

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 290

Première édition — First edition

1969

**Evaluation de l'endurance thermique des vernis isolants électriques
par la méthode de la bobine hélicoïdale**

**Evaluation of the thermal endurance of electrical insulating varnishes
by the helical coil bond test**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60290:1969

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

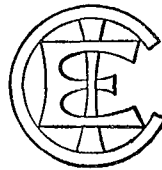
Publication 290

Première édition — First edition

1969

**Evaluation de l'endurance thermique des vernis isolants électriques
par la méthode de la bobine hélicoïdale**

**Evaluation of the thermal endurance of electrical insulating varnishes
by the helical coil bond test**



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

**ÉVALUATION DE L'ENDURANCE THERMIQUE
DES VERNIS ISOLANTS ÉLECTRIQUES PAR LA MÉTHODE
DE LA BOBINE HÉLICOÏDALE**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Les travaux commencèrent en 1962 au sein d'un Groupe de travail, et un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Prague en 1964. A la suite de la réorganisation de la structure du Comité d'Etudes N° 15, ce travail fut poursuivi par son Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, et un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1966. Des modifications à ce projet furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en septembre 1967.

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

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pakistan
Belgique	Pays-Bas
Canada	Pologne
Corée (République de)	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Finlande	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Inde	Turquie
Israël	Yougoslavie
Italie	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EVALUATION OF THE THERMAL ENDURANCE
OF ELECTRICAL INSULATING VARNISHES BY THE HELICAL COIL
BOND TEST**

FOREWORD

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

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

The work started in 1962 within a Working Group and a first draft was discussed during the meeting held in Prague in 1964. As a result of the re-organization of the structure of Technical Committee No. 15, the work was continued within its Sub-Committee 15B, Endurance Tests, and a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1966. Amendments to this draft were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in September 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Korea (Republic of)
Belgium	Netherlands
Canada	Norway
Czechoslovakia	Pakistan
Denmark	Poland
Finland	South Africa
France	Sweden
Germany	Switzerland
India	Turkey
Israel	United Kingdom
Italy	Yugoslavia
Japan	

ÉVALUATION DE L'ENDURANCE THERMIQUE DES VERNIS ISOLANTS ÉLECTRIQUES PAR LA MÉTHODE DE LA BOBINE HÉLICOÏDALE

1. Domaine d'application

Cette méthode a pour objet d'évaluer le pouvoir agglomérant d'un film mince de vernis d'imprégnation sur une bobine hélicoïdale. Cette méthode ne s'applique pas à l'essai des fils de bobinage. Une des principales fonctions d'un vernis étant d'agglomérer les composants d'un système d'isolation, la résistance du film de vernis constitue un critère de sa qualité en service. En mesurant les modifications observées dans la résistance des films de vernis soumis à un traitement, à l'action de la température et au vieillissement à haute température, il est possible de comparer la qualité des vernis.

Dans cet essai, une bobine hélicoïdale en fil de 1 mm de diamètre est recouverte de vernis et est soumise au traitement spécifié. La force nécessaire pour rompre cette bobine considérée comme une poutre simple est prise pour mesure du pouvoir agglomérant du film de vernis.

Le comportement du vernis sur du fil émaillé peut être différent de celui observé sur du fil d'aluminium. L'évaluation de la compatibilité d'un vernis avec des fils émaillés pour bobinage est hors du domaine d'application de cette recommandation.

Cette méthode n'est qu'une de celles qui peuvent être employées pour déterminer si un vernis convient pour un certain usage. L'ordre dans lequel les différents vernis se classent peut dépendre des méthodes d'essai employées.

2. Application de la méthode d'essai

Cette méthode peut être utilisée pour :

- a) Évaluer l'action de la température sur le pouvoir agglomérant d'un vernis.
- b) Évaluer l'endurance thermique relative des vernis.
- c) Évaluer l'effet des métaux de fil sur le pouvoir agglomérant ou l'endurance thermique relative.

3. Préparation des éprouvettes

3.1 Préparation des bobines

Les bobines hélicoïdales doivent être préparées en enroulant à spires jointives, sans aucun jour entre les spires, sur un mandrin de 6,3 mm de diamètre, un fil nu d'aluminium de 1 mm de diamètre, propre, lisse et recuit. La bobine doit être préparée en utilisant un système mécanique approprié et en appliquant au fil une certaine tension par une charge de 10 N afin que les spires s'appliquent exactement sur le mandrin.

