinée quant à la perte d'adhérence sur le conducteur.

By means of a scraper as shown in figure 7, the coating shall be removed on opposite sides of the wire and along the wire axis down to the bare conductor as shown in figure 8. The pressure on the scraper shall be sufficient to remove the coating and leave a clean smooth surface at the coating/conductor interface without scraping off a significant quantity of conductor material. The removal of the coating shall commence about 10 mm from the fixing devices. The rotating device shall be driven at a speed of between 60 r/min and 100 r/min until the number of revolutions R as specified in the relevant standard has been reached.

After peeling and rotating, the specimen shall be examined for loss of adhesion. If the coating can be removed from the wire without difficulty (for example with the thumbnail), it shall be considered to have lost its adhesion even if it has not become completely detached from the wire.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if loss of adhesion is observed.

5.5 Adherence test

A straight piece of wire of about 300 mm length, shall be elongated in accordance with clause 3 to the percentage specified in the relevant standard.

5.5.1 Enamelled rectangular wire

Before elongation, the coating shall be cut circumferentially through to the conductor at a point approximately in the centre of the measured length. After elongation, the specimen shall be examined for loss of adhesion.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if loss of adhesion is observed, measured longitudinally from the cut. If so, the length of loss of adhesion shall be measured in one direction from the cut. The maximum value observed shall be reported after examining all sides of the specimen.

5.5.2 Impregnated fibre covered round and rectangular wire

Before elongation, the insulation shall be removed from all but the central 100 mm of the wire piece. After elongation, the specimen shall be examined for loss of adhesion.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if loss of adhesion is observed with the insulation sliding along the conductor in case of round wire or being detached in case of rectangular wire.

5.5.3 Fibre covered enamelled round and rectangular wire

Before elongation, the insulation shall be cut circumferentially at two places 100 mm apart in the centre of the wire piece through to the conductor. After elongation, the specimen shall be examined for loss of adhesion.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if loss of adhesion is observed.

5.5.4 Tape wrapped round and rectangular wire

Before elongation, the insulation shall be cut circumferentially through to the conductor at a point approximately in the centre of the measured length. After elongation, the specimen shall be examined for loss of adhesion.

Une éprouvette doit être essayée. Si une perte d'adhérence, mesurée longitudinalement à partir de l'incision, est observée, elle doit être notée. La longueur de la perte d'adhérence doit être mesurée dans une seule direction à partir de l'incision. La valeur maximale relevée doit être notée après l'examen de tous les côtés de l'éprouvette.

6 Essai 11: Résistance à l'abrasion (applicable au fil de section circulaire émaillé)

La résistance à l'abrasion est la force maximale que peut supporter un revêtement quand une aiguille racle le fil avec une force progressivement croissante.

6.1 Principe

Une longueur de fil droit est soumise à un essai d'abrasion unidirectionnelle au moyen d'une aiguille sur laquelle on applique une charge progressivement croissante et qui racle la surface du fil. La charge qui provoque un court-circuit électrique entre l'aiguille et le conducteur est appelée «charge de rupture».

6.2 Equipement

La figure 9 décrit une machine d'essai qui doit être utilisée. Cette machine doit être équipée d'un mécanisme ayant une action abrasive dans une seule direction à raison de (400 ± 40) mm/min. Le dispositif d'abrasion doit être constitué d'une corde à piano polie ou d'une aiguille de $(0,23 \pm 0,01)$ mm de diamètre placée entre deux mors qui maintiennent la corde à piano ou l'aiguille de façon rigide sans déformation ou courbure et à angle droit de la direction du mouvement. L'abrasion doit se faire dans la direction de l'axe du fil à essayer. Pour placer l'éprouvette, l'équipement doit comprendre deux mors sur l'enclume-support qui est abaissée quand un fil est mis en place dans les mors, et redressée.

L'équipement doit comprendre une alimentation en courant continu de $(6,5 \pm 0,5)$ V à appliquer entre le conducteur et la corde à piano ou l'aiguille. Le courant de court-circuit doit être limité à 20 mA, par exemple au moyen d'une résistance en série ou d'un relais. Le circuit doit être conçu de façon à détecter le court-circuit et à arrêter l'appareil quand la corde à piano ou l'aiguille est en contact avec le conducteur du fil sur environ 3 mm.

L'appareil doit comporter sur la partie inférieure du fléau une échelle graduée qui indique le facteur par lequel la charge initiale appliquée à la corde à piano ou à l'aiguille doit être multipliée pour donner la charge de rupture.

6.3 Procédure

Une longueur de fil droit doit être essuyée, placée dans l'appareil et redressée par un allongement maximal de 1 %. L'éprouvette doit alors être fixée par les mors, et l'enclume-support est amenée au contact de l'éprouvette. La charge initiale appliquée au dispositif d'abrasion doit être inférieure à 90 % de la charge minimale de rupture spécifiée dans la norme appropriée. La charge appliquée doit être telle que le conducteur soit mis à nu à une distance comprise entre 150 mm et 200 mm du point fixe du pivot. Le dispositif d'abrasion chargé doit être appliqué lentement sur la surface du fil puis l'action d'abrasion commence.

La valeur à laquelle l'appareil s'arrête est lue sur l'échelle graduée située à la partie inférieure du fléau. Le produit de cette valeur par la charge initiale appliquée doit être noté.

L'essai doit être répété deux fois sur la même éprouvette en faisant tourner le fil autour de son axe de 120° et 240° par rapport à la position initiale; les mêmes informations doivent être notées.

Une éprouvette doit être essayée. Les trois valeurs individuelles doivent être notées. La moyenne des valeurs est considérée comme la charge de rupture moyenne.

One specimen shall be tested. It shall be reported, if loss of adhesion is observed, measured longitudinally from the cut. If so, the length of loss of adhesion shall be measured in one direction from the cut. The maximum value observed shall be reported after examining all sides of the specimen.

6 Test 11: Resistance to abrasion (applicable to enamelled round wire)

Resistance to abrasion is determined as the maximum force which can be sustained when a needle scrapes along the wire under a progressively increasing force.

6.1 Principle

A straight piece of wire is subjected to a unidirectional scrape test, by a needle to which a progressively increasing load is applied and which scrapes along the wire surface. The load which causes an electrical contact of the needle with the conductor is called the load-to-failure.

6.2 Equipment

Test equipment as shown in figure 9 shall be used. It shall be provided with a mechanism to produce scraping action in one direction at a rate of (400 ± 40) mm/min. The scraping device shall contain a polished piano wire or a needle of $(0,23 \pm 0,01)$ mm diameter, located between two jaws which hold the piano wire or needle rigidly, without sagging or curvature and at right angles to the direction of stroke which shall be in the direction of the axis of the wire under test. For placing the specimen, the test equipment shall be provided with two clamping jaws over a supporting anvil which can be lowered while a wire is inserted into the jaws and straightened.

The test equipment shall provide a d.c. voltage of $(6,5 \pm 0,5)$ V to be applied between the conductor and the piano wire or the needle scraper. The short-circuit current shall be limited to 20 mA, for example by means of a series resistor or a relay. The circuit shall be designed to detect a short circuit and stop the equipment after the scraper is in contact with the conductor of the wire for about 3 mm.

The test equipment shall be provided with a graduated scale over the lower edge of the lever, which indicates the factor by which the initial load applied to the piano wire or to the needle has to be multiplied to determine the force-to-failure.

6.3 Procedure

A straight piece of wire shall be wiped clean, placed in the apparatus and straightened by a maximum of 1 % elongation. The specimen shall then be secured in the clamping jaws and the supporting anvil adjusted to contact the specimen. The initial force applied to the scraping device shall not exceed 90 % of the minimum force to failure specified in the relevant standard and shall lead to short circuit between scraper and conductor at a point between 200 mm and 150 mm from the fixed pivot point. The weighted scraping device shall be lowered slowly to the surface of the wire and the scraping action started.

The value at which the scraper stops shall be read on the graduated scale on the lower edge of the lever. The product of this value and the initial load applied shall be recorded.

The procedure shall be repeated twice on the same specimen, indexing around the periphery of the wire, once at 120° and once at 240° from the original position and the same information recorded.

One specimen shall be tested. The three single values shall be reported. The mean value represents the average force-to-failure.

7 Essai 18: Thermo-adhérence ou solvo-adhérence*

(applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal de conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus)

La thermo-adhérence ou solvo-adhérence est l'aptitude des spires d'un bobinage à se coller ensemble sous l'influence de la chaleur ou de solvant.

7.1 Collage résiduel vertical d'un bobinage hélicoïdal

Le collage résiduel vertical d'un bobinage hélicoïdal est l'aptitude qu'a un bobinage collé de conserver son intégrité quand une charge est appliquée à son extrémité inférieure.

7.1.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,050 mm inclus

La méthode d'essai fera l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

7.1.2 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus

7.1.2.1 Principe

Les spires d'un bobinage hélicoïdal de fil bobiné sur un mandrin sont mises sous pression à l'aide d'une charge et ensuite collées sous l'influence de la chaleur ou de solvant. Après collage, l'éprouvette est retirée du mandrin et suspendue en position verticale. Une charge est appliquée à l'extrémité inférieure pour vérifier si l'éprouvette supporte ou non la charge. Cette procédure est répétée à température élevée.

7.1.2.2 Epreuve

Une longueur de fil droit doit être bobinée sur un mandrin poli** de diamètre donné dans le tableau 4. Le bobinage doit avoir au minimum une longueur de 20 mm. La vitesse d'enroulement du mandrin doit être comprise entre 1 tr/s et 3 tr/s; la traction du bobinage ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau 4. Les extrémités du fil ne doivent pas être attachées de façon à permettre au bobinage de se détendre librement. Le bobinage toujours enroulé sur le mandrin doit être placé verticalement comme indiqué à la figure 10a) et avec une charge spécifiée dans le tableau 4. La charge ne doit pas adhérer au mandrin et on doit maintenir un espace entre la charge et le mandrin. L'ensemble doit être alors placé dans une étuve électrique à ventilation forcée à la température prescrite dans la norme appropriée pendant une durée de:

- 30 min pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,710 mm inclus;
- 1 h pour les fils de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,710 mm jusqu'à 2,000 mm inclus, sauf autre accord entre acheteur et fournisseur.

Après refroidissement à température ambiante, le bobinage doit être retiré du mandrin.

7.1.2.3 Procédure à température ambiante

Une éprouvette doit être suspendue par l'une de ses extrémités (voir figure 10b) et chargée comme prescrit dans la norme appropriée. Tout choc supplémentaire doit être évité lorsqu'on applique la charge.

Trois éprouvettes doivent être essayées. On doit noter si des spires, autres que la première et la dernière, sont séparées. On doit noter la température à laquelle le collage est réalisé.

* Cette méthode d'essai sera étendue ultérieurement au collage par solvant.

** Un mandrin d'acier convient aux fils les plus gros. Pour les fils les plus fins, des mandrins en cuivre peuvent faciliter le retrait du bobinage sur le mandrin en étirant le mandrin pour en réduire le diamètre.

7 Test 18: Heat or solvent bonding*

(applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 2,000 mm)

Heat or solvent bonding is the potential of the windings of a coil to bond together under the influence of heat or solvent.

7.1 Vertical bond retention of a helical coil

Vertical bond retention of a helical coil is the potential of the bonded coil to maintain its coherence when a load is applied to its lower end.

7.1.1 Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm

The method of test is to be agreed upon between purchaser and supplier.

7.1.2 Nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 2,000 mm

7.1.2.1 Principle

The turns of a helical coil of the wire wound on a mandrel are pressed together by applying a load and then bonded by means of heat or solvent. After bonding, the specimen is removed from the mandrel and suspended in a vertical position with a load applied at the lower end to determine whether the specimen withstands a specified load or not. This procedure is repeated at an elevated temperature.

7.1.2.2 Specimen

A straight piece of wire shall be wound on a polished mandrel** of a diameter according to table 4. The coil shall have a minimum length of 20 mm. The winding rate shall be between 1 r/s and 3 r/s with an applied winding force not exceeding the values in table 4. In order to allow the coil to relax freely, the ends of the wire shall not be fastened. The coil on the mandrel shall be positioned vertically as shown in figure 10a) with a load applied as specified in table 4. The weight shall not stick to the mandrel, and there shall be a clearance between the weight and the mandrel. This arrangement shall then be placed in an oven with forced air circulation at a temperature specified in the relevant standard for a period of:

- 30 min for wires with a nominal conductor diameter up to and including 0,710 mm;
- 1 h for wires with a nominal conductor diameter over 0,710 mm up to and including 2,000 mm, unless otherwise agreed upon between purchaser and supplier.

After cooling to room temperature, the coil shall be removed from the mandrel.

7.1.2.3 Procedure at room temperature

A specimen shall be suspended by one of its ends (see figure 10b) and loaded as required in the relevant standard. The load shall be applied in a way which avoids any additional shock.

Three specimens shall be tested. It shall be reported, if turns other than the first and the last are separated. The temperature for bonding the specimen shall be reported.

* This method of test will be extended to solvent bonding at a later stage.

** A steel mandrel is satisfactory for larger diameter wires. For smaller wires, copper mandrels may assist in the removal of the coil from the mandrel by stretching the mandrel to reduce its diameter.

7.1.2.4 Procédure à température élevée

Une éprouvette doit être suspendue par l'une de ses extrémités (voir figure 10b) et chargée comme spécifié dans le tableau 5. Tout choc supplémentaire doit être évité lorsqu'on applique la charge. L'éprouvette avec sa charge doit être placée pendant 15 min dans une étuve à ventilation forcée à la température spécifiée dans la norme appropriée.

Trois éprouvettes doivent être essayées. On doit noter si des spires autres que la première et la dernière sont séparées. On doit noter la température à laquelle a été réalisé le collage

Tableau 4 – Préparation des bobinages hélicoïdaux

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin mm	Traction maximale de bobinage N	Charge appliquée au bobinage pendant le collage N
A partir de	Jusqu'à et y compris			
0,050	0,071	1	0,05	0,05
0,071	0,100	1	0,05	0,05
0,100	0,160	1	0,12	0,15
0,160	0,200	1	0,30	0,25
0,200	0,315	2	0,80	0,35
0,315	0,400	3	0,80	0,50
0,400	0,500	4	2,00	0,75
0,500	0,630	5	2,00	1,25
0,630	0,710	6	5,00	1,75
0,710	0,800	7	5,00	2,00
0,800	0,900	8	5,00	2,50
0,900	1,000	9	5,00	3,25
1,000	1,120	10	12,00	4,00
1,120	1,250	11	12,00	4,50
1,250	1,400	12	12,00	5,50
1,400	1,600	14	12,00	6,50
1,600	1,800	16	30,00	8,00
1,800	2,000	18	30,00	10,00

7.1.2.4 Procedure at elevated temperature

A specimen shall be suspended by one of its ends (see figure 10b) and loaded as specified in table 5. The load shall be applied in a way which avoids any additional shock. The specimen with its load shall be placed in an oven with forced air circulation for 15 min at a temperature as specified in the relevant standard.

Three specimens shall be tested. It shall be reported, if turns other than the first and the last are separated. The temperature for bonding the specimen shall be reported.

