

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 699

Première édition — First edition
1981

**Méthode d'essai destinée à l'évaluation du pouvoir agglomérant
des vernis d'imprégnation par la méthode du faisceau de fils**

**Test method for the evaluation of bond strength
of impregnating varnishes by the wire bundle test**



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale
1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 699

Première édition — First edition
1981

**Méthode d'essai destinée à l'évaluation du pouvoir agglomérant
des vernis d'imprégnation par la méthode du faisceau de fils**

**Test method for the evaluation of bond strength
of impregnating varnishes by the wire bundle test**

Mots clés: vernis; adhérence; essais thermiques.

Key words: varnishes; bonding; thermal tests.



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale
1, rue de Varembe
Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE D'ESSAI DESTINÉE À L'ÉVALUATION DU
POUVOIR AGGLOMÉRANT DES VERNIS D'IMPRÉGNATION
PAR LA MÉTHODE DU FAISCEAU DE FILS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, du Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Zurich en 1973. A la suite de cette réunion, le projet, document 15B(Bureau Central)35, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1976.

Des modifications, document 15B(Bureau Central)45, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en février 1979.

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

Afrique du Sud (République d')
Belgique
Canada
Danemark
Egypte
Espagne
France
Norvège
Pologne
Portugal

Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

Le Comité National Allemand, qui s'est prononcé contre l'approbation de cette norme, reconnaît la nécessité d'une telle méthode mais préfère l'essai beaucoup plus économique de la bobine torsadée, qui apporte des écarts nettement plus faibles et qui permet également de contrôler la compatibilité du vernis et de l'email du fil.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n°s 216: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.

317: Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHOD FOR THE EVALUATION
OF BOND STRENGTH OF IMPREGNATING VARNISHES
BY THE WIRE BUNDLE TEST**

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 15B: Endurance Tests, of IEC Technical Committee No. 15: Insulating Materials.

A draft was discussed at the meeting held in Zurich in 1973. As a result of this meeting, a draft, Document 15B(Central Office)35, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1976.

Amendments, Document 15B(Central Office)45, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Egypt
France
Norway
Poland
Portugal
Romania

South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
Yugoslavia

The German National Committee, which voted against approval of this standard appreciates the need of such a procedure but prefers the much cheaper twisted coil test with significantly less deviation, which additionally allows testing of the compatibility of varnish and wire enamel.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 216: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials.
317: Specifications for Particular Types of Winding Wires.

MÉTHODE D'ESSAI DESTINÉE À L'ÉVALUATION DU POUVOIR AGGLOMÉRANT DES VERNIS D'IMPRÉGNATION PAR LA MÉTHODE DU FAISCEAU DE FILS

1. Domaine d'application

La présente norme fournit une méthode destinée à évaluer le pouvoir agglomérant des vernis d'imprégnation. Elle permet aussi de déterminer l'influence du traitement thermique subi par les éprouvettes, ainsi que l'influence de la température d'essai et du vieillissement thermique spécifié dans la Publication 216 de la CEI: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux isolants électriques.

2. Eprouvettes

Les éprouvettes sont réalisées à partir de fil émaillé d'une classe de température choisie conformément à la partie appropriée de la Publication 317 de la CEI: Spécifications pour types particuliers de fil de bobinage, ou à partir de fil de cuivre nu, ces fils ayant un diamètre nominal de 2,0 mm.

Cinq éprouvettes sont essayées à $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

La surface du fil émaillé ou nu est nettoyée en la frottant avec un solvant approprié, du 1-1-1 trichloréthane par exemple. Le fil doit être soigneusement redressé en prenant soin de ne pas endommager la surface émaillée. Si le fil est redressé par traction, son allongement doit être inférieur à 5%. Les longueurs de fil nécessaires à l'obtention d'éprouvettes doivent être prises de préférence sur une même bobine de façon que leurs diamètres soient suffisamment uniformes pour empêcher le glissement du fil central pendant l'application du vernis. Les extrémités ne doivent présenter ni bavures ni autres saillies susceptibles d'influencer le pouvoir agglomérant.

La viscosité du vernis à essayer ou sa teneur en résidus solides doit être ajustée à la valeur spécifiée par le fabricant.