Les bobines peuvent être préparées en enroulant une grande longueur de fil, puis en coupant la bobine ainsi obtenue en éléments de 75 mm de long. Les extrémités de chaque bobine doivent être retournées en forme de boucle comme il est indiqué sur la figure 1, page 14.

Les bobines doivent être nettoyées en les immergeant dans un solvant propre (mélange toluène-alcool, ou produit similaire). Elles sont retirées du solvant, rincées une ou deux fois dans l'acétone et ensuite séchées.

EVALUATION OF THE THERMAL ENDURANCE OF ELECTRICAL INSULATING VARNISHES BY THE HELICAL COIL BOND TEST

1. Scope

This method is intended for evaluating the bond strength of a thin film of impregnating varnish on a helical coil. This method does not apply to the testing of winding wires. Since a primary function of varnish is to bond the components of an insulating system, the strength of the varnish film is one measure of performance quality. By measuring the changes in the strength of varnish films as affected by cure, temperature and ageing at high temperature, the quality of varnishes can be compared.

In this test, 1 mm diameter wire in the form of a helical coil is coated with varnish and cured. The force necessary to break this coil as a simple beam is a measure of the varnish film strength.

The behaviour of the varnish on enamelled wire may differ from that exhibited on aluminium wire. The evaluation of compatibility between varnish and enamelled winding wires is not within the scope of this Recommendation.

The method is only one of those which will need to be used to determine the suitability of a varnish for use in practice. The order of merit in which different varnishes are placed may depend on the particular test chosen.

2. Application of test method

This method may be applied for:

- a) Determining the effect of temperature on the bonding capacity of a varnish.
- b) Determining the relative thermal endurance of varnishes.
- c) Determining the effect of wire metal on bonding strength or relative thermal endurance.

3. Preparation of test specimens

3.1 Preparation of coils

The helical coils shall be formed by winding, without gaps between adjacent turns, an uncoated, smooth and annealed aluminium wire with a diameter of 1 mm onto a 6.3 mm diameter mandrel. The coil shall be formed using a suitable mechanical system and applying tension by a load of 10 N to the wire in order that the turns fit exactly to the mandrel.

The coils may be wound in a long continuous length and then cut off to a length of 75 mm. The wire ends of each coil shall be twisted to form a loop as shown in Figure 1, page 14.

The coils shall be cleaned by immersing them in a clean solvent (toluene-alcohol mixture or similar solution). They shall be removed, rinsed once or twice in acetone and then dried.

3.2 *Caractéristique des vernis*

La consistance du vernis à essayer doit être ajustée par des essais, de façon que deux couches appliquées sur un échantillon du fil utilisé pour les bobines donnent un film de vernis sec de $0,05 \pm 0,005$ mm d'épaisseur. Au cas où il est impossible d'obtenir une épaisseur de 0,05 mm, les essais peuvent être effectués avec une épaisseur de couche différente; ceci est noté dans le procès-verbal d'essai.

3.3 *Qualité du fil*

Le fil d'aluminium est recommandé pour les essais de vernis pour haute température, parce que l'oxyde d'aluminium résultant du traitement ou vieillissement à haute température adhère fortement sur le fil et a peu d'influence sur les résultats de l'essai. Au cas où l'adhérence du vernis et la compatibilité présentent un intérêt, les bobines peuvent être préparées en utilisant des fils en métaux autres que l'aluminium; ceci doit être mentionné dans le procès-verbal.

3.4 *Imprégnation et traitement*

La bobine doit être immergée pendant 5 min verticalement dans le vernis à essayer, en prenant soin d'agiter doucement la bobine de façon à éliminer les bulles d'air à la surface. La bobine est ensuite enlevée mécaniquement du vernis à la vitesse d'environ 10 cm à la minute et égouttée pendant 30 min à l'atmosphère normale du laboratoire. Ensuite, pour achever le traitement, la bobine doit être placée dans l'étuve en position verticale, comme pour l'immersion dans le vernis.

