

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC**

61462

Première édition
First edition
1998-11

**Isolateurs composites –
Isolateurs creux pour appareillage électrique
utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur –
Définitions, méthodes d'essais, critères
d'acceptation et recommandations de conception**

**Composite insulators –
Hollow insulators for use in outdoor
and indoor electrical equipment –
Definitions, test methods, acceptance criteria
and design recommendations**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61462:1998

Numéros des publications

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

Numbering

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

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.

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.

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 des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

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 subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

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*.

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*.

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

* See web site address on title page.

RAPPORT TECHNIQUE – TYPE 2

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT – TYPE 2

61462

Première édition
First edition
1998-11

**Isolateurs composites –
Isolateurs creux pour appareillage électrique
utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur –
Définitions, méthodes d'essais, critères
d'acceptation et recommandations de conception**

**Composite insulators –
Hollow insulators for use in outdoor
and indoor electrical equipment –
Definitions, test methods, acceptance criteria
and design recommendations**

© IEC 1998 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 Varembe 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

X

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	10
Articles	
1 Domaine d'application et objet	14
2 Références normatives	14
3 Définitions	16
4 Relations entre les charges mécaniques.....	20
4.1 Charges appliquées à l'extérieur de l'isolateur	20
4.2 Pressions	20
5 Marquage	22
6 Classification des essais	22
6.1 Essais de conception	22
6.2 Essais de type	24
6.3 Essais sur prélèvements	24
6.4 Essais individuels	24
7 Essais de conception	24
7.1 Généralités	24
7.2 Essais des interfaces et connexions des pièces d'extrémités	24
7.2.1 Specimen d'essai	24
7.2.2 Essai de référence sous tension à fréquence industrielle à sec	26
7.2.3 Essai de précontrainte thermo-mécanique	26
7.2.4 Essai de pénétration d'eau	26
7.2.5 Essai de vérification.....	26
7.3 Essai du matériau du revêtement.....	30
7.3.1 Essai de cheminement et d'érosion	30
7.3.2 Essai d'inflammabilité	34
7.4 Essai du matériau du tube (essai de pénétration d'eau).....	34
7.4.1 Specimen d'essai	34
7.4.2 Préconditionnement.....	34
7.4.3 Essai sous tension électrique	34
7.4.4 Sanction de l'essai.....	34
8 Essais de type (essais mécaniques seulement).....	36
8.1 Généralités	36
8.2 Specimens d'essai	36
8.3 Préparation des spécimens d'essai	36
8.4 Déroulement des essais.....	38
8.4.1 Essai de pression interne	38
8.4.2 Essai de flexion	40
8.5 Sanction des essais	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
Clause	
1 Scope and object	15
2 Normative references	15
3 Definitions	17
4 Relationships of mechanical loads	21
4.1 Loads from outside the insulator	21
4.2 Pressures	21
5 Marking	23
6 Classification of tests	23
6.1 Design tests	23
6.2 Type tests	25
6.3 Sample tests	25
6.4 Routine tests	25
7 Design tests	25
7.1 General	25
7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings	25
7.2.1 Test specimen	25
7.2.2 Reference dry power frequency flashover test	27
7.2.3 Thermal mechanical pre-stress test	27
7.2.4 Water immersion pre-stress test	27
7.2.5 Verification tests	27
7.3 Tests of housing material	31
7.3.1 Tracking and erosion test	31
7.3.2 Flammability test	35
7.4 Tests for the tube material (water diffusion test)	35
7.4.1 Test specimen	35
7.4.2 Pre-stressing	35
7.4.3 Voltage test	35
7.4.4 Evaluation of the test	35
8 Type tests (only mechanical tests)	37
8.1 General	37
8.2 Test specimens	37
8.3 Preparation of the test specimen	37
8.4 Performance of the tests	39
8.4.1 Internal pressure test	39
8.4.2 Cantilever bending test	41
8.5 Acceptance criteria	41