Table 4 – Preparation of helical coils

Nominal conductor diameter mm		Diameter of the mandrel	Maximum winding force	Load on the coil during bonding
Over	Up to and including	mm	N	N
0,050	0,071	1	0,05	0,05
0,071	0,100	1	0,05	0,05
0,100	0,160	1	0,12	0,15
0,160	0,200	1	0,30	0,25
0,200	0,315	2	0,80	0,35
0,315	0,400	3	0,80	0,50
0,400	0,500	4	2,00	0,75
0,500	0,630	5	2,00	1,25
0,630	0,710	6	5,00	1,75
0,710	0,800	7	5,00	2,00
0,800	0,900	8	5,00	2,50
0,900	1,000	9	5,00	3,25
1,000	1,120	10	12,00	4,00
1,120	1,250	11	12,00	4,50
1,250	1,400	12	12,00	5,50
1,400	1,600	14	12,00	6,50
1,600	1,800	16	30,00	8,00
1,800	2,000	18	30,00	10,00

Tableau 5 – Collage résiduel à température élevée

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N	Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N
A partir de	Jusqu'à et y compris		A partir de	Jusqu'à et y compris	
0,050	0,071	0,04	0,800	0,900	2,60
0,071	0,100	0,06	0,900	1,000	3,20
0,100	0,160	0,09	1,000	1,120	3,80
0,160	0,200	0,19	1,120	1,250	4,40
0,200	0,315	0,25	1,250	1,400	4,90
0,315	0,400	0,55	1,400	1,600	6,40
0,400	0,500	0,80	1,600	1,800	7,90
0,500	0,630	1,20	1,800	2,000	7,90
0,630	0,710	1,70			
0,710	0,800	2,10			

7.2 Force de collage d'un bobinage torsadé

La force de collage est la force maximale nécessaire pour briser un bobinage torsadé.

7.2.1 Principe

Un bobinage en vrac est réalisé avec le fil. Il est de forme ovale, torsadé et collé par l'application d'un courant continu. Cette éprouvette a la forme d'une tige qui est essayée sur une machine d'essai de traction. L'essai est réalisé en position horizontale de façon à obtenir la force de déviation maximale nécessaire à la rupture de la tige. Cet essai doit être répété à température élevée.

NOTE – Cet essai est semblable à la méthode A (essai de bobinage torsadé) donnée en 2.1 de la CEI 61033, et est fondé sur le même principe. Il est différent de la méthode A de la CEI 61033 par les conditions de torsion et de collage de l'éprouvette et par la dimension du fil; la méthode A de la CEI 61033 spécifie que le diamètre nominal du conducteur du fil utilisé doit être de 0,315 mm.

7.2.2 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un appareil à bobiner conforme aux figures 11a et 11b;
- un appareil de torsion conforme à la figure 13;
- un appareil d'essai de traction conforme à ISO 178 avec un support conforme à la figure 13;
- un transformateur de courant continu fournissant un courant de sortie constant d'une capacité minimale de 50 V et 15 A;
- associé à l'appareil d'essai de traction, une étuve à ventilation forcée qui doit maintenir la température d'essai dans les limites de ± 2 °C et qui doit permettre le chauffage simultané d'au moins cinq éprouvettes à la température d'essai, en 5 min à 10 min.

7.2.3 Eprouvette

Un bobinage en vrac doit être réalisé avec le fil en utilisant l'appareil à bobiner conformément aux figures 11a et 11b. Le nombre de spires doit être calculé comme suit:

Table 5 – Bond retention at elevated temperature

Nominal conductor diameter mm		Load N	Nominal conductor diameter mm		Load N
Over	Up to and including		Over	Up to and including	
0,050	0,071	0,04	0,800	0,900	2,60
0,071	0,100	0,06	0,900	1,000	3,20
0,100	0,160	0,09	1,000	1,120	3,80
0,160	0,200	0,19	1,120	1,250	4,40
0,200	0,315	0,25	1,250	1,400	4,90
0,315	0,400	0,55	1,400	1,600	6,40
0,400	0,500	0,80	1,600	1,800	7,90
0,500	0,630	1,20	1,800	2,000	7,90
0,630	0,710	1,70			
0,710	0,800	2,10			

7.2 Bond strength of a twisted coil

Bond strength is the maximum force required to break the twisted coil.

7.2.1 Principle

A random wound coil prepared from the wire is formed to an oval shape, twisted and then bonded by applying a d.c. current. This specimen produces a rod, which is tested in a tensile testing equipment in a horizontal position to obtain the maximum deflection force to break this rod. The test shall be repeated at elevated temperature.

NOTE – This test is similar to method A, twisted coil test, given in 2.1 of IEC 61033, and is based on the same principle. It differs from method A of IEC 61033 with respect to twisting and bonding the specimen and with respect to wire sizes. It permits the testing of different wire sizes, whereas method A of IEC 61033 specifies that a wire of a nominal conductor diameter of 0,315 mm shall be used.

7.2.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- coil winder in accordance with figures 11a and 11b;
- coil twister in accordance with figure 13;
- tensile test equipment in accordance with ISO 178 with a support complying with figure 13;
- d.c. supply unit providing a constant current output with a capacity of minimum 50 V and 15 A;
- attached to the tensile test equipment, an oven with forced air circulation, which shall maintain the test temperature within a tolerance of ± 2 °C and which shall allow heating at least five specimens simultaneously within 5 min to 10 min to the test temperature.

7.2.3 Specimen

A random wound coil shall be prepared from the wire using a winding equipment according to figures 11a and 11b. The number of windings shall be calculated as:

$$N = \frac{100 \times 0,315^2}{d^2}$$

où d est le diamètre nominal du conducteur du fil à essayer.

NOTE – Pour un diamètre nominal de conducteur de $d = 0,315$ mm, N est égal à 100 spires. Pour les autres valeurs de d , l'équation ci-dessus donne un nombre N qui donne la même section totale de conducteur que pour $N = 100$ et $d = 0,315$ mm.

Pour éviter l'ouverture du bobinage après l'avoir retiré de l'appareil à bobiner, chaque extrémité du fil (ou de petits morceaux de fil émaillé) doit être enroulé autour du bobinage deux ou trois fois en directions opposées. Dans ce but, l'appareil à bobiner possède des encoches (voir figure 11b).

Les dimensions suivantes doivent être utilisées pour le bobinage:

- diamètre d'enroulement: (57 ± 0,1) mm;
- largeur de la rainure: (5 ± 0,5) mm.

Après avoir été retiré de l'appareil à bobiner, le bobinage doit être formé en ovale (voir figure 12) puis torsadé sur l'appareil à torsader dans son axe longitudinal conformément à la figure 13. Ce dispositif permet d'appliquer une charge mécanique au bobinage pendant qu'il est torsadé et ensuite collé. Cette charge doit être de 100 N. Le bobinage doit être torsadé de deux tours et demi avec retour en arrière de un demi-tour. Pendant que la charge mécanique est maintenue sur l'appareil à torsader, l'éprouvette doit être collée par l'application d'un courant continu au fil. Le courant doit être choisi de façon que le collage de l'éprouvette se fasse entre 30 s et 60 s.

NOTE – L'utilisation du courant continu permet de déterminer facilement la température moyenne de l'éprouvette à la fin de la période de chauffage (voir annexe A).

L'éprouvette est une tige d'environ 7 mm de diamètre et de 85 mm à 90 mm de long.

7.2.4 Procédure

Le bobinage torsadé est correctement placé sur le support conformément à la figure 14; la force de collage de l'éprouvette doit alors être déterminée en réglant la vitesse de la tête d'appui transversal de façon que la force de déviation maximale soit obtenue après 1 min environ.

Pour les mesures à température élevée, l'éprouvette doit être placée dans une étuve préchauffée à la température spécifiée. L'éprouvette doit être contrôlée après avoir atteint la température de l'étuve sans que la durée dans l'étuve dépasse 15 min.

7.2.5 Résultats

Pour chaque température, cinq éprouvettes doivent être essayées. Les cinq valeurs individuelles pour chaque température doivent être notées. La moyenne des valeurs représente la force de collage. Le diamètre nominal du conducteur, le nombre de spires du bobinage, les conditions de collage du bobinage torsadé doivent aussi être notées.

$$N = \frac{100 \times 0,315^2}{d^2}$$

where d is the nominal conductor diameter of the wire under test.

NOTE – For a nominal conductor diameter of $d = 0,315$ mm, N represents 100 turns. For other values of d , the above equation will lead to a number N , which gives the same total conductor cross-section as $N = 100$ and $d = 0,315$ mm.

To prevent opening of the coil after removal from the winding equipment, each end of the wire (or short pieces of enamelled wire) shall be wrapped around the coil two or three times at opposite positions. For this purpose, the winding equipment is provided with appropriate notches (see figure 11b).

For winding the coil, the following dimensions shall apply:

- winding diameter: $(57 \pm 0,1)$ mm;
- width of slot: $(5 \pm 0,5)$ mm.

After removal from the winding equipment, the coil shall be formed to an oval shape (see figure 12) and then twisted in a twisting device around its longitudinal axis according to figure 13. This device allows application of a mechanical load to be applied to the coil while it is twisted and subsequently bonded. This load shall be 100 N. The coil shall be twisted for two and a half turns and then half a turn in the reverse direction. While held under a mechanical load in the twisting device, the specimen shall be bonded by applying a constant d.c. current to the wire. A current shall be chosen that bonds the specimen within a period of 30 s to 60 s.

NOTE – Since d.c. current is used, it allows an easy approach to determine the average temperature of the specimen at the end of the heating period (see annex A).

The specimen is a rod of about 7 mm diameter and 85 mm to 90 mm in length.

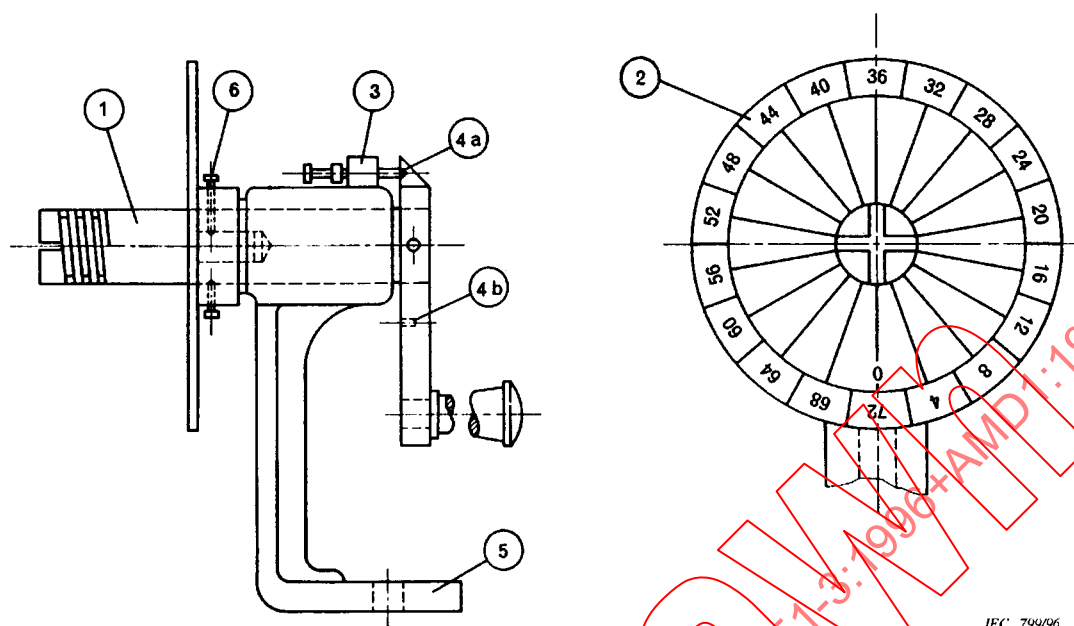
7.2.4 Procedure

With the specimen properly positioned on a support according to figure 14, the bond strength of the specimen shall be determined by adjusting the crosshead speed so that the maximum deflection force is reached in about 1 min.

For tests at elevated temperature, the specimen shall be placed in the oven preheated to the specified temperature. The specimen shall be tested after it has reached the oven temperature but not later than 15 min after being placed in the oven.

7.2.5 Result

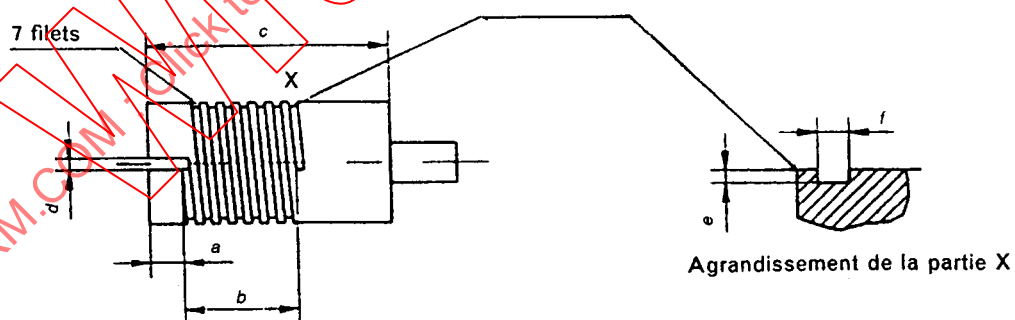
For each temperature, five specimens shall be tested. The five single values shall be reported for each test temperature. The mean value represents the bond strength. The nominal conductor diameter, the number of turns of the coil and the bonding conditions of specimens shall also be reported.



IEC 799/96

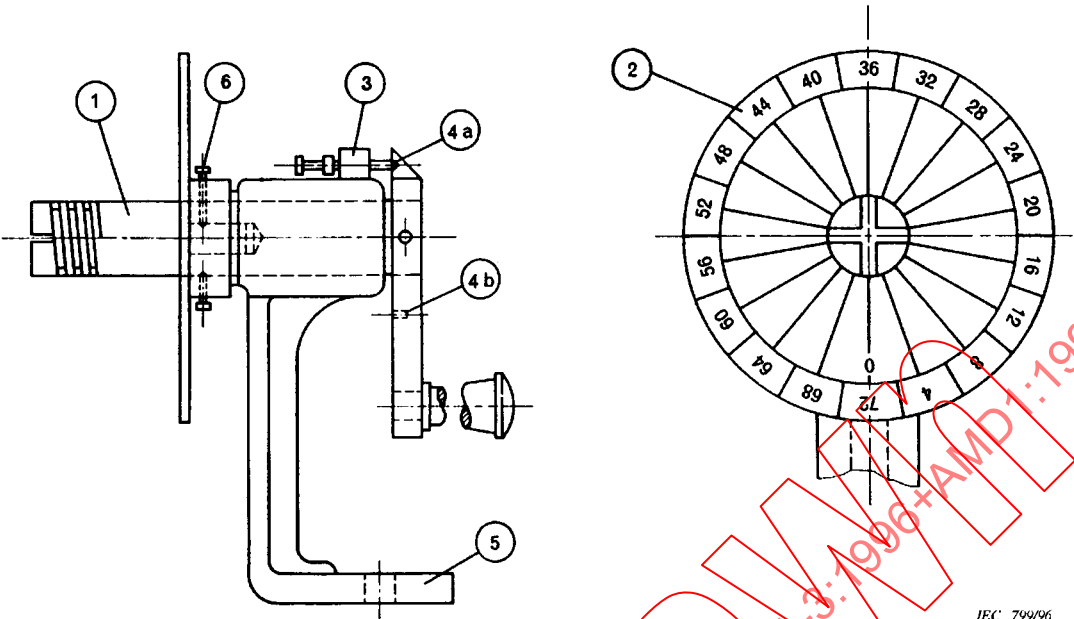
- 1 = mandrin
- 2 = cadran
- 3 = dispositif de verrouillage
- 4 = dispositif de verrouillage
- 5 = base
- 6 = vis de fixation du mandrin