Après refroidissement et en s'étant assuré qu'aucune pellicule de vernis n'obture les extrémités de la bobine, l'imprégnation et le traitement sont répétés avec la bobine retournée de haut en bas. La durée d'immersion et les conditions de traitement pour la deuxième immersion peuvent être différentes de celles de la première immersion.

3.5 *Conditions de traitement*

Dans des conditions normales, les éprouvettes doivent être traitées aux températures et pendant les durées spécifiées pour chaque couche par les fabricants de vernis.

Si le pouvoir agglomérant est mesuré en vue de déterminer les conditions optimales de traitement, les échantillons doivent être traités à des températures et pendant des temps différents.

L'étuve utilisée pour le traitement et pour l'essai doit être équipée d'un système de ventilation. La température réelle ne doit pas différer de la température spécifiée de plus de 2 deg C.

4. *Évaluation du pouvoir agglomérant*

4.1 *Appareillage*

Tout appareil de traction universel peut être utilisé, à condition qu'il soit précis à 2% près de la plus petite charge à mesurer. Le dispositif pour appliquer la charge sur l'éprouvette doit être commandé par un moteur pour assurer une vitesse constante d'allongement. Des dispositifs d'essais de traction à ressort, du type à pendule ou à plan incliné, peuvent être utilisés.

4.2 *Mode opératoire*

L'éprouvette doit être placée dans un dispositif de fixation, adapté à l'appareil à mesurer la traction. L'espace entre les deux éléments qui supportent l'éprouvette doit être de 44 mm et l'élément qui transmet la traction doit s'appliquer sur le milieu de l'éprouvette entre les deux supports. Un exemple de dispositif d'essai est donné à la figure 2, page 15. Une force croissante doit être appliquée sur l'éprouvette jusqu'à ce que celle-ci se rompe. La force nécessaire pour rompre la bobine est notée.

3.2 *Characteristic of varnish*

The consistency of the varnish to be tested shall be so adjusted by trial that two coats on a specimen of the wire used for coils gives a film of dry varnish of 0.05 ± 0.005 mm in thickness. In cases where it is impossible to obtain a 0.05 mm thickness, tests may be carried out with a different coating thickness and this is noted in the report.

3.3 *Type of wire*

Aluminium wire is recommended for high temperature varnish evaluation tests, because the aluminium oxide resulting from high temperature curing or ageing bonds tenaciously to the wire and has little effect on the test results. Where varnish adhesion and compatibility are of interest, the coils may be made using wires of metals other than aluminium and note made in the report.

3.4 *Impregnation and curing*

The coil shall be immersed for 5 min in a vertical position in the varnish to be tested, care being taken to move the coil gently so as to eliminate air bubbles on the surface. It shall then be removed mechanically from the varnish at the rate of approximately 10 cm per minute and allowed to drain for 30 min at standard laboratory atmosphere. Then, the coil shall be placed in the oven for curing, in the same vertical position as for the immersion in the varnish.

After cooling and having ensured that the ends of the coil are not sealed off by a skin of varnish, the impregnation and curing processes shall be repeated with the specimen reversed. The immersion time and curing conditions following the second immersion may be different from the first.

3.5 *Curing conditions*

Under normal conditions the specimens shall be baked at such temperatures and for such times as are specified for each coating by the varnish manufacturers.

Where the bonding capacity is measured for the purpose of determining the optimum curing conditions, the specimens shall be baked according to various temperatures and times.

The oven used for this baking process and for testing shall be provided with a forced circulating air ventilation system. Its actual temperature shall not differ from the specified temperature by more than 2 deg C.

4. **Determination of bond strength**

4.1 *Testing machine*

Any universal tensile machine may be used, provided it is accurate to 2% of the lowest load to be measured. The apparatus for applying the load to the test specimen shall be motor-driven to assure a constant rate of elongation. Spring scales, pendulum type and inclining plane tensile testing equipment can be used.

4.2 *Test procedure*

The specimen shall be placed in a testing fixture assembled in a suitable tensile tester. The spacing between the two supporting elements of the fixture shall be 44 mm and the breaking element shall contact the test specimen midway between the supporting elements. An example of one design of testing fixture is shown in Figure 2, page 15. An increasing force shall be applied to the specimen till it breaks. The force necessary to break the coil shall be recorded.