A partir des longueurs de fil ainsi préparées, on peut fabriquer les éprouvettes de traction par l'une des deux méthodes suivantes:

- a) Six longueurs de fils de $15 \pm 0,5$ mm de long sont rassemblées en un faisceau autour de l'extrémité d'un fil central d'au moins 120 mm de long, comme illustré à la figure 1, page 10, et sont fixées en position par deux ligatures de fil fin. Il convient de s'assurer que l'extrémité du fil central est bien au ras de l'extrémité du faisceau.
- b) Six longueurs de fil d'environ 105 mm de long sont rassemblées en un faisceau autour de l'extrémité d'un fil central de 120 mm de long, comme illustré à la figure 2, page 11, de manière à obtenir un recouvrement de $15 \pm 0,5$ mm, et sont fixées en position par une ligature de fil fin. L'extrémité du faisceau, six fils, qui est destinée à être serrée dans les mâchoires d'une machine d'essai de traction doit être renforcée par l'introduction dans le trou central d'une longueur de 50 mm du même fil, l'ensemble étant maintenu par une ligature de fil fin comme pour la zone de recouvrement sur laquelle on désire déterminer le pouvoir agglomérant du vernis (voir figure 2).

TEST METHOD FOR THE EVALUATION OF BOND STRENGTH OF IMPREGNATING VARNISHES BY THE WIRE BUNDLE TEST

1. Scope

This standard gives a method intended to evaluate the bond strength of impregnating varnishes. The effects of thermal treatment of the test specimens, of the test temperature and of thermal ageing in accordance with IEC Publication 216: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials, may also be determined by this test procedure.

2. Test specimens

Test specimens are made of enamelled wire of the appropriate temperature class in accordance with the appropriate part of IEC Publication 317: Specifications for Particular Types of Winding Wires, or of bare copper wire and of 2.0 mm nominal diameter.

Five specimens are tested at $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

The surfaces of the enamelled or bare wire should be cleaned by wiping with a suitable solvent, for example 1-1-1 trichloroethane. The wire should be carefully straightened without damage to the surface of the enamel. If the wire is straightened by pulling, the elongation of the wire shall be less than 5%. The lengths of wire necessary to prepare one test specimen should be cut from the same reel to ensure their diameters being sufficiently uniform to prevent the centre wire slipping during varnishing. At the ends there should be no barbs or other protrusions which would influence the bond strength.

The viscosity or solids content of the varnish to be tested is adjusted to the value specified by the manufacturer.

From the prepared lengths of wire, the specimens are made by one of the following procedures:

- a) Six lengths of wire 15 ± 0.5 mm long are formed in a bundle around the end of a central wire at least 120 mm long as shown in Figure 1, page 10, and secured in position by binding in two places with fine wires. Care should be taken to ensure that the end of the centre wire is flush with the end of the bundle.
- b) Six lengths of wire approximately 105 mm long are formed into a bundle around the end of a wire 120 mm long as shown in Figure 2, page 11, so that they overlap 15 ± 0.5 mm, and secured in position by binding with fine wire. The end of the bundle of six wires to be gripped in the jaws of a tensile testing machine should have a 50 mm length of the same wire inserted into the central hole, and the end bound round with fine wires as for the overlapped section on which the bond strength is to be determined (see Figure 2).

Pour l'assemblage des éprouvettes selon les méthodes *a)* ou *b)*, on utilise un gabarit de positionnement des fils extérieurs assurant le recouvrement désiré. En pratique, on peut utiliser comme gabarit une plaque percée d'un trou de 2,8 mm de diamètre dans lequel le fil central est engagé jusqu'à ce qu'il rencontre une butée laissant dépasser son autre extrémité de 15 mm exactement au-dessus de la plaque. Ce gabarit peut servir soit à positionner les fils extérieurs avant qu'ils soient fixés par le serrage définitif des ligatures, soit, avec l'addition d'un collier de maintien, à assembler le faisceau à partir des différentes longueurs de fil. On peut utiliser le dispositif de la figure 3, page 12. Le gabarit peut être tourné d'un quart de tour, de façon que le faisceau soit horizontal pour permettre l'application d'une tension connue, par exemple 3 N, au fil de ligature.