Figure 1 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort



IEC 800/96

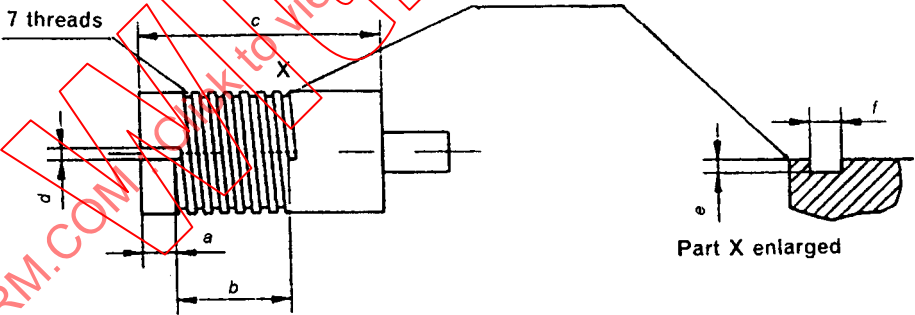
Figure 2 – Construction et détails du mandrin (voir le tableau I)



IEC 799/96

- 1 = mandrel
- 2 = dial
- 3 = locking device
- 4 = locking device
- 5 = base-plate
- 6 = mandrel-fixing screw

Figure 1 – Test equipment to determine spinginess



IEC 800/96

Figure 2 – Construction and details of the mandrel (see table 1)

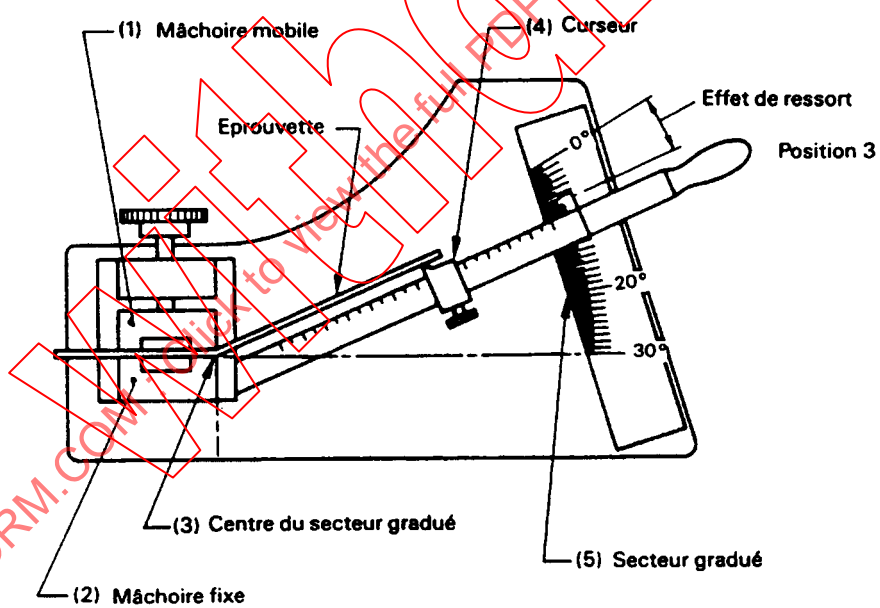
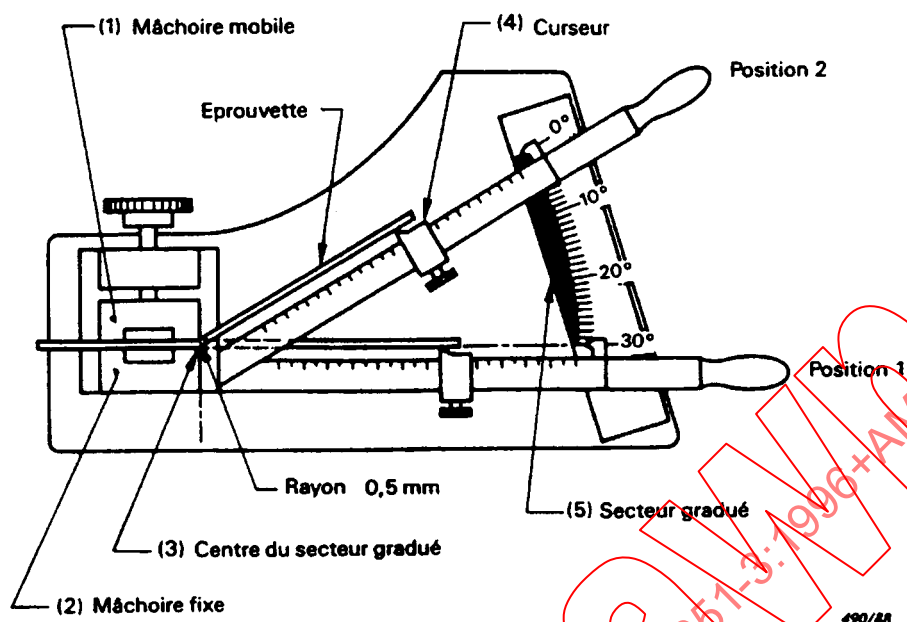


Figure 3 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort

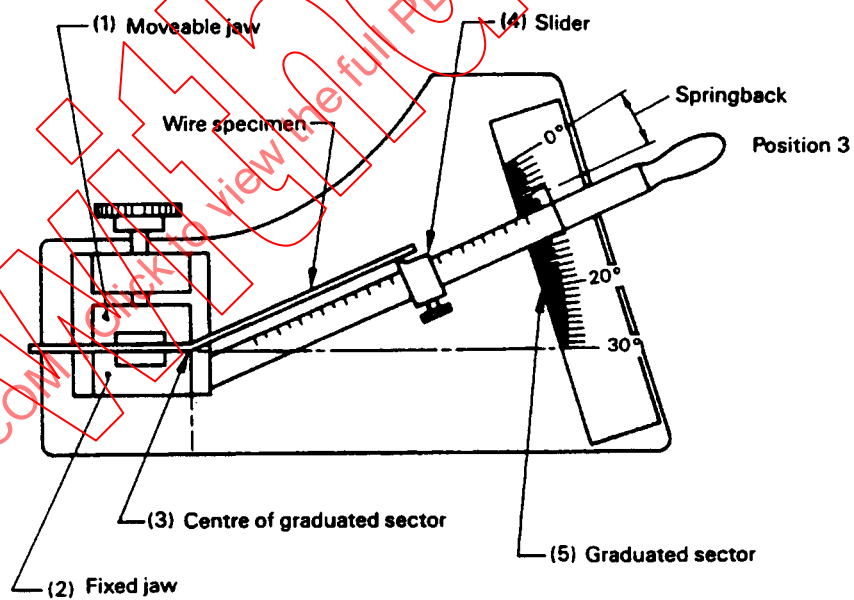
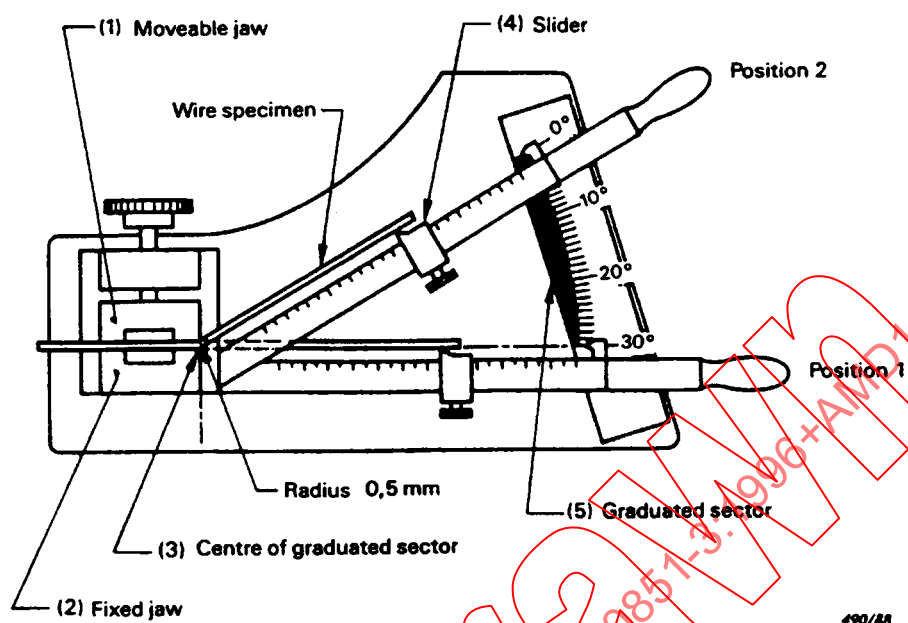
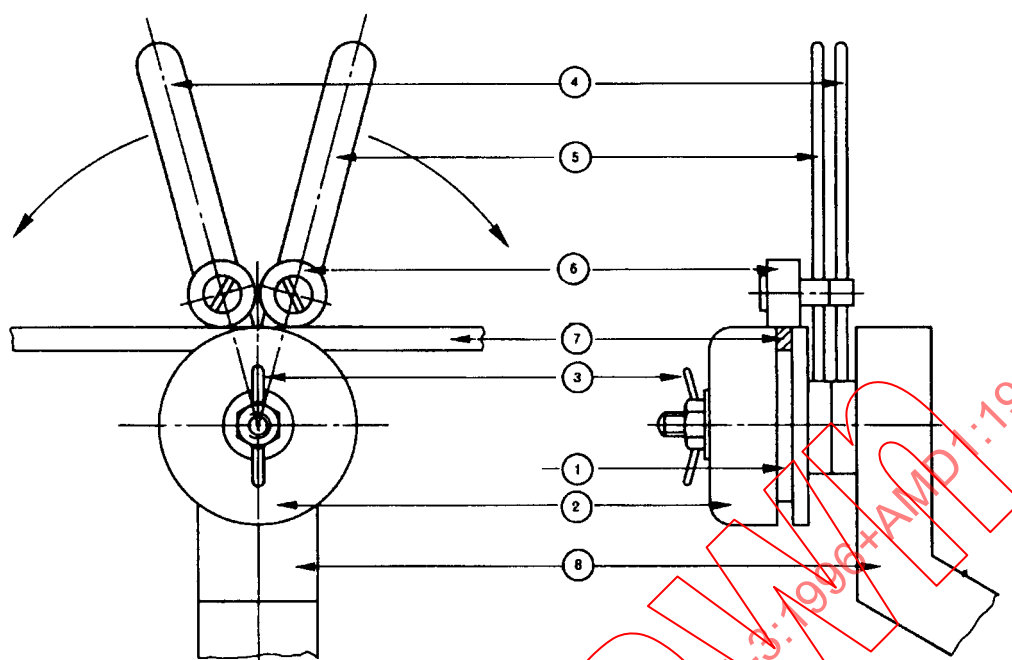


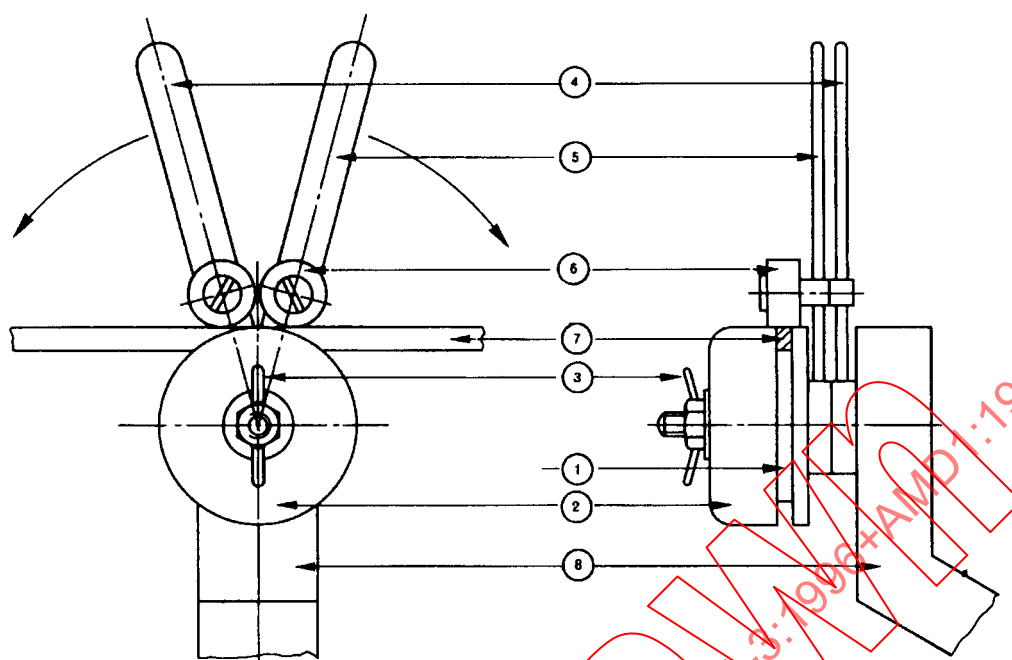
Figure 3 – Test equipment to determine springiness



IEC 801/96

- 1 = mandrin
- 2 = collier de serrage du mandrin
- 3 = écrou
- 4 = levier
- 5 = levier
- 6 = roulement à bille
- 7 = éprouvette
- 8 = support

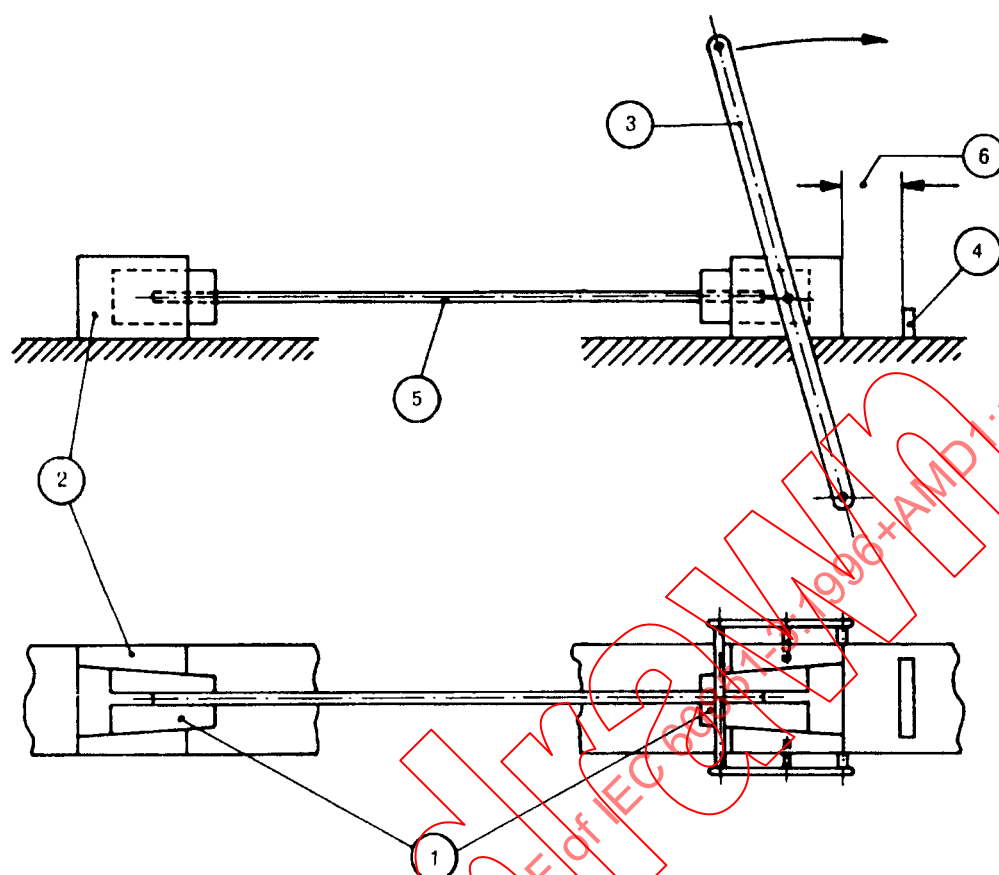
Figure 4 – Appareil d'essai d'enroulement sur mandrin