Sauf indications contraires, les essais doivent être effectués à l'atmosphère normale du laboratoire suivant les indications données dans la Publication 212 de la CEI: Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants solides.

4.3 *Vitesse d'allongement*

La plupart des vernis ne donnant lieu qu'à un faible allongement, des précautions doivent être prises afin de disposer du temps nécessaire pour noter la valeur de la charge de rupture. Si l'appareil d'essai a une vitesse d'allongement constante, on peut obtenir des mesures plus régulières en disposant des ressorts de traction entre l'élément mobile de la fixation de la bobine et la tête mobile de l'appareil. La vitesse d'allongement doit alors être de 5 cm par minute.

4.4 *Mesure du fléchissement*

Si la flexibilité du vernis présente de l'intérêt, le fléchissement de la bobine avant rupture peut être évalué en utilisant un dispositif de mesure de la déformation associé à l'appareil à mesurer la traction.

Lorsque l'on fait des mesures à haute température, le vernis peut devenir plastique sous l'effet de la chaleur, et les bobines peuvent se déformer d'une façon excessive au lieu de se rompre. Dans ce cas, la force nécessaire pour produire une flèche choisie arbitrairement est prise comme critère de rejet. Il est recommandé de prendre une flèche de 1 mm pour déterminer le critère de rejet.

4.5 *Nombre d'éprouvettes*

Un minimum de cinq bobines doit être utilisé pour chaque essai.

Le pouvoir agglomérant moyen est obtenu en faisant la moyenne des cinq valeurs.

Une valeur anormalement basse du pouvoir agglomérant peut résulter soit d'une mauvaise manipulation durant l'essai ou d'un défaut dans le film de vernis ou d'un dérangement de l'appareil d'essai. Pour cette raison, si une valeur du pouvoir agglomérant s'écarte de plus de 50 % de la valeur moyenne déterminée pour le jeu de cinq bobines, elle doit être éliminée et une sixième bobine peut être essayée pour compléter le jeu de cinq bobines.

5. **Application de la méthode d'essai**

Cette méthode d'essai peut être utilisée dans différents buts, conformément aux indications de l'article 2.

5.1 *Influence de la température sur le pouvoir agglomérant*

5.1.1 Le dispositif de fixation de l'éprouvette dans l'appareil à mesurer la traction est placé dans une étuve réglée à la température désirée.

Une étuve à circulation d'air est recommandée pour assurer une température uniforme autour du dispositif d'essai. Si les températures de l'étuve sont modifiées, un temps suffisant doit être prévu pour que le dispositif d'essai soit bien à la nouvelle température. L'élément permettant de mesurer la température doit être placé près du dispositif de fixation de la bobine pour mesurer la température réelle de la bobine.

5.1.2 Un jeu de bobines doit être préparé pour chaque température d'essai choisie. Le pouvoir agglomérant doit être mesuré lorsque les bobines ont été conditionnées à la température d'essai pendant au moins 5 min ou lorsque la température s'est bien égalisée dans l'étuve. La température d'essai doit être maintenue à la température désirée à ± 2 deg C près.

Unless otherwise specified, the tests shall be conducted at standard laboratory conditions as given in IEC Publication 212, Standard Conditions for Use prior to and during the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.

4.3 *Rate of extension*

Since most varnishes have a low elongation, provision must be made to allow time to register the value of breaking force. If the test machine has a constant rate of elongation, more reliable measurements may be obtained by inserting tension springs between the movable element of the testing fixture and the movable element of the tensile tester. The rate of elongation shall then be 5 cm per minute.

4.4 *Bending measurement*

When the flexibility of the varnish is of interest, the bending of the specimen prior to breaking can be determined using strain measuring equipment associated with the tensile testing machine.

When making measurements at high temperatures, the varnish may become thermoplastic and the coils may bend excessively instead of breaking. In this event, the force necessary to cause an arbitrarily selected amount of bending is taken as the failure value. A 1 mm bending is recommended to determine the failure value.

4.5 *Number of specimens*

A minimum of five coils shall be used for each test.

The average bond strength is obtained by averaging the five values.

An unusually low value of the bond strength may result from mishandling during testing, a fault in the varnish film, or a failure of the testing equipment. Therefore, if a value of the bond strength deviates by more than 50% from the average value recorded for the set of five coils, it may be discarded and a sixth coil may be tested to complete the set of five.