Le faisceau est ensuite dégraissé à l'aide d'un solvant approprié, puis étuvé pendant 30 min à une température ne dépassant pas 100 °C.

Dès sa sortie de l'étuve, l'éprouvette est plongée pendant 5 min dans le vernis à essayer en orientant le fil qui dépasse vers le haut, puis retirée et égouttée pendant 15 min. Il est possible d'utiliser diverses durées d'immersion et d'égouttage à condition de les mentionner dans le rapport d'essai. L'éprouvette est ensuite étuvée pendant la durée et à la température prescrites pour le vernis. Pendant toutes ces opérations, l'éprouvette doit être maintenue verticale et il convient de s'assurer qu'un excès de vernis n'adhère pas à l'extrémité opposée à celle d'où dépasse le fil central. De même, il ne doit pas y avoir de ménisque excessif autour de la sortie du fil central.

A la sortie de l'étuve, les éprouvettes sont maintenues dans un dessiccateur jusqu'à leur utilisation.

3. Méthode d'essai

L'éprouvette réalisée selon la méthode *a)* est soumise à un effort de traction dans une machine d'essai au moyen d'un dispositif spécial (voir figure 4, page 13) qui, fixé à l'une des mâchoires, permet de maintenir le faisceau pendant que l'extrémité du fil central est tenue dans la mâchoire opposée de la machine d'essai. Pour les éprouvettes réalisées selon la méthode *b)*, chaque extrémité est serrée dans l'une des mâchoires de la machine d'essai de traction. La vitesse de traction doit être réglée entre 50 mm/min et 70 mm/min pour les deux types d'éprouvettes.

Le pouvoir agglomérant du vernis est la force (N) nécessaire pour arracher le fil émaillé central du faisceau. On répète l'essai cinq fois à 23 ± 2 °C. Dans le cadre de la spécification, la valeur moyenne de ces cinq mesures est le pouvoir agglomérant à 23 °C.

Il convient de noter que le pouvoir agglomérant d'un vernis dépend dans une grande mesure de la température; quand ce fait présente une importance, l'essai peut être effectué à une température élevée. S'il en est ainsi, cela doit être mentionné clairement dans le rapport d'essai.

4. Endurance thermique

Dans le cas où l'on a à déterminer l'endurance thermique d'un vernis, il faut suivre la procédure exposée dans les première et deuxième parties de la Publication 216 de CEI, avec des éprouvettes (réalisées selon l'une des méthodes *a)* ou *b)*) suspendues verticalement dans une étuve. Après chaque cycle de vieillissement, cinq éprouvettes sont extraites du four, refroidies à 23 ± 2 °C dans un dessiccateur, puis essayées à cette température.

Les valeurs individuelles obtenues pour le pouvoir agglomérant sont ensuite portées sur un graphique en fonction du temps, et le temps où la courbe relative aux éprouvettes vieilles à une température particulière coupe le critère de dégradation spécifié est ensuite porté sur un graphique d'Arrhenius, comme décrit dans la Publication 216 de la CEI.

Assemble the wires in accordance with procedures *a)* or *b)* by using a jig to position the ends of the outer wires to provide the required overlap. A plate, having a 2.8 mm diameter hole through which the centre wire passes until it meets a stop giving exactly 15 mm protrusion above the plate, has been found satisfactory. This can be used either to position the outer wires before these are secured by final tightening of the binding wires or, with the addition of a retaining collar, to assemble the bundle from the separate pieces of wire. A suitable design is shown in Figure 3, page 12. This jig may be used on its side so that the bundle is horizontal to enable a known tension, for example 3 N, to be applied to the binding wire.

The bundle should then be cleaned by washing with a suitable solvent and then dried off in an oven for 30 min at not more than 100°C

Immediately on removal from the oven, the test specimen is immersed in the varnish to be tested with the single protruding wire uppermost, left for 5 min, then withdrawn and drained for 15 min. Different durations of immersion and draining may be used and should in such cases be indicated in the test report. The specimen is then baked for the time and at the temperature appropriate for the particular varnish. During all these operations, the test piece is held in a vertical position, and care must be taken to ensure that no excess varnish adheres to the end of the test specimen away from the protruding centre wire. Similarly, no undue meniscus should be allowed round the protruding wire.