IEC 801/96

- 1 = mandrel
- 2 = mandrel clamping collar
- 3 = winding nut
- 4 = lever
- 5 = lever
- 6 = ball bearing
- 7 = specimen
- 8 = support

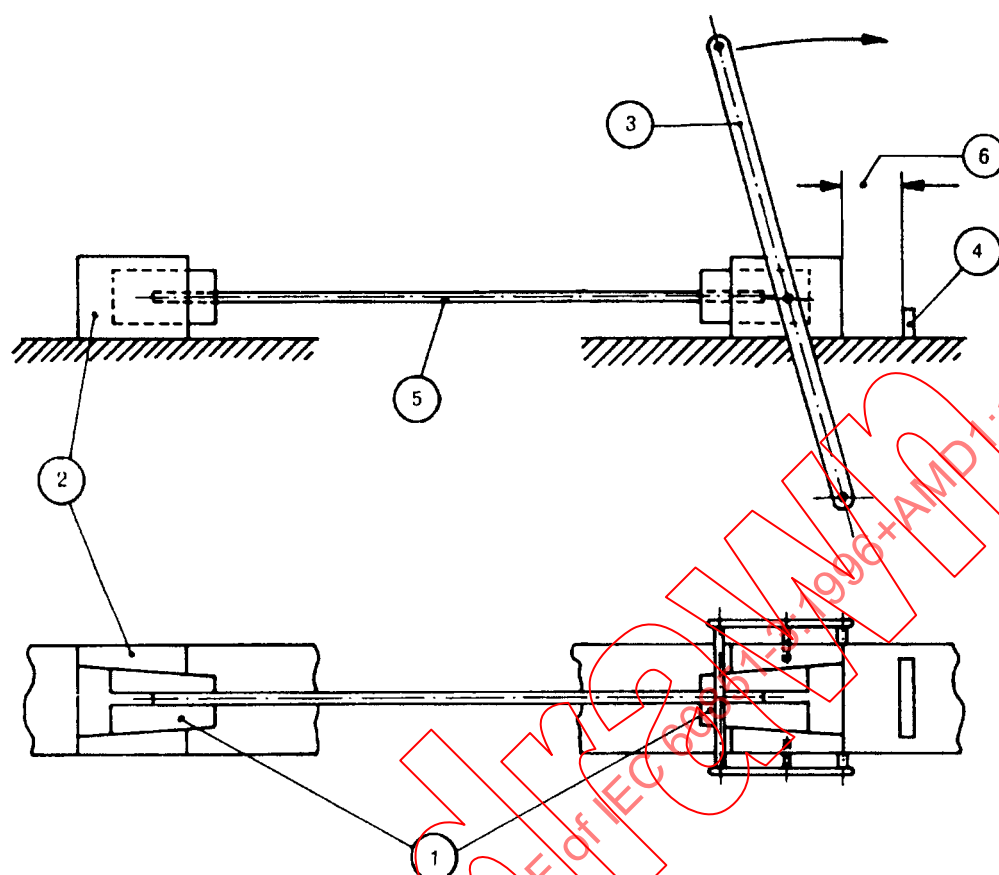
Figure 4 – Test equipment for mandrel winding test



IEC 802/96

- 1 = coins de serrage (mordaches)
- 2 = partie fixe des mâchoires
- 3 = bras de levier
- 4 = arrêt réglable
- 5 = éprouvette
- 6 = allongement spécifié

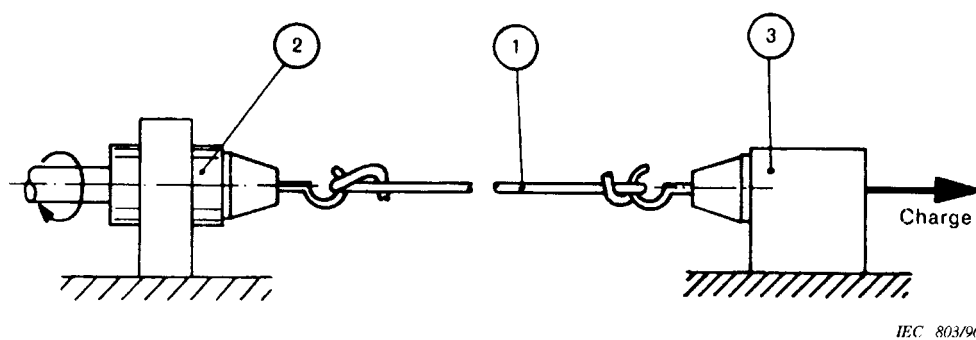
Figure 5 – Appareil pour l'essai de traction brusque



IEC 802/96

- 1 = wedge grips (clamps)
- 2 = fixed jaw set
- 3 = lever arm
- 4 = adjustable stop
- 5 = specimen
- 6 = specified elongation

Figure 5 – Test equipment for jerk test



- 1 = éprouvette
- 2 = mordache tournante
- 3 = mordache fixe

Figure 6 – Appareil pour l'essai de pelage

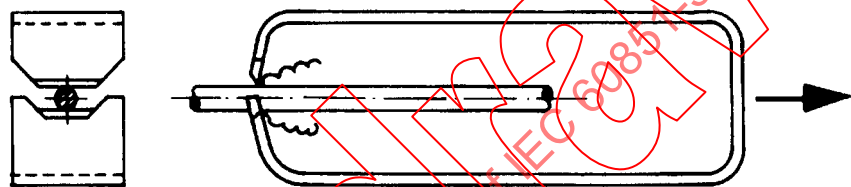


Figure 7 – Racloir

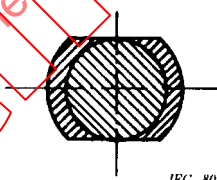
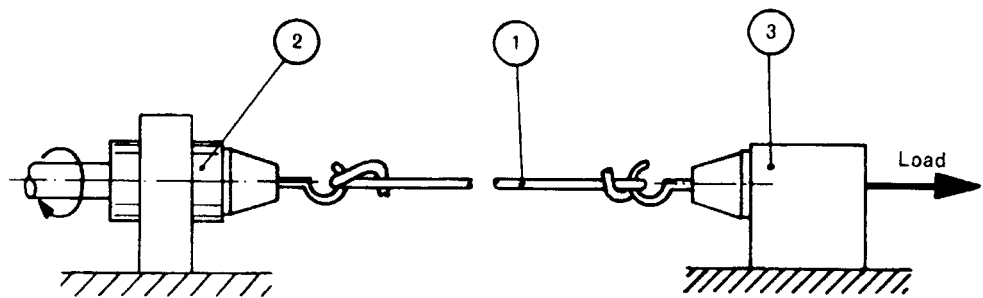


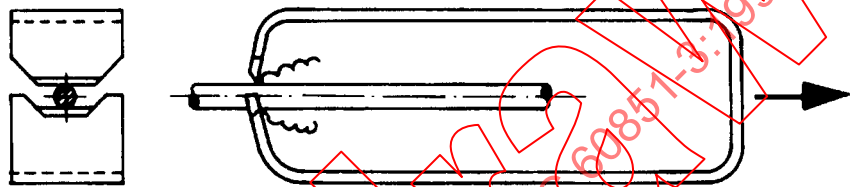
Figure 8 – Section droite du fil dont on a retiré l'émail



IEC 803/96

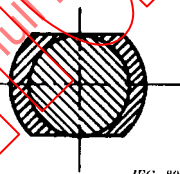
- 1 = specimen
- 2 = rotary clamp
- 3 = fixed clamp

Figure 6 – Test equipment for peel test



IEC 804/96

Figure 7 – Scraper



IEC 805/96

Figure 8 – Cross-section of the wire after removal of the coating

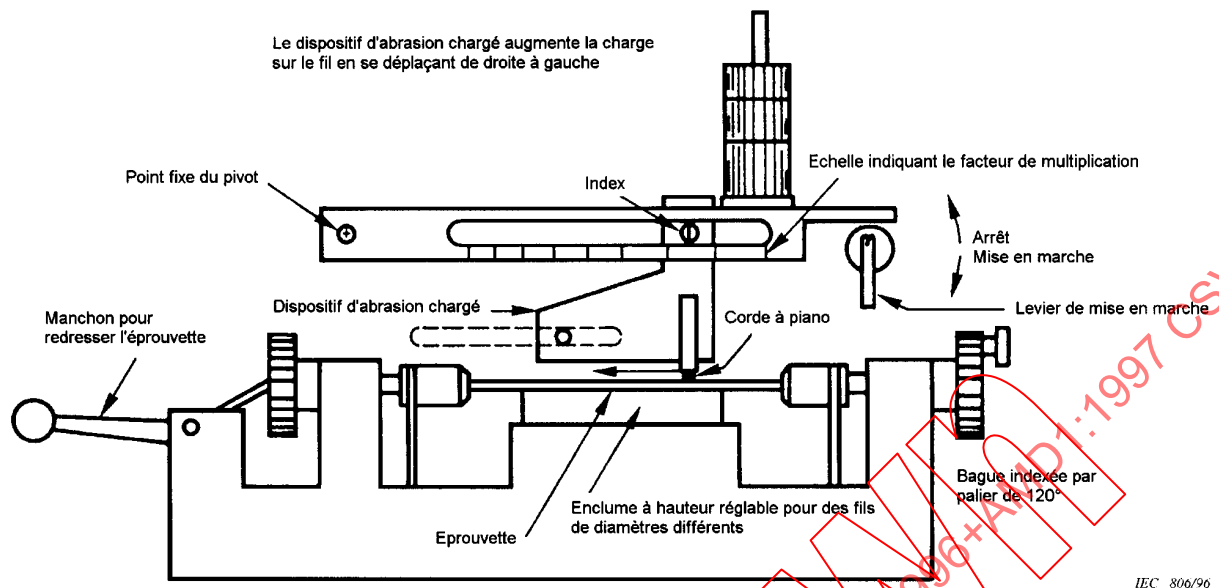


Figure 9 – Appareil pour l'essai d'abrasion unidirectionnelle

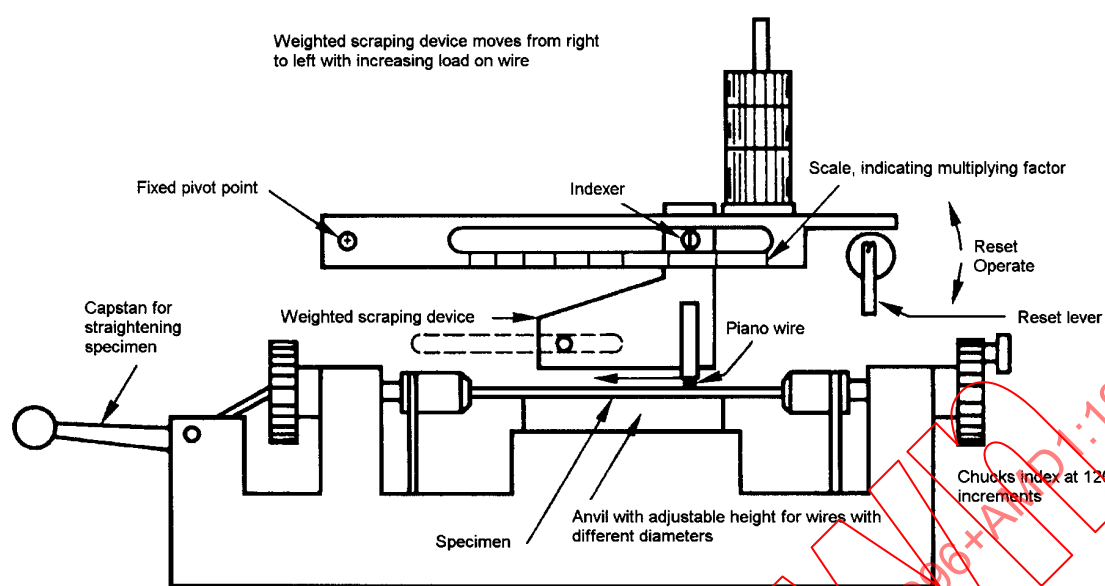
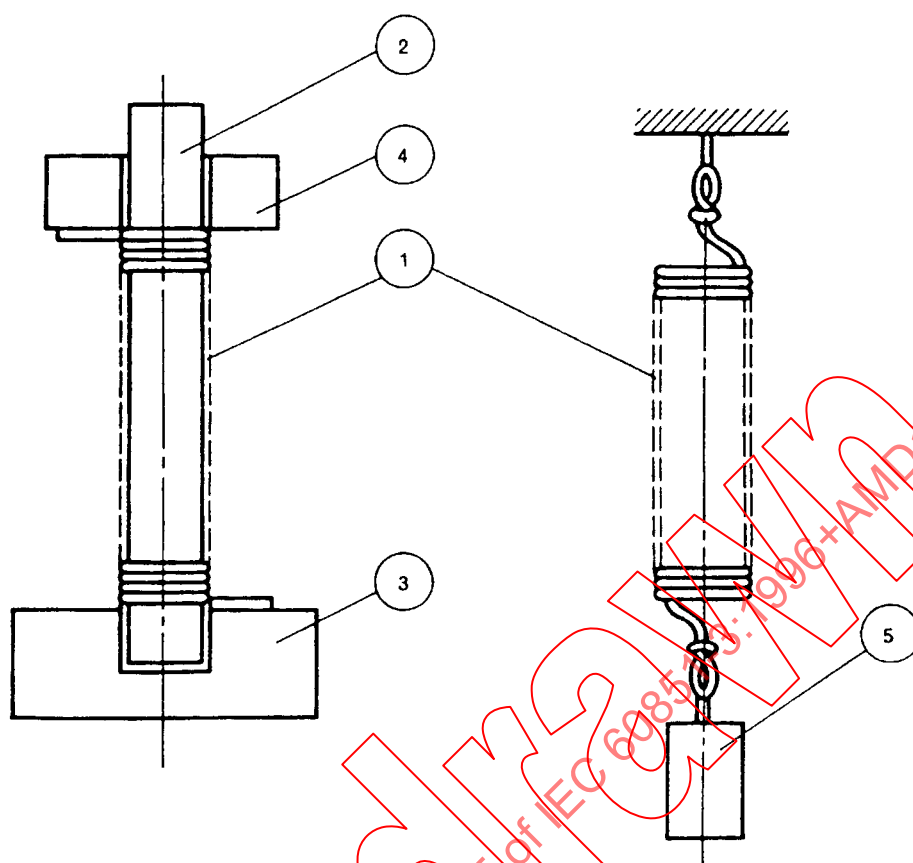