5. **Application of test method**

This test method may be used for various purposes, according to Clause 2.

5.1 *Effect of temperature on bond strength*

5.1.1 The test fixture in the tensile testing machine is enclosed in an oven capable of maintaining the desired temperature.

A circulating air oven is recommended to assure uniform temperatures around the testing fixture. When the oven temperatures are changed, sufficient time should be allowed for the testing fixture to reach the new temperature. The temperature sensing element shall be placed near the coil holding fixture to measure the temperature at the coil.

5.1.2 A set of specimens shall be prepared for each test temperature chosen. The bond strength shall be determined after the coils have been conditioned at test temperature for at least 5 min or until the uniform temperature is attained. Testing temperature should be maintained within ± 2 deg C of the desired temperature.

- 5.1.3 Le pouvoir agglomérant à basse température peut être mesuré en adaptant à l'étuve un dispositif de réfrigération. Des gaz liquéfiés comme l'azote et le gaz carbonique insufflés directement dans l'étuve ou circulant à travers des radiateurs peuvent être utilisés dans ce but.

5.2 *Endurance thermique relative des vernis*

- 5.2.1 Des jeux d'éprouvettes doivent être exposés à au moins trois et si possible quatre températures ou davantage, couvrant une gamme suffisante de températures pour mettre en évidence les effets de la dégradation thermique sur le pouvoir agglomérant.

Un guide pour effectuer les essais d'endurance thermique est donné dans la Publication 216 de la CEI: Guide pour la préparation des méthodes d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des isolants électriques.

- 5.2.2 Les éprouvettes doivent être suspendues verticalement dans l'étuve de vieillissement, disposées de façon à permettre la libre circulation de l'air autour de chaque éprouvette et à éviter les vibrations qui pourraient les endommager. Certains vernis pouvant se ramollir aux températures élevées, les éprouvettes ne doivent pas se toucher. Les éprouvettes ne doivent pas être posées dans des casiers ou autres boîtes qui pourraient être la cause d'une déformation du film de vernis.

- 5.2.3 Pour être certain que les éprouvettes ne seront pas épuisées avant la fin de l'essai, le vieillissement thermique doit être échelonné en mettant de côté une partie des éprouvettes. Les intervalles entre les essais et le moment où les éprouvettes mises de côté doivent être soumises au vieillissement thermique sont déterminés en fonction de la vitesse de dégradation constatée sur les premières éprouvettes exposées au vieillissement thermique.

- 5.2.4 Une étuve à circulation d'air forcé est recommandée pour assurer des températures uniformes autour des éprouvettes pendant l'essai. Les températures de l'étuve ne doivent pas s'écarter de plus de 2 deg C de la température désirée.

- 5.2.5 Les jeux d'éprouvettes doivent être enlevés à la fin de chaque période de vieillissement et conditionnés pendant 1 h; leur pouvoir agglomérant est alors mesuré à l'atmosphère ambiante du laboratoire.

- 5.2.6 Un graphique du pouvoir agglomérant en fonction du temps de vieillissement à chaque température indiquera la stabilité thermique basée sur la diminution du pouvoir agglomérant comme il est indiqué à la figure 3, page 16. En choisissant un critère arbitraire de fin de vie, on peut déterminer la durée de vie pour chaque température de vieillissement. Ces valeurs peuvent être portées sur un graphique permettant de comparer l'endurance thermique relative des vernis comme il est indiqué sur la figure 4, page 17.

5.3 *Adhérence du vernis sur le métal servant de support*

- 5.3.1 L'influence de la nature du métal sur l'adhérence du vernis sur un fil de ce métal peut être évaluée en mesurant le pouvoir agglomérant en fonction de la température, comme il est indiqué au paragraphe 5.2.

- 5.3.2 Les bobines doivent alors être préparées à partir du fil nu et propre du métal à essayer, comme il est indiqué à l'article 3.

- 5.3.3 Un graphique du pouvoir agglomérant en fonction de la température, obtenu avec les essais ci-dessus, peut être comparé avec celui obtenu pour l'essai sur des fils d'aluminium.