On removal of the specimens from the baking oven, they should be stored in a desiccator until used.

3. Test method

The test specimen made in accordance with procedure *a)* is pulled in a tensile testing machine by means of a special jig (see Figure 4, page 13), which allows the protruding wire to be held in one tensometer jaw whilst the bundle at the other end is held in the jig which is fixed to the opposite jaw of the testing machine. For specimens made in accordance with procedure *b)*, each end is held in a jaw of the testing machine. The strain rate should be between 50 mm/min and 70 mm/min for both types of specimen.

The bond strength of the varnish is the force (N) necessary to pull the central enamelled wire out of its bundle. Five tests are made at $23 \pm 2^\circ\text{C}$. For specification purposes, the central value of the five measurements is the bond strength at 23°C.

It should be noted that the bond strength of a varnish is very dependent on temperature and, where this is of importance, the test may be carried out at an elevated temperature. If this is done, it should be stated clearly in the report of the results.

4. Thermal endurance

Where thermal endurance of a varnish is to be determined, follow the procedure described in Parts 1 and 2 of IEC Publication 216 with specimens (made in accordance with either *a)* or *b)*) hung vertically in an oven. After each cycle of ageing, five specimens are taken from the oven, allowed to cool in a desiccator to $23 \pm 2^\circ\text{C}$, and then tested at that temperature.

The resulting individual bond strengths are plotted against time, and the time at which the curve for specimens aged at one temperature crosses the specified end point is then plotted on an Arrhenius graph as described in IEC Publication 216.

5. Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir:

- a) le nom et la description du vernis essayé;
- b) la description du fil de cuivre nu ou émaillé utilisé pour les faisceaux, par exemple conforme à la troisième partie de la Publication 317 de la CEI;
- c) le traitement thermique appliqué lors de la fabrication des éprouvettes;
- d) la description des conditions d'essai;
- e) les résultats d'essai pour chaque éprouvette, la valeur la plus haute et la plus basse des cinq mesures;
- f) les résultats de l'examen visuel des éprouvettes après l'essai avec évaluation de la nature des dommages (détérioration éventuelle de la couche de vernis ou de l'isolation du fil);
- g) * les courbes d'évolution du pouvoir agglomérant pour chaque température de vieillissement;
- h) * le graphique d'endurance thermique (c'est-à-dire la droite s'ajustant le mieux possible aux résultats de vieillissement à différentes températures);
- i) * l'indice de température, c'est-à-dire la température qui correspond à une durée de vie extrapolée à 20 000 h.

* Cette information n'est disponible qu'à l'issue des essais d'endurance thermique.

5. Test report

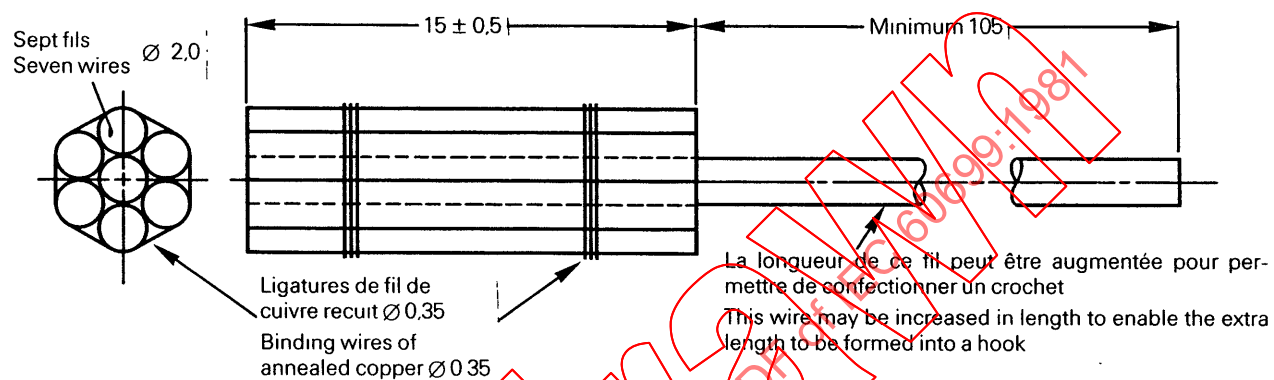
The test report shall contain:

- a) name and description of the varnish tested;
- b) description of the bare copper or enamelled wire used for bundles, for example, in accordance with Part 3 of IEC Publication 317;
- c) thermal treatment when making samples;
- d) description of test conditions;
- e) test result for each sample, highest and lowest results of the five measurements;
- f) result of visual inspection of the sample after the test with the evaluation of the character of damage (damage on the varnish layer or wire insulation, if any);
- g) * curves of bond strength for each ageing temperature;
- h) * the thermal endurance graph (i.e., the line of best fit to results of ageing at different temperatures);
- i) * temperature index, i.e., temperature corresponding to an extrapolated life of 20 000 h.

* Only reported after thermal endurance tests.

Dimensions en millimètres

Dimensions in millimetres

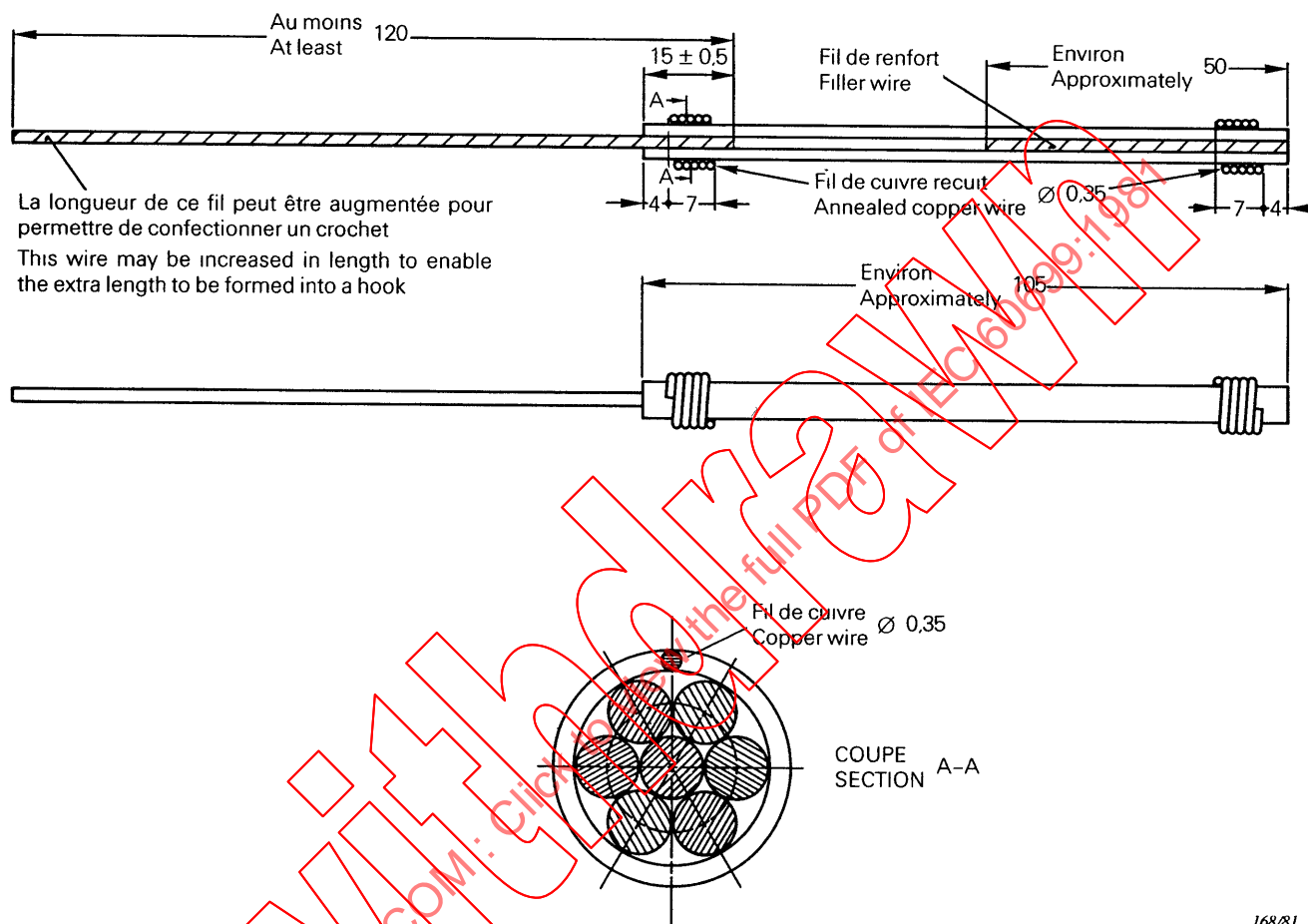


167/81

FIG. 1. — Eprouvette d'essai.
Test specimen.