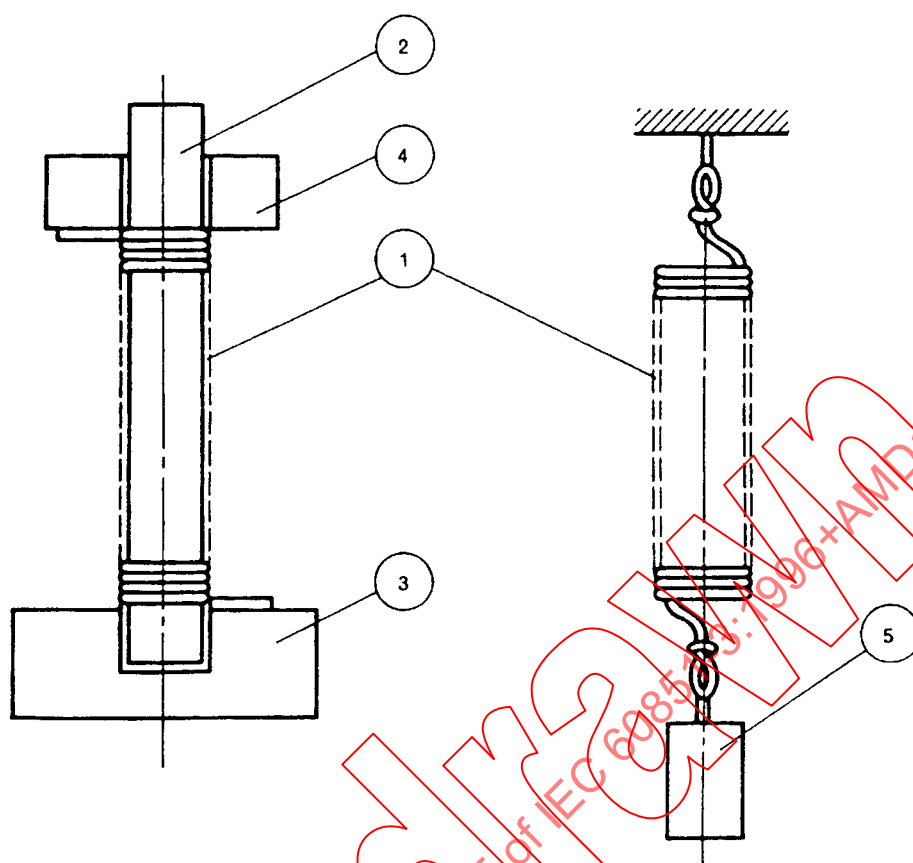
Figure 9 – Test equipment for unidirectional scrape test



IEC 807/96

- 1 = bobinage
- 2 = mandrin
- 3 = support de mandrin
- 4 = poids
- 5 = charge de séparation

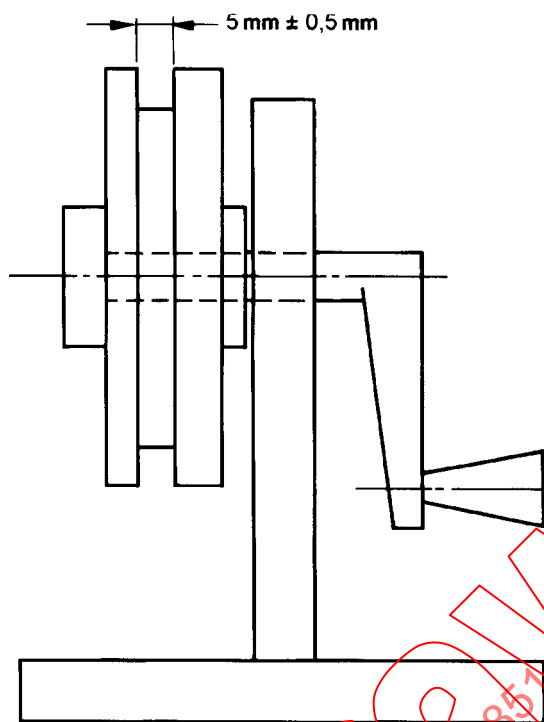
Figure 10 – Dispositifs pour l'essai de thermo-adhérence



IEC 807/96

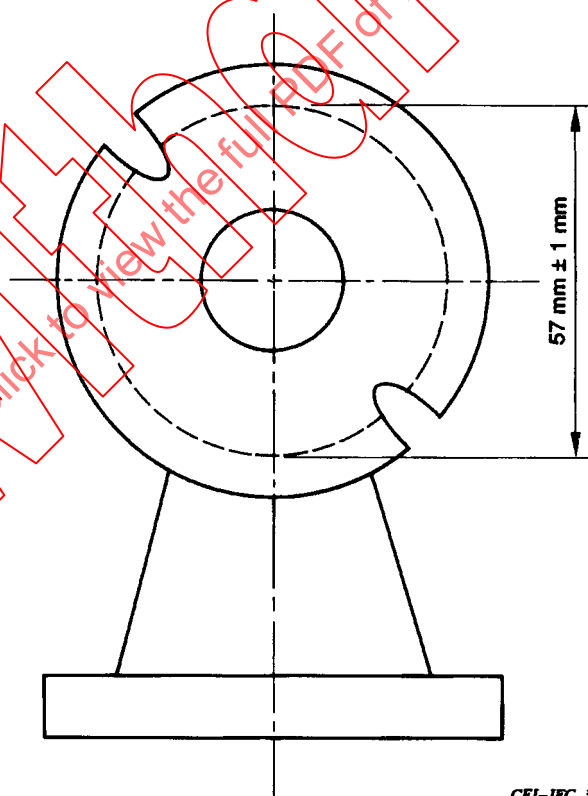
- 1 = coil
- 2 = mandrel
- 3 = mandrel-holder
- 4 = weight
- 5 = separating load

Figure 10 – Test equipment for bond retention of a helical coil



IEC 808/96

Figure 11a – Dispositif de bobinage



CEI-IEC 318/91

Figure 11b – Dispositif de bobinage, vue de face

Figure 11 – Dispositif de bobinage

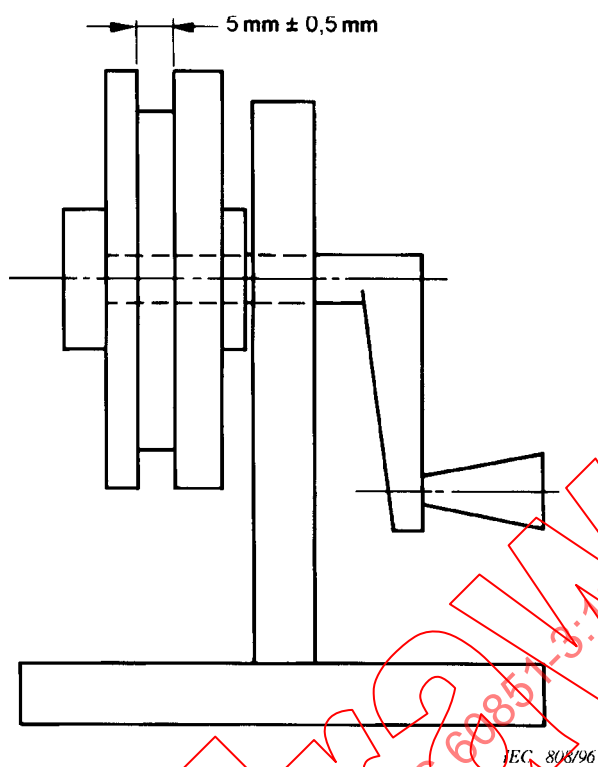


Figure 11a – Coil winder

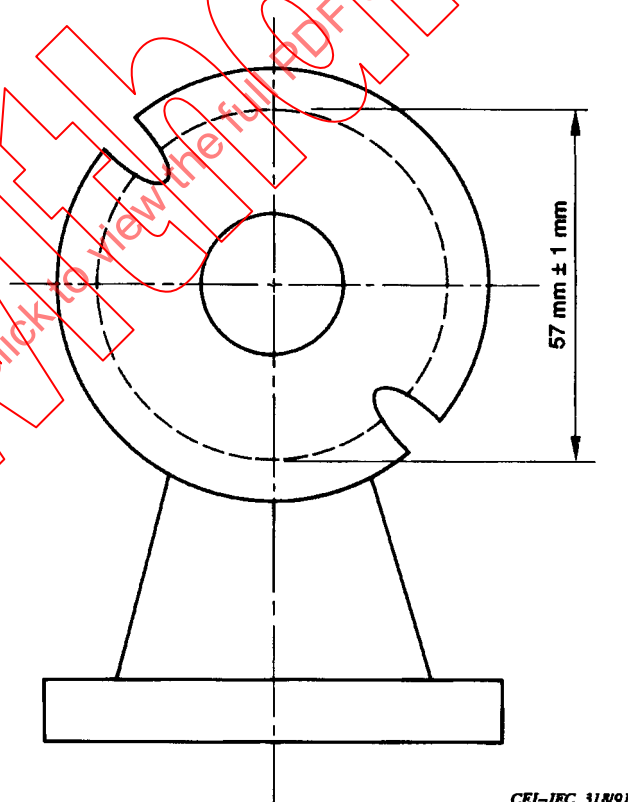
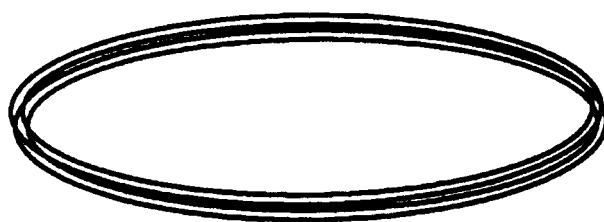


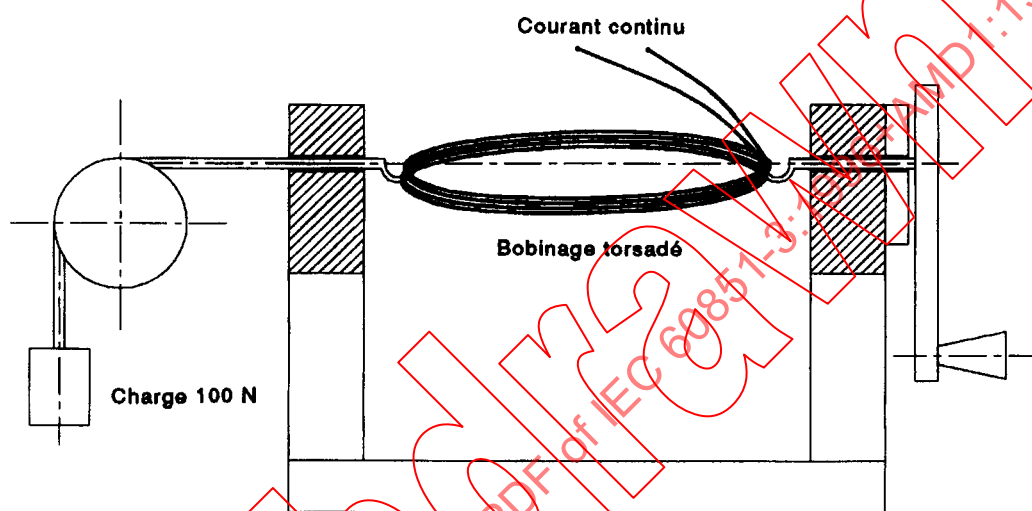
Figure 11b – Coil winder, front view

Figure 11 – Coil winder



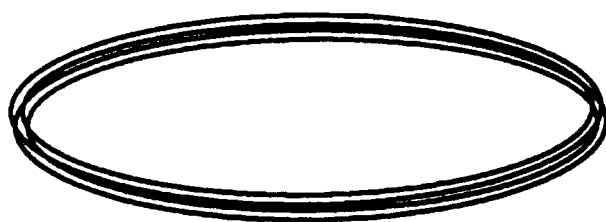
CEI-IEC 319/91

Figure 12 – Bobine de forme ovale



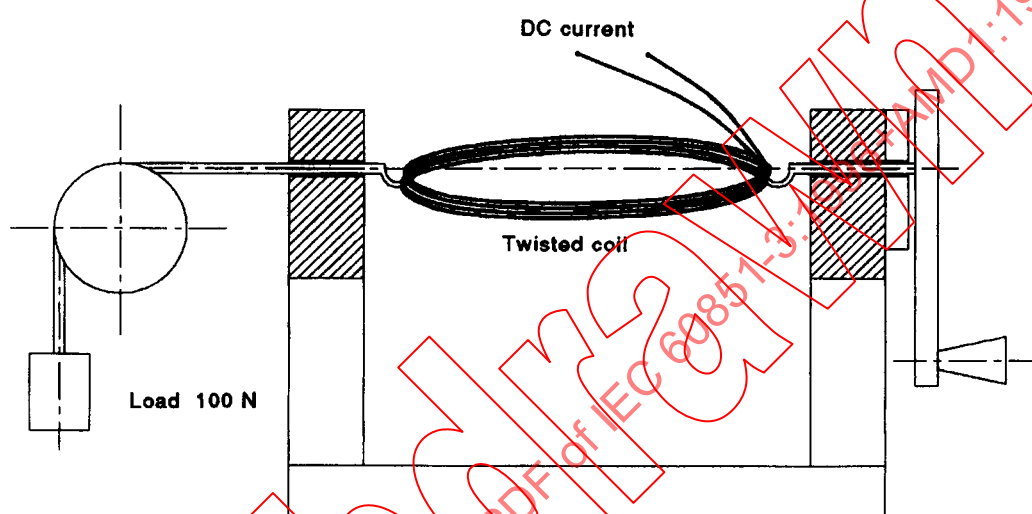
CEI-IEC 680/92

Figure 13 – Dispositif de torsion avec une charge appliquée au bobinage torsadé



CEI-IEC 319/91

Figure 12 – Oval shape coil



CEI-IEC 680/92

Figure 13 – Twisting device with a load applied to the twisted coil specimen

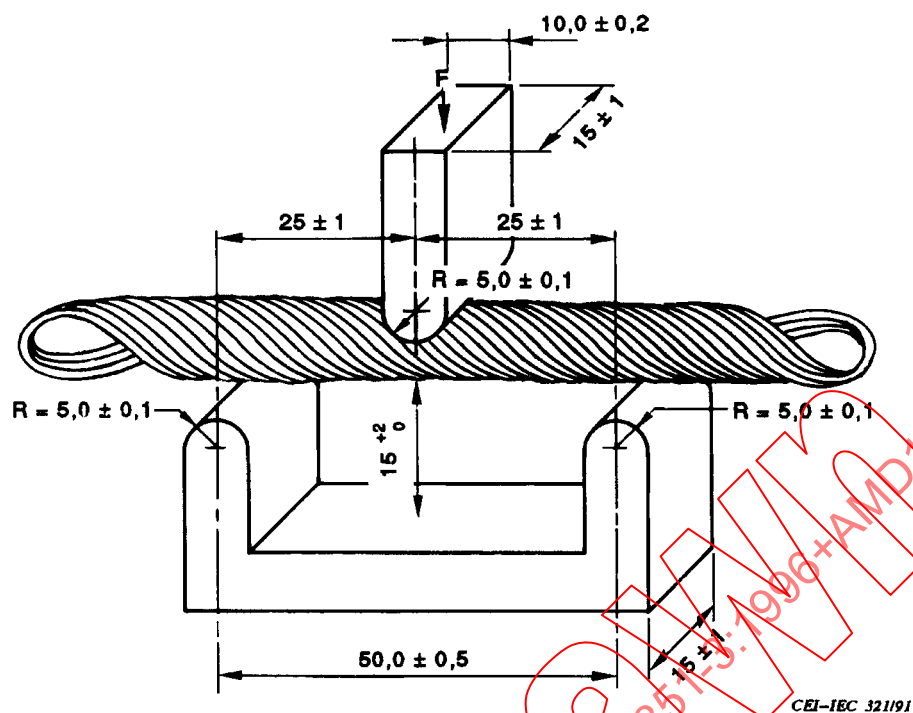


Figure 14 – Disposition des supports

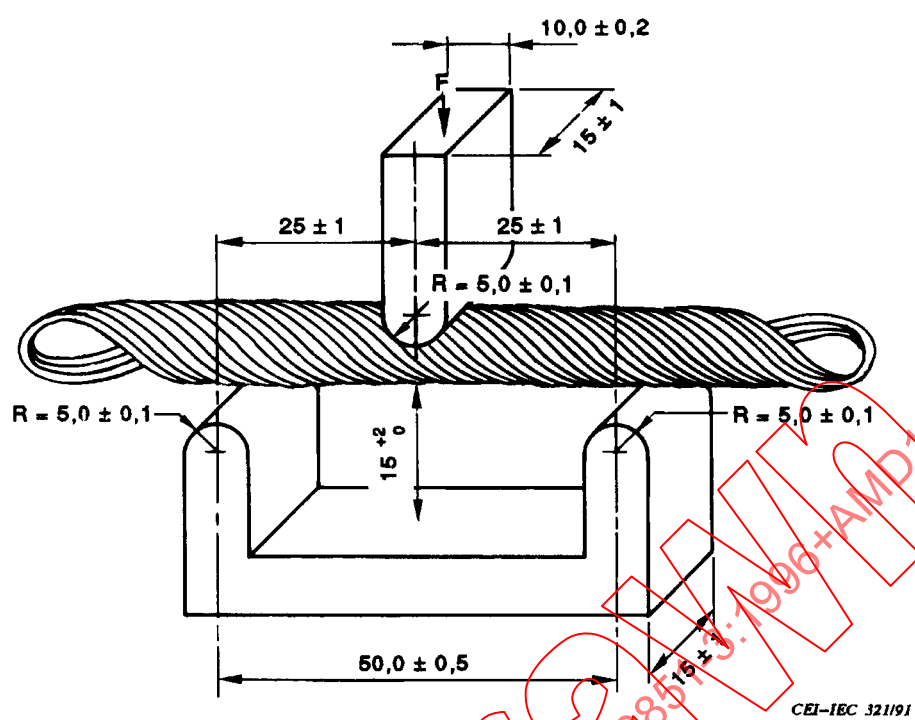


Figure 14 – Arrangement of supports

Annexe A (informative)