Articles	Pages
9 Essais sur prélèvements	42
9.1 Choix et nombre de pièces à essayer	42
9.2 Essais.....	42
9.3 Vérification des dimensions.....	42
9.4 Essais mécaniques	44
9.5 Vérification de l'interface entre les pièces d'extrémités et l'enveloppe.....	44
9.6 Sanction de l'essai.....	44
9.7 Contre-épreuve	46
10 Essais individuels.....	46
10.1 Généralités.....	46
10.2 Examen visuel.....	46
10.3 Essai individuel de pression	48
10.4 Essai individuel mécanique	48
10.5 Essai individuel d'étanchéité.....	48
10.6 Essai du matériau du tube.....	48
11 Documentation	48
Figures	
1 Essai de précontrainte thermo-mécanique – Cycles typiques	50
2 Essai de précontrainte thermo-mécanique – Montage typique	52
3 Montage pour l'essai de taux de fuite	54
4 Exemples de systèmes d'étanchéité des isolateurs creux composite.....	56
5 Exemple de cuve pour l'essai de pénétration d'eau.....	58
6 Electrodes pour l'essai sous tension.....	60
7 Circuit pour l'essai sous tension.....	60
A.1 Parallélisme, coaxialité et excentricité.....	62
A.2 Déviation angulaire des trous de fixation: exemple 1	64
A.3 Déviation angulaire des trous de fixation: exemple 2	64
A.4 Tolérances selon la pratique normalisée de dessin.....	66
B.1 Relation entre les charges de flexion	74
B.2 Relation entre les pressions	74
C.1 Position des jauges de contrainte pour les essais de pression et de flexion	80
C.2 Courbe allongement/temps, phase élastique, réversible	82
C.3 Courbe allongement/temps, phase plastique, irréversible, limite d'endommagement	82
Annexe A (normative) – Tolérances de forme et de position.....	62
Annexe B (informative) – Recommandations générales pour la conception et la construction	68
B.1 Guide de conception.....	68
B.2 Guide concernant la pression maximum de service	68
B.3 Guide concernant la température requise par le fabricant de l'équipement	68
B.4 Guide concernant les charges mécaniques requises par le fabricant de l'équipement	68
B.5 Sommaire des essais.....	70
B.6 Bibliographie.....	76
Annexe C (informative) – Limite entre les allongements réversibles et irréversibles de tubes d'isolateurs composites creux dus aux pressions internes et forces de flexion	78
C.1 Définition	78
C.2 Exemple d'évaluation de la tolérance d'élongation	78

Clause	Page
9 Sample tests	43
9.1 Selection and number of insulators	43
9.2 Testing	43
9.3 Verification of dimensions	43
9.4 Mechanical tests	45
9.5 Check of the interface between end fittings and the housing	45
9.6 Acceptance criteria	45
9.7 Re-test procedure	47
10 Routine tests	47
10.1 General	47
10.2 Visual examination	47
10.3 Routine pressure test	49
10.4 Routine mechanical test	49
10.5 Routine tightness test	49
10.6 Test for the tube material	49
11 Documentation	49
Figures	
1 Thermal mechanical pre-stress test – Typical cycles	51
2 Thermal mechanical pre-stress test – Typical test arrangement	53
3 Test arrangement for the leakage rate test	55
4 Examples of sealing systems for composite hollow insulators	57
5 Example of boiling container for the water diffusion test	59
6 Electrodes for the voltage test	61
7 Voltage test circuit	61
A.1 Parallelism, coaxiality and concentricity	63
A.2 Angular deviation of fixing holes: Example 1	65
A.3 Angular deviation of fixing holes: Example 2	65
A.4 Tolerances according to standard drawing practice	67
B.1 Relationship of bending loads	75
B.2 Relationship of pressures	75
C.1 Position of strain gauges for pressure load and bending load	81
C.2 Strain/time curve, reversible elastic phase	83
C.3 Strain/time curve, irreversible plastic phase, damage limit	83
Annex A (normative) – Tolerances of form and position	63
Annex B (informative) – General recommendations for design and construction	69
B.1 Guidance for design	69
B.2 Guidance for the maximum service pressure	69
B.3 Guidance for the temperature required by the equipment manufacturer	69
B.4 Guidance for the mechanical loads required by the equipment manufacturer	69
B.5 Summary of the tests	71
B.6 Bibliography	77
Annex C (informative) – Limits defining reversible and irreversible strain due to internal pressure and/or bending loads on tubes used in composite hollow insulators	79
C.1 Definition	79
C.2 Example of determining the strain tolerance	79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ISOLATEURS COMPOSITES –

ISOLATEURS CREUX POUR APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE UTILISÉ À L'INTÉRIEUR OU À L'EXTÉRIEUR –

Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception

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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMPOSITE INSULATORS –
HOLLOW INSULATORS FOR USE IN OUTDOOR AND
INDOOR ELECTRICAL EQUIPMENT –****Definitions, test methods, acceptance criteria and
design recommendations**

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 61462, rapport technique de type 2, a été établie par le comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
36/132/CDV	36/149/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives ISO/CEI) comme "norme prospective d'application provisoire" dans le domaine des isolateurs composites creux pour appareillage électrique utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur, car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une "Norme internationale". Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

L'annexe A fait partie intégrante de ce rapport technique.

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

IEC 61462, which is a technical report of type 2, has been prepared by IEC technical committee 36: Isolators.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
36/132/CDV	36/149/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the ISO/IEC Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of composite follow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment because there is an urgent requirement for guidance on from standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for another three years or conversion into an International Standard or withdrawal.