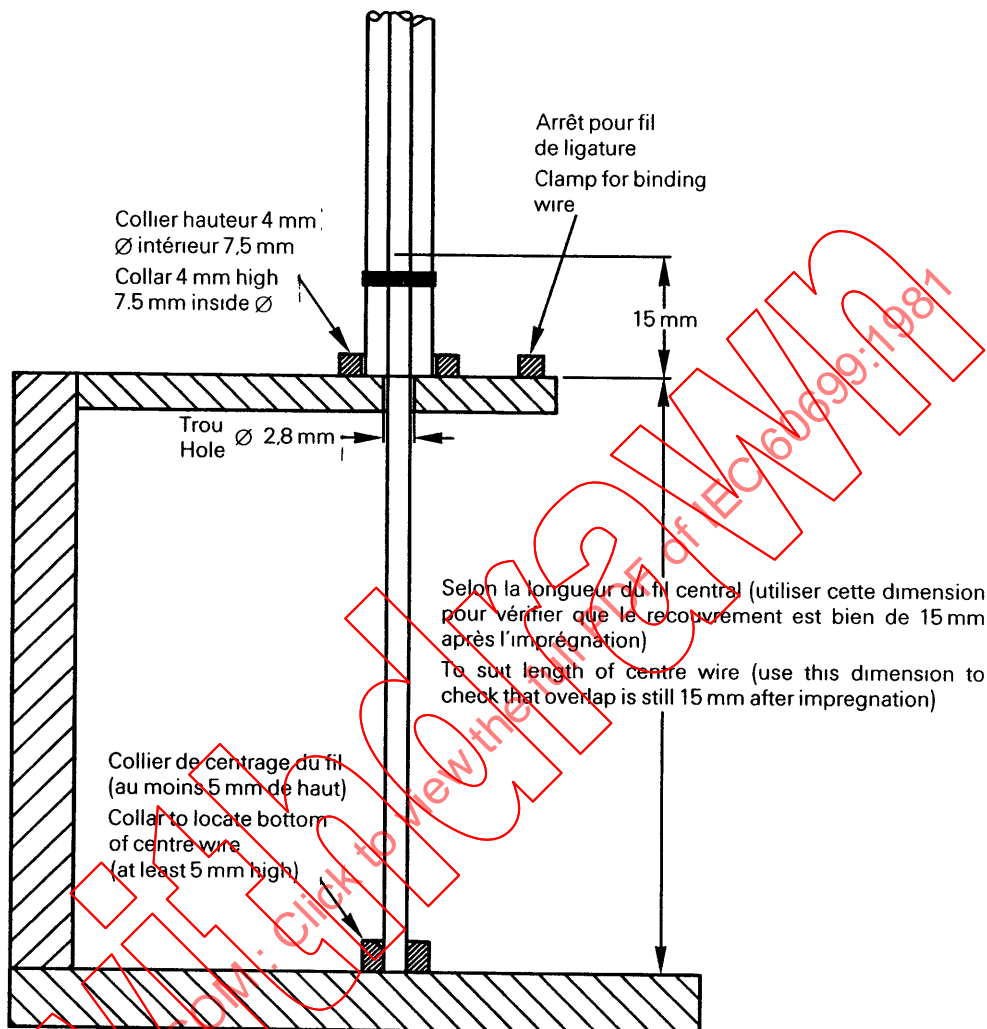
Dimensions en millimètres

Dimensions in millimetres



168/81

FIG. 2. - Variante de réalisation de l'éprouvette.
Alternative test specimen.



169/81

FIG.3. - Schéma d'un gabarit utilisable pour la méthode du faisceau.
Diagram of jig for use with bundle test.