Force de collage des fils thermo-adhérents

A.1 Calcul de la température d'un bobinage torsadé

Méthode

Pendant le chauffage d'un bobinage torsadé à l'aide d'un courant continu, la température moyenne du bobinage peut être calculée à partir de sa résistance en courant continu, qui est le rapport de la tension sur le courant constant appliqué. Ces rapports peuvent être déterminés au début et à la fin du temps de chauffage et permettent de calculer la température à la fin de ce temps.

Coefficient de température

Pour les calculs suivants, le coefficient de température du cuivre de $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ est utilisé.

Calcul

Avec ce coefficient de température, la résistance de l'éprouvette à la fin du temps de chauffage se calcule à partir de l'équation:

$$R_{Tt} = R_{T0} + \alpha R_{T0} \times (T_t - T_0)$$

où

R_{T0} est la résistance au début (à température ambiante);

T_t est la température à la fin du temps de chauffage;

T_0 est la température au début du temps de chauffage (T_0 est normalement identique à la température ambiante, c'est-à-dire 23 °C).

L'indice t représente la fin du temps de chauffage.

Si le courant est constant, l'équation suivante s'applique:

$$\frac{R_{Tt}}{R_{T0}} = \frac{U_t}{U_0}$$

ou

U_t est la tension à la fin du temps de chauffage;

U_0 est la tension au début du temps de chauffage.

Cela donne une température à la fin du temps de chauffage de:

$$T_t = T_0 + \left[250 \times \left(\frac{U_t}{U_0} - 1 \right) \right] \text{ en } ^\circ\text{C}$$

Annex A (informative)

Bond strength of heat bonding wires

A.1 Calculation of the temperature of the twisted coil specimen

Method

While heating the twisted coil by means of d.c. current, the average temperature of the specimen may be derived from its d.c. resistance, which is the ratio of the voltage and the constant current applied. Such ratios can be determined at the beginning and at the end of any heating period and allow the calculation of the temperature at the end of the heating period.

Temperature coefficient

For the following calculations, a temperature coefficient of copper of $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ is used.

Calculation

With this temperature coefficient, the resistance of the test specimen at the end of a heating period is calculated from the equation

$$R_{Tt} = R_{T0} + \alpha R_{T0} \times (T_t - T_0)$$

where

R_{T0} is the resistance in the beginning (at room temperature);

T_t is the temperature at the end of the heating period;

T_0 is the temperature in the beginning of the heating period (T_0 normally is identical with room temperature, i.e. 23 °C).

The index t stands for the end of the heating period.

If the current is constant, the following equation applies:

$$\frac{R_{Tt}}{R_{T0}} = \frac{U_t}{U_0}$$

where

U_t is the voltage at the end of the heating period;

U_0 is the voltage in the beginning of the heating period.

This results in the temperature at the end of the heating period:

$$T_t = T_0 + \left[250 \times \left(\frac{U_t}{U_0} - 1 \right) \right] \text{ in } ^\circ\text{C}$$

A.2 Détermination du temps de chauffage

Courbes tension-temps

Pendant le chauffage du bobinage torsadé à courant constant, la résistance électrique augmente avec la température. Pour maintenir le courant, la tension de sortie du transformateur à courant constant s'accroît en conséquence. Cela permet de représenter sous forme de courbe la tension continue de sortie en fonction du temps et donne le temps t de la durée du chauffage. Des courbes différentes peuvent être établies pour les différents courants et réunies sur le même diagramme.

Tension à la température maximale

Pour un cas particulier, on peut souhaiter coller l'éprouvette à une certaine température sans la dépasser. Si cette température maximale est définie, la dernière équation donnée en A.1 permet de calculer la tension exigée pour atteindre cette température avec un courant de chauffage particulier:

$$U_t = U_0 + 0,004 \times (T_t - T_0) U_0$$

Le point d'intersection de la courbe tension-temps avec l'axe des Y correspond à la valeur de U_0 . Avec cette lecture, la dernière équation permet de calculer la tension pour atteindre la température de l'éprouvette à la fin du temps de chauffage. La valeur correspondante de l'axe des X donne la durée de la période de chauffage requise pour atteindre la température T_t .

Si le même calcul est fait avec toutes les courbes tension-temps pour une même température T_t , les valeurs correspondantes peuvent être reliées en une courbe isotherme qui coupe les courbes tension-temps. Si le calcul est répété pour différentes températures, il donne un diagramme final qui est très utile pour choisir facilement un couple de valeurs pour le courant de chauffage en Ampères et sa durée en secondes pour porter l'éprouvette à la température choisie T_t .

Les figures A.1 à A.4 donnent des exemples de tels diagrammes qui concernent les dimensions 0,300 mm, 0,315 mm, 0,355 mm et 0,500 mm respectivement.

A.2 Determination of the heating period

Voltage-time graphs

While heating the twisted coil with a constant current, the electrical resistance increases with the temperature. To maintain the current, the voltage output of the constant current transformer increases accordingly. This allows to plot the d.c. voltage output against time. This provides information about the time t of the heating period. Different graphs may be taken for different currents all plotted on one and the same diagram.

Voltage at maximum temperature

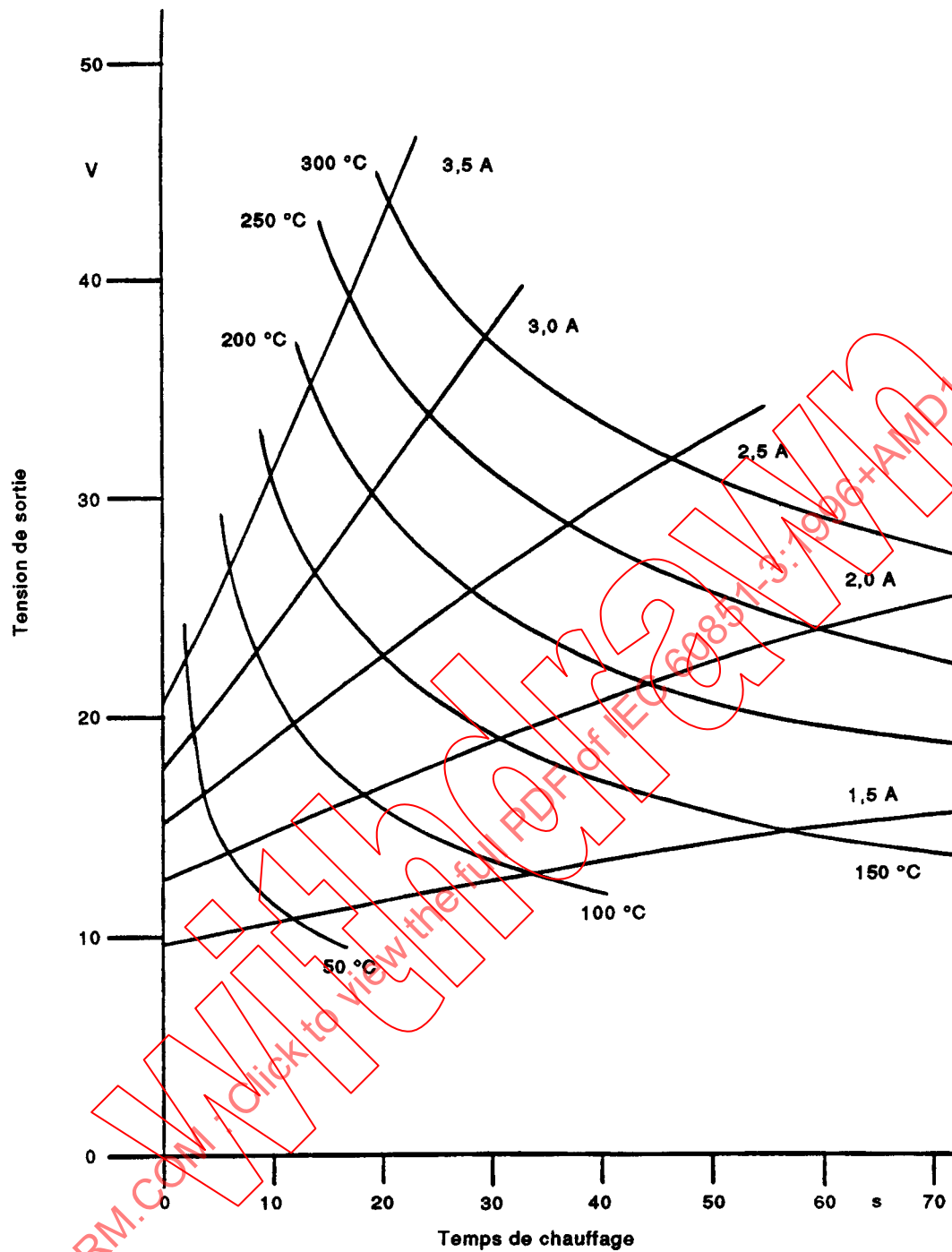
In a specific case one may wish to bond the specimen up to a certain temperature, but not to exceed this temperature. If this maximum temperature is defined, the last equation as shown in A.1 allows the calculation of the voltage required to reach that temperature with a particular heating current:

$$U_t = U_0 + 0,004 \times (T_t - T_0) U_0$$

The point of intersection of the Voltage-time graph with the Y-axis corresponds to the value of U_0 . With this reading, the last equation allows the calculation of the voltage to arrive at the temperature of the specimen at the end of the heating period. The corresponding value of the X-axis gives the time length of the heating period required to reach the temperature T_t .

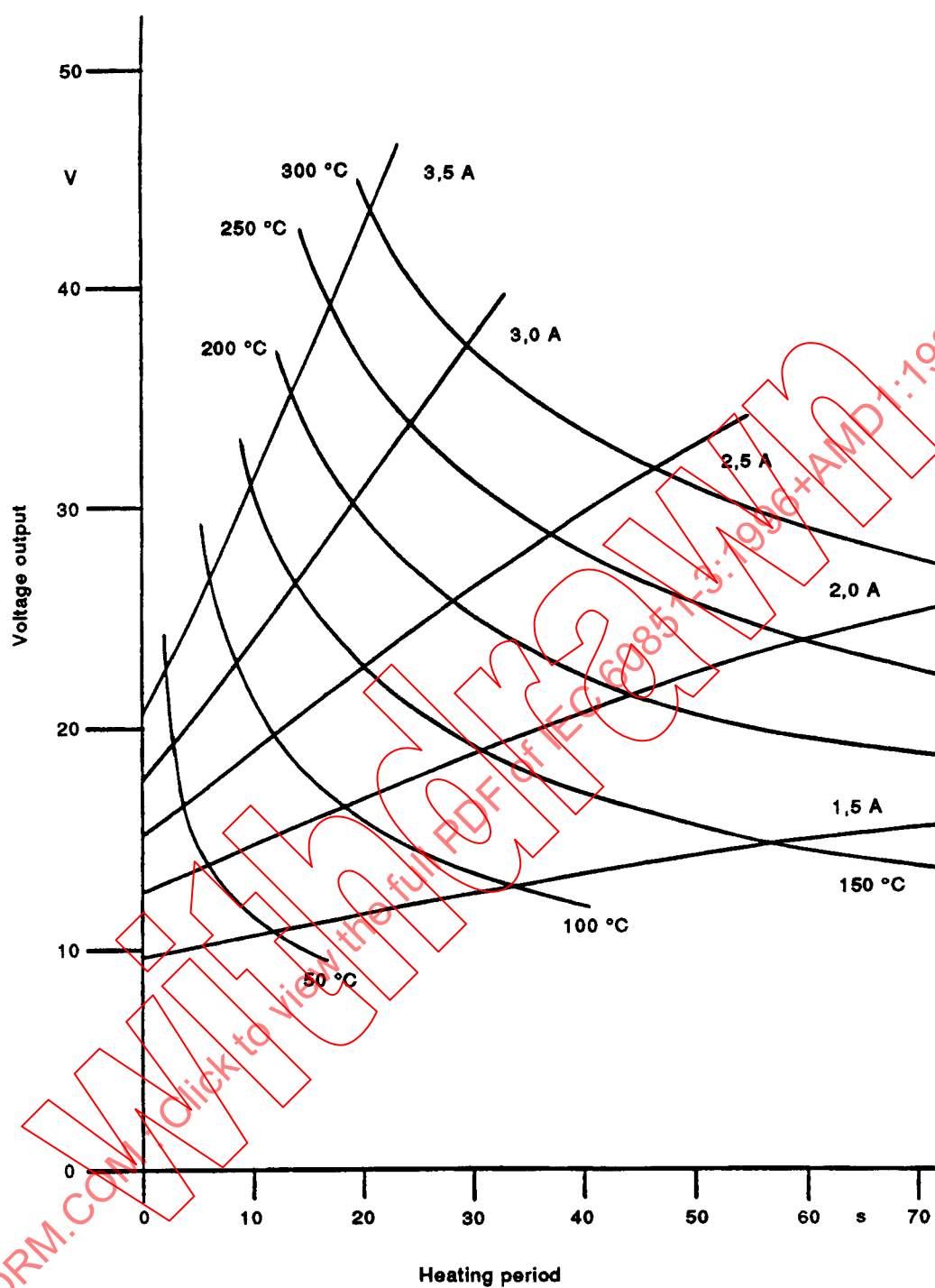
If the same calculation is done with all Voltage-time graphs for one and the same temperature T_t , the corresponding entries may be used to produce an isothermic graph that intersects the Voltage-time graphs. If this is repeated with different temperatures, it results in a final diagram which is very helpful in selecting a suitable pair of values for the heating current in amperes and the time in seconds of the heating period to heat the test specimen up to the chosen temperature T_t .