- 5.4 On peut soumettre les éprouvettes à d'autres conditions du milieu environnant, telles que radiations nucléaires, pour évaluer leurs effets sur le pouvoir agglomérant du vernis.

- 5.1.3 The bond strength at low temperatures can be determined by fitting the oven with a refrigerating device. Liquefied gases such as nitrogen and carbon dioxide, blown directly into the oven or passed through radiators, can be used for this purpose.

5.2 *Relative thermal endurance of varnishes*

- 5.2.1 Sets of specimens shall be exposed to not less than three and preferably four or more temperatures covering a sufficient temperature range to show the effects of thermal degradation on the bonding strength.

A guide for making thermal endurance tests is given in IEC Publication 216, Guide for the Preparation of Test Procedure for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulating Materials.

- 5.2.2 The specimens shall be suspended vertically in the ageing oven and placed to allow free movement of air around each specimen and to avoid vibration that might damage them. Since some varnishes may soften at high temperatures, the specimens shall not touch each other. The specimens shall not be laid in trays or other containers which might cause a distortion of the varnish film.

- 5.2.3 To make sure that specimens are not depleted before the end of the test, heat ageing shall be staggered by withholding a portion of the specimens. The test intervals and the time when the retained specimens shall be subjected to heat ageing shall be dictated by the rate of thermal degradation shown by those specimens first exposed to the ageing temperature.

- 5.2.4 A forced-air circulating oven is recommended to assure uniform temperatures around the specimens under test. Oven temperatures shall not differ by more than 2 deg C from the desired temperature.

- 5.2.5 The sets of specimens shall be removed at the end of each ageing time and conditioned for 1 h and then tested for the bond strength at standard laboratory atmosphere.

- 5.2.6 A graph of bond strength against ageing time at each temperature will indicate thermal stability based on the loss of bonding capacity, as shown in Figure 3, page 16. By selecting an arbitrary end point, life values for each ageing temperature can be determined. These values can be plotted on a suitable chart to compare the relative thermal endurance of varnishes as shown in Figure 4, page 17.

5.3 *Adhesion of varnish to supporting metal*

- 5.3.1 The influence of the nature of a metal on the adhesion of a varnish to a wire of this metal can be evaluated by measuring the bond strength according to the temperature, as stated in Sub-clause 5.2.

- 5.3.2 The coils shall then be prepared from uncoated, clean wires of the metal to be tested, according to the procedure given in Clause 3.

- 5.3.3 A graph of bond strength against temperature obtained in the above tests can be compared with the test on aluminium wires.

- 5.4 Other environmental conditions such as nuclear radiation can be applied to determine their effects on the bonding strength of the varnish.

6. **Procès-verbal d'essai**

Le procès-verbal des résultats obtenus en utilisant cette méthode d'essai doit indiquer :

- a) La description et l'identification du vernis utilisé et l'épaisseur de la couche de vernis si elle est différente de la valeur spécifiée.
- b) La durée du traitement et la température utilisée pour préparer les bobines.
- c) Une description du fil utilisé pour préparer les bobines et du métal du fil.
- d) La description de l'essai, par exemple :
 - le pouvoir agglomérant en fonction de la température;
 - l'endurance thermique, etc.
- e) Un relevé du pouvoir agglomérant de chaque éprouvette et la valeur moyenne pour chaque jeu essayé.
- f) Le graphique du pouvoir agglomérant en fonction du paramètre (durée, température).

6. **Test report**

The report of test results obtained using this test method shall state:

- a) The description and identification of the varnish used and the thickness of the varnish layer, if different from the specified value.
- b) The cure time and temperature used in preparing the coils.
- c) A description of the wire used in preparing the coils. The metal of the wire should be recorded.
- d) A description of the test, e.g.:
 - bond strength against temperature;
 - thermal endurance, etc.
- e) A tabulation of the bond strength of each specimen and the average value for each set tested.
- f) A graph of bond strength against a parameter (time, temperature).

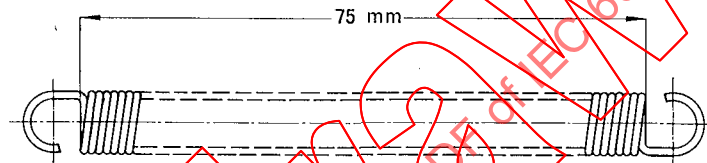


FIG. 1. — Echantillons d'essais
Helical coil test specimens.