Figures A.1 through A.4 show examples of such complete diagrams for easy reference, based on wire sizes 0,300 mm, 0,315 mm, 0,355 mm and 0,500 mm respectively.



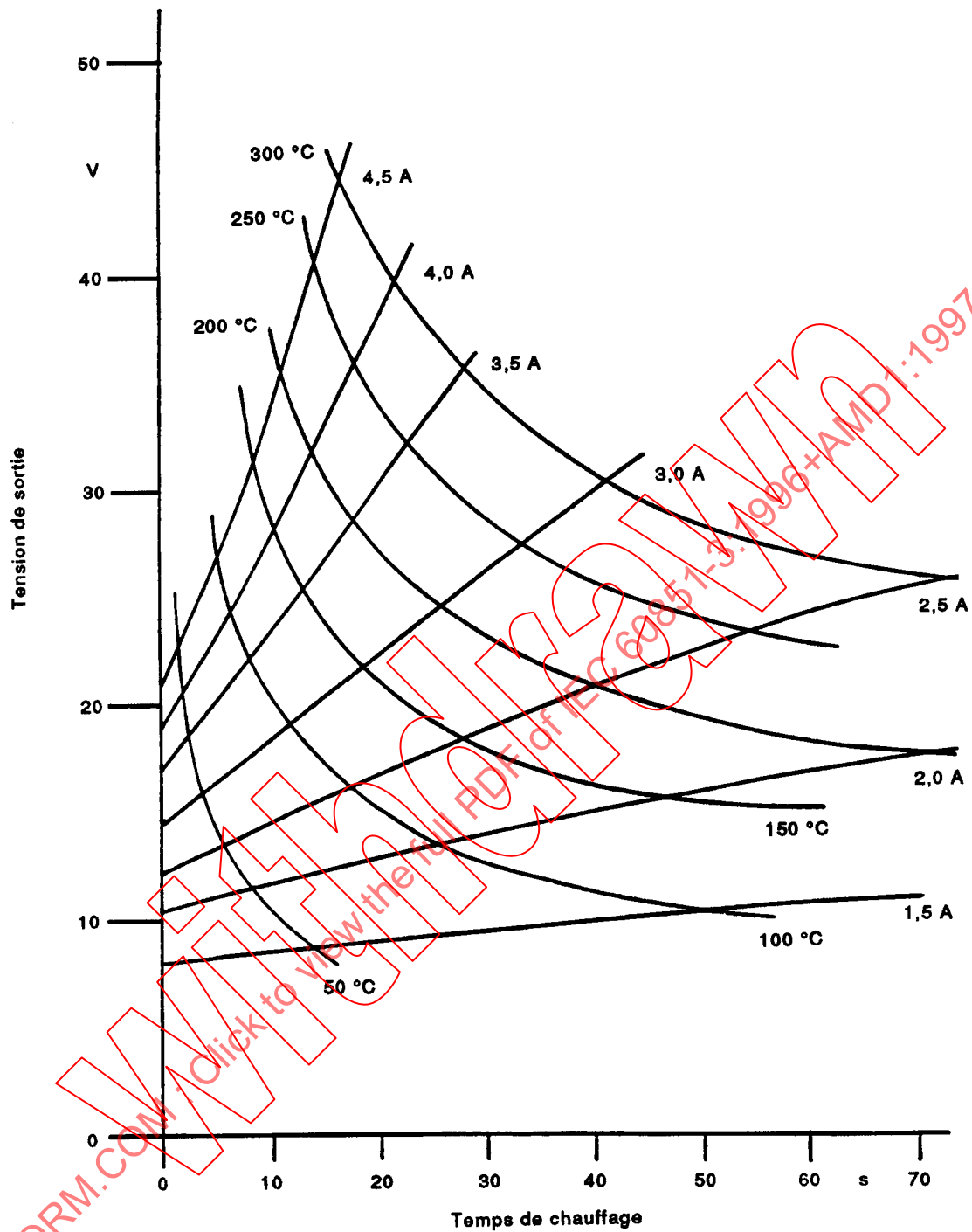
CEI-IEC 681/92

Figure A.1 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,300 mm



CEI-IEC 681/92

Figure A.1 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,300 mm with isothermic graphs



CEI-IEC 682/92

Figure A.2 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,315 mm

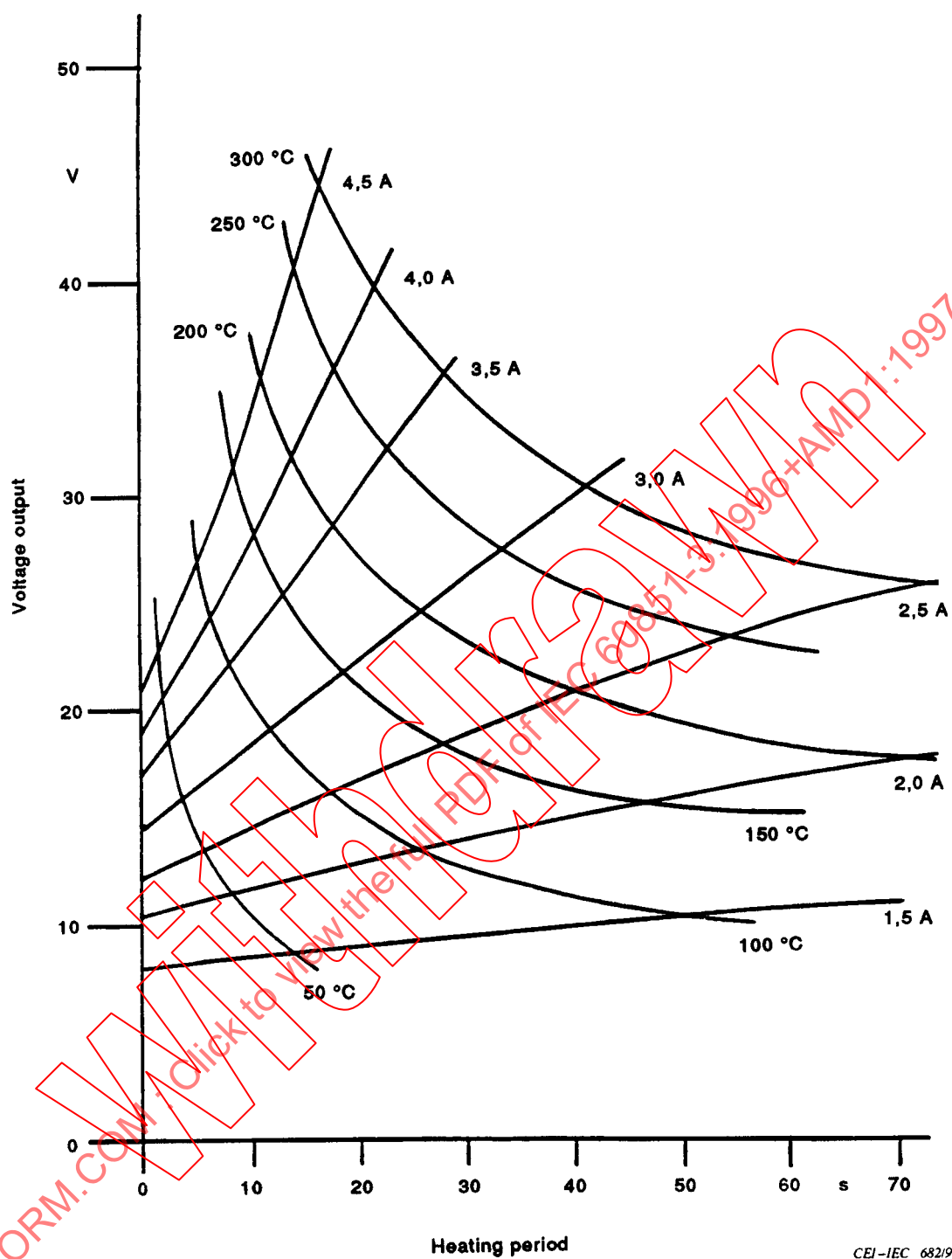
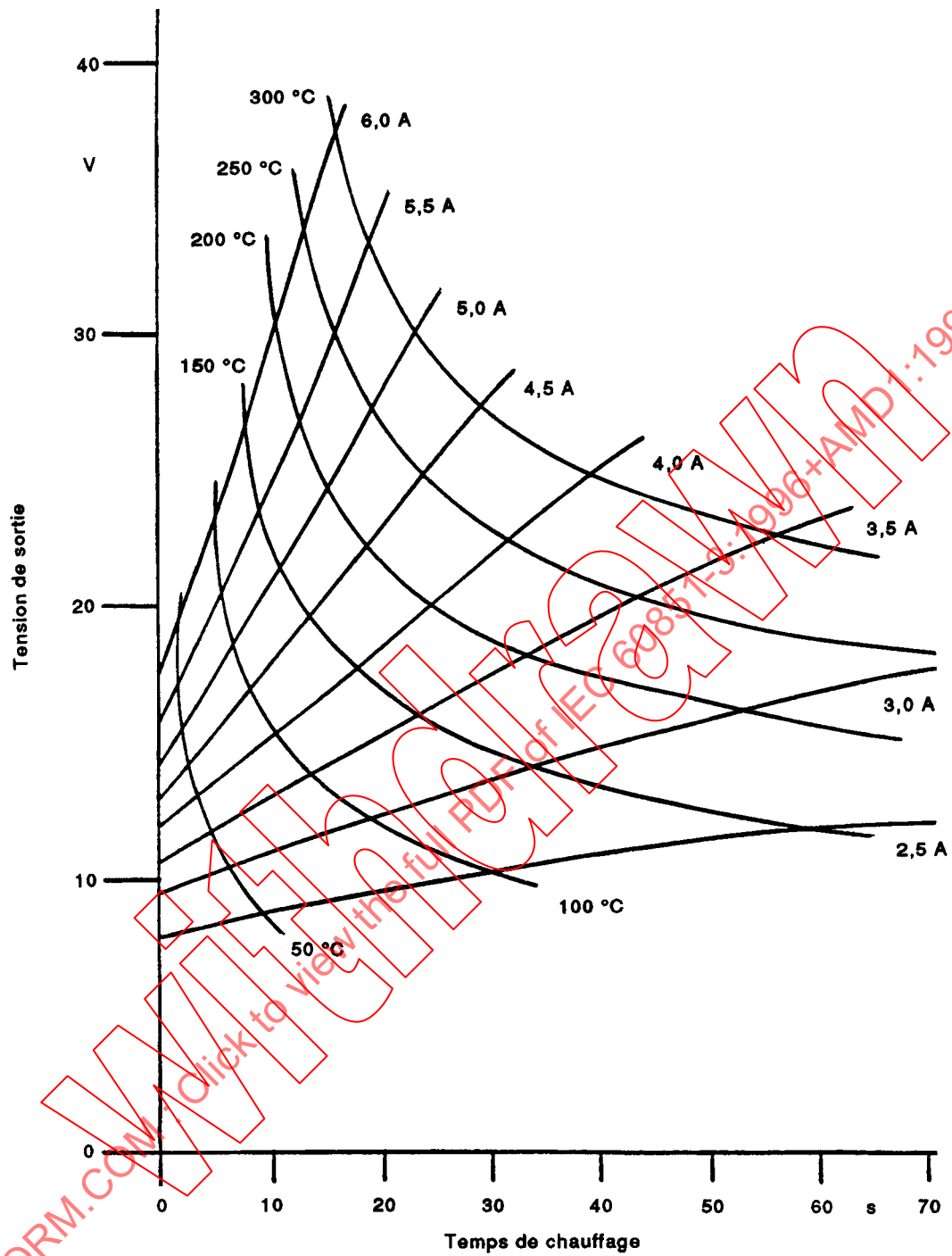
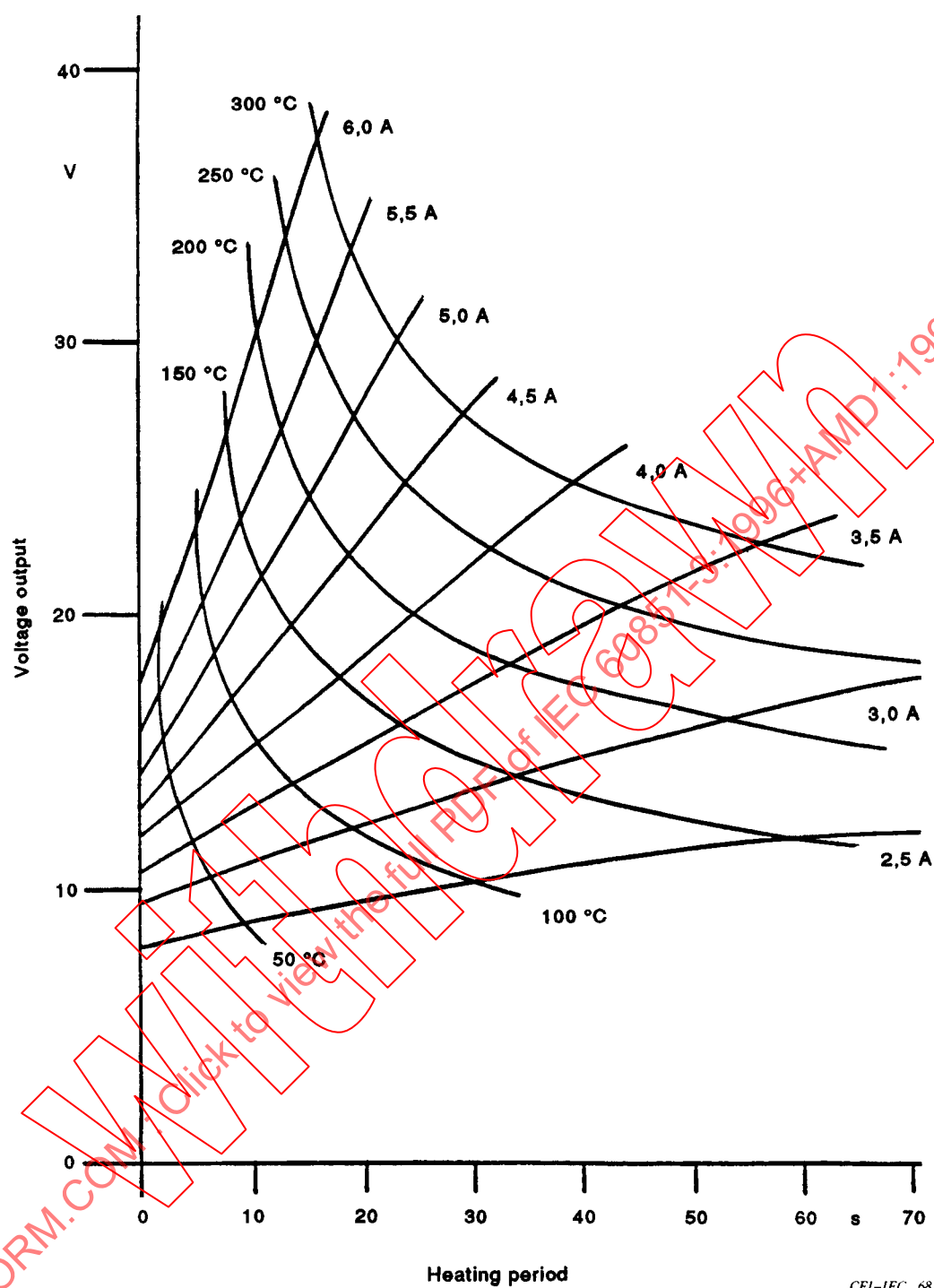


Figure A.2 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,315 mm with isothermic graphs



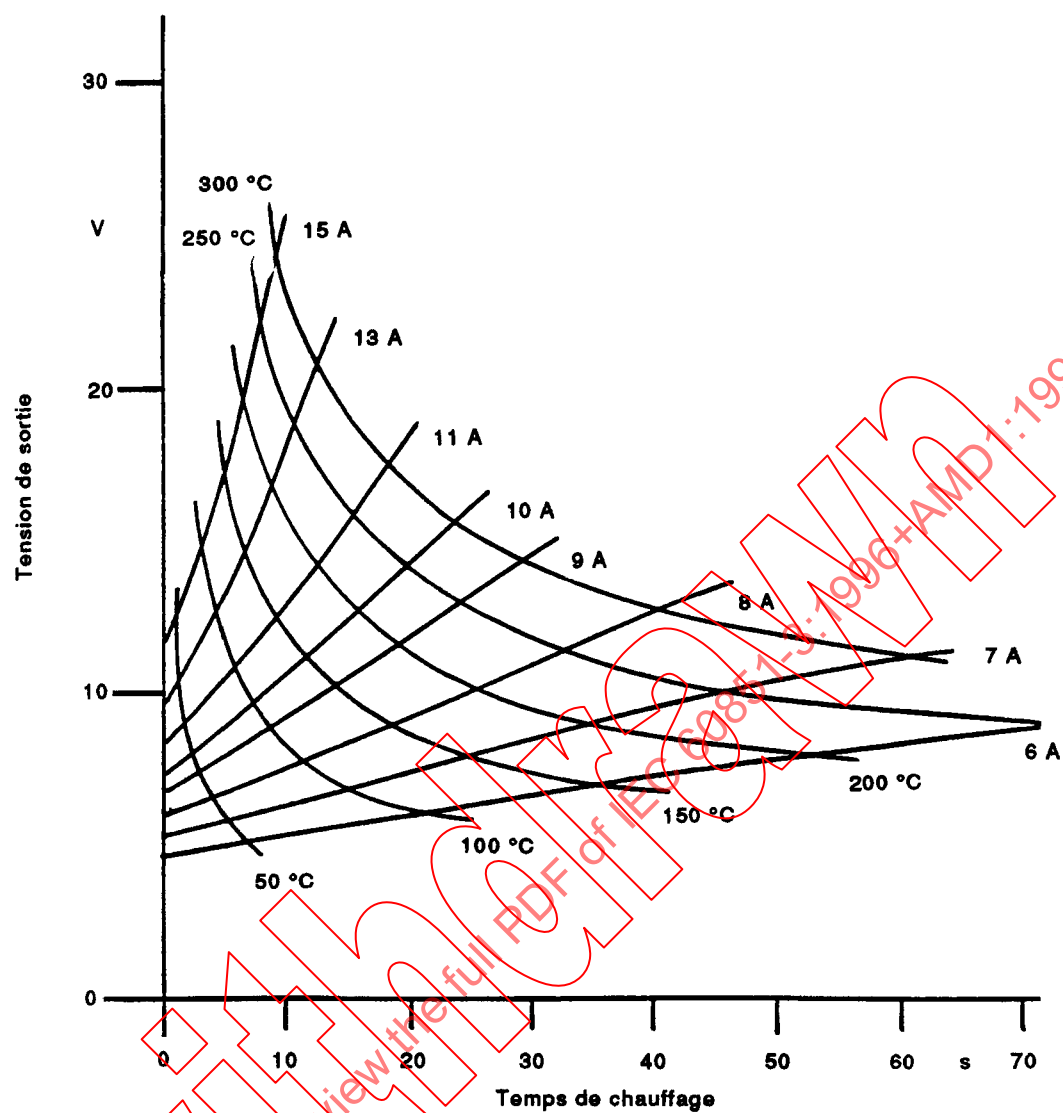
CEI-IEC 683/92

Figure A.3 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,355 mm



CEI-IEC 683/92

Figure A.3 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,355 mm with isothermic graphs



CEI-IEC 684/92

Figure A.4 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,500 mm

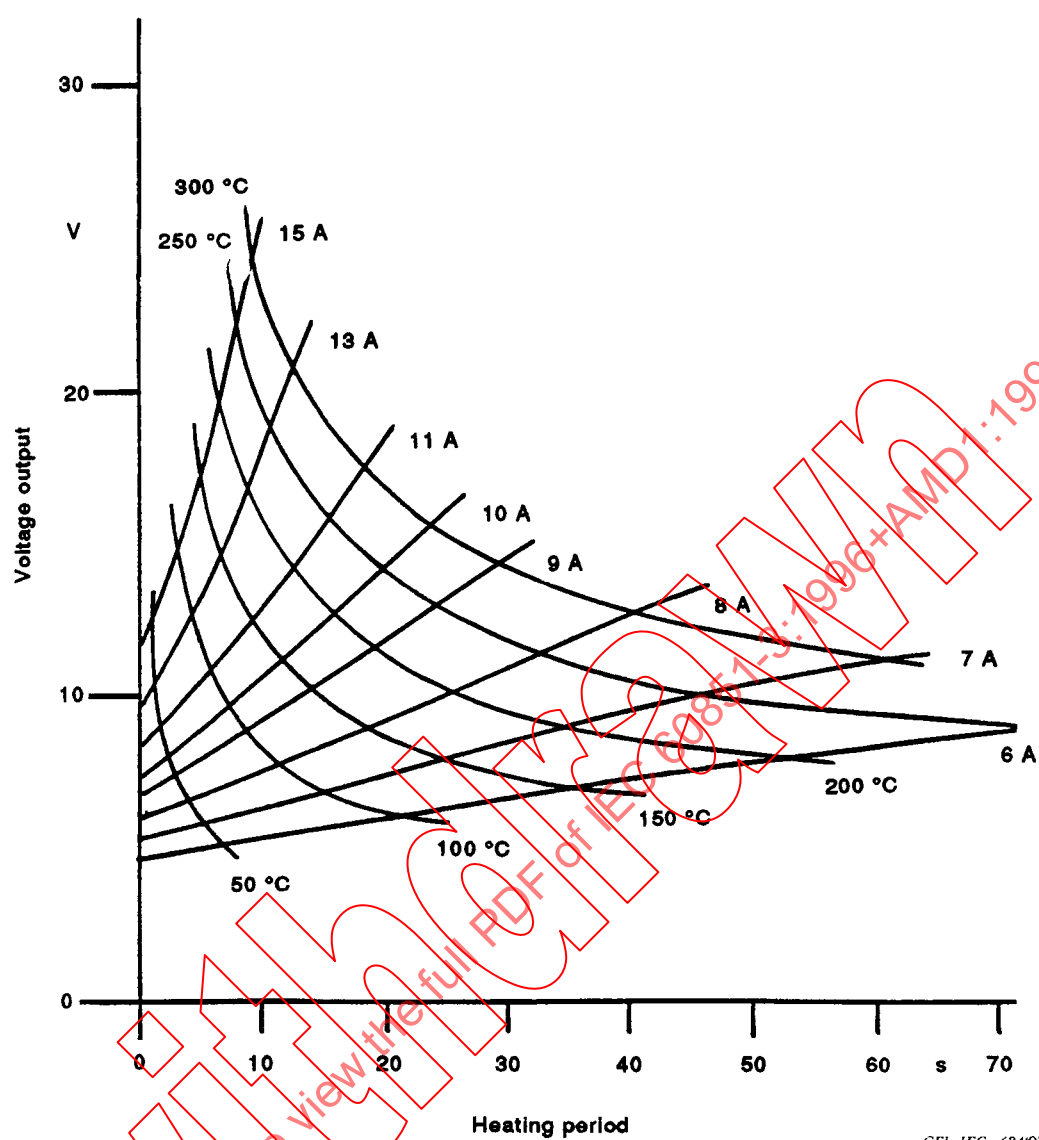


Figure A.4 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,500 mm with isothermic graphs

Annexe B (informative)

Méthodes d'essai de frottement

B.1 Généralités

La présente annexe donne aux utilisateurs et aux fournisseurs des recommandations relatives aux méthodes d'essai pour le frottement à utiliser pour les fils de bobinage.

B.2 Essai A: Méthode d'essai statique du coefficient de frottement

B.2.1 Méthode d'essai (applicable aux fils émaillés de section circulaire de diamètre nominal du conducteur à partir de 0,050 mm jusqu'à 1,600 mm inclus)

Le coefficient de frottement statique (μ_s) est déterminé par la mesure de l'angle d'inclinaison (α) d'un plan au moment où un bloc commence à glisser sur une piste faite par l'éprouvette de fil. L'éprouvette de fil doit être retirée de la bobine de livraison par dévidage par le dessus de la joue. Les couches supérieures de la bobine doivent être retirées avant l'essai quand la surface du fil est sale ou poussiéreuse. Une partie de l'éprouvette de fil est redressée et fixée sur le plan incliné au moyen de deux guides et de deux attaches, elle constitue la piste de glissement. L'autre partie de l'éprouvette de fil est montée de la même façon sur le bloc glissant.

Le bloc glissant avec l'éprouvette de fil est alors placé sur la piste de glissement de façon que le fil du bloc et celui du plan se croisent à angle droit aux points de contact.

Le plan est alors incliné lentement (1 degré par seconde environ) jusqu'à ce que le bloc commence à glisser sur la piste vers le bas. A ce moment l'angle d'inclinaison (α) est lu sur l'échelle.

Le coefficient de frottement statique est calculé comme suit:

$$\mu_s = \tan \alpha$$

B.2.2 Appareil d'essai

La figure B.1 donne un croquis de l'appareil d'essai.

L'appareil comprend un plan (1) qui peut être incliné d'un angle (α) par rotation autour de l'axe (8). Le support (9) porte l'échelle (7) qui indique l'angle d'inclinaison (α) ou le coefficient de frottement ($\tan \alpha$).

Le plan comporte les moyens de fixation de l'éprouvette de fil (3), par exemple les deux guides (5) et les deux attaches (6). Les parties de fil parallèles doivent être séparées de 110 mm. Elles forment une piste de glissement allant de l'extrémité de l'échelle jusqu'à l'axe du plan.

Le bloc (2) est pourvu de guides et d'attaches pour fixer l'autre partie du fil (4). Les parties parallèles de l'éprouvette doivent être séparées de 60 mm. La dimension du bloc doit être telle que les guides et attaches soient loin du plan (1) pour éviter tout frottement additionnel. Le bloc doit avoir:

Annex B (informative)

Friction test methods

B.1 General

This annex provides recommendations to the purchaser and supplier of winding wires with respect to friction test methods to be used for winding wires.

B.2 Test A: Static coefficient of friction test method

B.2.1 Method of test (applicable to enamelled round wires with a nominal conductor diameter from 0,050 mm up to and including 1,600 mm)

The static coefficient of friction (μ_s) is determined by measuring the inclining angle (α) of a plane at the moment when a block begins to slip on the track made from the wire specimen. The wire test specimen shall be removed from the delivery spools by dereeling over the end flange. The top layers of the spool shall be removed before testing when the wire surface is contaminated by dirt or dust. One part of the wire specimen is straightened and then fixed on the inclining plane by means of the two posts and the two clamps constituting the sliding track. The other part of the wire specimen is mounted in a similar way on the sliding block.

The sliding block with the wire specimen is then placed on the track of the plane to be inclined in such a way that the wire on the block and the wire on the plane are crossed at right angles at the point of contact.

The plane is then slowly inclined (approximately 1 degree per second) until the block starts to slide down the track. At that moment, the angle of inclination (α) is read from the scale.

The static coefficient of friction is calculated as follows:

$$\mu_s = \tan \alpha$$

B.2.2 Test apparatus

The general arrangement of the test apparatus is shown in figure B.1.

The apparatus consists of a plane (1) which can be inclined to an angle (α) by turning the plane around the axis (8). The support (9) carries a scale (7) marked with the inclination angle (α) or the coefficient of friction ($\tan \alpha$).

The plane has means for fixing the wire specimen (3), for example the two posts (5) and the two clamps (6). The parallel parts of the wire shall be 110 mm apart. They form a sliding track running from the scale end to the axis on the plane.

On the block (2) clamps and posts are provided to fix the second wire specimen (4). The parallel parts of the specimen shall be 60 mm apart. The size of the block must allow the clamps and posts to stay clear of the plane (1) to avoid additional friction forces. The block shall have:

- une masse d'environ 50 g pour un fil de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,150 mm inclus;
- une masse d'environ 500 g pour un fil de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,150 mm.

La masse n'est pas critique étant de toute façon modifiée par la masse de l'autre partie du fil.

L'angle d'inclinaison est commandé par un équipement motorisé et doit varier lentement.

B.3 Essai B: Première méthode d'essai dynamique du coefficient de frottement

B.3.1 Principe

Le coefficient de frottement μ_d est déterminé en mesurant la force de frottement C exercée sur le fil en cours de défilement sous l'action d'une masse connue E . Il est donné par la formule:

$$\mu_d = \frac{C}{9,81 \times E}$$

B.3.2 Méthode d'essai

La figure B.2 donne un croquis de l'appareil d'essai.

Le fil émaillé passe par une poulie de guidage et dans un frein (D) puis sur une plaque métallique (B). Au moyen d'une autre poulie de guidage, le fil revient au-dessous de la plaque (B) puis à nouveau au-dessus de la plaque parallèlement au premier passage (voir figure B.2). Le fil est tiré à l'aide du cabestan (A) à la vitesse de 0,25 m/s. Une masse (E), reliée à un indicateur de force (C), est placée sur le fil en cours de défilement à l'aplomb de la plaque (B).

L'indicateur de force peut être relié à un enregistreur graphique (gamme de mesure 1 mV–250 mV). Cet enregistreur montre les variations du poli et le niveau du glissement sur une grande longueur.

B.4 Essai C: Deuxième méthode d'essai dynamique du coefficient de frottement

B.4.1 Méthode d'essai (applicable aux fils émaillés de section circulaire d'un diamètre nominal du conducteur à partir de 0,050 mm jusqu'à 1,600 mm inclus)

L'éprouvette de fil est tirée sous une charge d'essai. La force créée entre la surface du fil et la surface de contact de la charge d'essai est transférée sur un appareil de mesure approprié. Le coefficient de frottement dynamique (μ_d) est égal à la lecture en N divisée par la charge en N.

L'éprouvette de fil à essayer est retirée de la bobine ou du fût de livraison, par dévidage par le dessus. Les couches supérieures de la bobine doivent être retirées avant l'essai quand la surface du fil est sale ou poussiéreuse.

Selon la figure B.4, mettre à l'horizontale la surface lisse (6) en utilisant les pieds réglables (2) et le niveau à bulle (8).

Ajuster la sensibilité du transducteur électronique de la force (5) (figure B.4) à la gamme appropriée ainsi que l'enregistreur graphique à pleine échelle en utilisant un poids étalon (9) (figure B.3) correspondant à la dimension du fil à essayer. Le poids étalon est retiré après ajustement du transducteur et de l'enregistreur graphique.

Si un dynamomètre mécanique (5) est utilisé (figure B.4), choisir la gamme conforme à la dimension du fil à essayer.