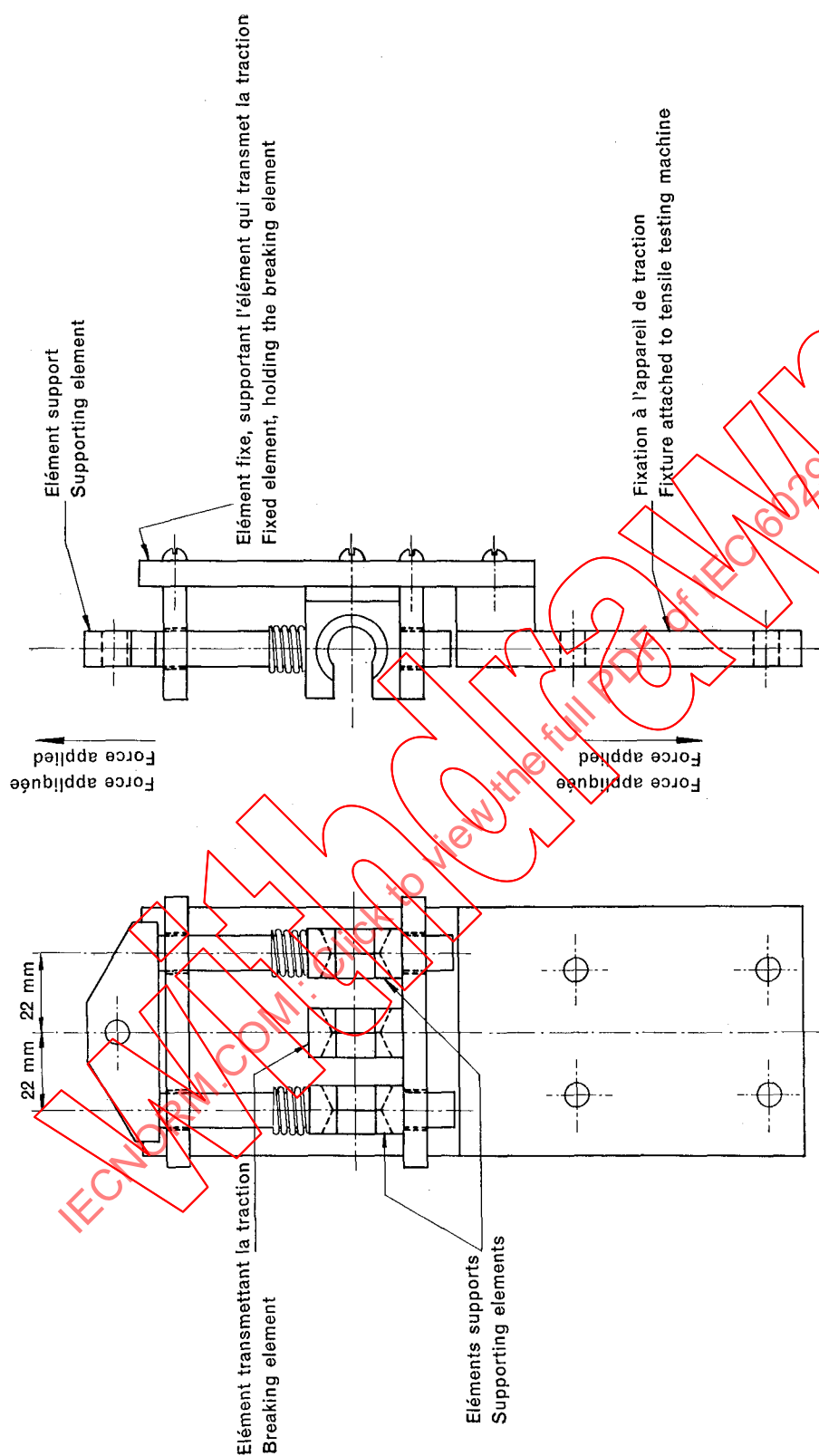


FIG. 2. — Exemple de montage de fixation pour l'essai d'adhérence du vernis.
Example of varnish bond strength test fixture.