Annex A forms an integral part of this technical report.

Annexes B and C are for information only.

INTRODUCTION

Les isolateurs composites creux sont constitués d'un tube isolant supportant la charge mécanique protégé par un revêtement en élastomère; la charge mécanique est transmise au tube par l'intermédiaire de pièces d'extrémité métalliques. Malgré ces caractéristiques communes, les matériaux utilisés et les procédés de fabrication peuvent différer d'un constructeur à l'autre.

Bien que les isolateurs composites creux soient utilisés dans diverses applications, un manque de connaissance subsiste en matière de dimensionnement et d'essais.

Des essais regroupés sous la dénomination "essais de conception" sont réalisés une fois seulement pour les isolateurs de même conception et matériau. Les essais de conception sont réalisés de façon à éliminer des matériaux et des conceptions qui ne seraient pas adaptés aux applications à haute tension. L'influence du temps sur les propriétés électriques et mécaniques de l'isolateur composite creux complet et ses constituants (matériaux du tube, du revêtement, interfaces etc.) est prise en compte lors de la spécification des essais de conception de façon à garantir une durée de vie acceptable sous les conditions de service. Ces conditions peuvent dépendre également de l'équipement situé à l'intérieur ou à l'extérieur des isolateurs composites creux; cependant cet aspect n'est pas considéré dans ce rapport. En conséquence, aucune directive ne peut actuellement être donnée en ce qui concerne les exigences minimales relatives à l'épaisseur du tube et du revêtement, et relatives aux interactions entre la paroi interne du tube et les diélectriques liquides ou gazeux et à leurs produits de décomposition. Des méthodes d'essai, non spécifiées dans ce rapport, peuvent être considérées pour des combinaisons particulières de matériaux ou des applications spécifiques et faire l'objet d'un accord entre les fabricants d'isolateurs et les utilisateurs.

En pratique les isolateurs composites creux sont utilisés aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu. Malgré cela, aucune procédure d'essai de résistance au cheminement et à l'érosion, en termes d'essai de conception, n'a été définie et acceptée pour les applications en courant continu. L'essai de 1 000 h de la CEI 61109, pour les applications en courant alternatif, a été adopté comme exigence minimale pour vérifier la résistance au cheminement et à l'érosion du matériau de revêtement. D'autres essais qui peuvent être appropriés pour simuler ou accélérer les effets d'un environnement sévère, sont en cours d'évaluation.

Des exigences minimales concernant les dimensions du spécimen d'essai sont données pour les essais de conception, bien qu'il ne soit pas actuellement connu dans quelle mesure les résultats obtenus sont applicables à des isolateurs de même conception mais comportant des différences dimensionnelles importantes.

Ce rapport fait la distinction entre les essais de conception et les essais de type puisqu'une conception et une combinaison de matériaux données peuvent être utilisées pour différents types d'isolateurs. Dans ce cas, les résultats des essais de conception sont valables pour les différents types.

Les essais de tenue à la pollution, conformément à la CEI 60507, ne sont pas considérés dans ce rapport dans la mesure où ils ne sont généralement pas applicables. Ces essais réalisés sur des isolateurs en matériau synthétique ne donnent pas de résultats conformes à l'expérience en service. Des essais de tenue à la pollution spécifiques aux isolateurs synthétiques sont en cours d'évaluation.

NOTE – Afin d'obtenir plus d'expérience dans ce domaine, le comité technique 36 a décidé lors de la réunion d'Helsinki (RM 3750 TC 36, juillet 1994) d'éditer ce document sous la forme d'un rapport de type 2.

INTRODUCTION

Composite hollow insulators consist of an insulating tube bearing the mechanical load protected by an elastomeric housing, the loads being transmitted to the tube by metal fittings. Despite these common features, the materials used and the construction details employed by different manufacturers may be different.

In spite of the fact that composite hollow insulators are in use for different applications, there is a lack of experience concerning dimensioning and testing of these insulators.

Some tests have been grouped together as "design tests" to be performed only once for insulators of the same design and material. The design tests are performed in order to eliminate designs and materials not suitable for high voltage applications. The influence of time on the electrical and mechanical properties of the complete composite hollow insulator and its components (tube material, housing material, interfaces etc.) has been considered in specifying the design tests in order to ensure a satisfactory lifetime under normal service conditions. These conditions may also depend on the equipment inside or outside the composite hollow insulators; however, this matter has not been covered. Therefore at present, guidance cannot be given concerning minimum requirements for the wall thickness of the housing and the tube, interactions between the interior of the tube and gaseous or liquid insulation materials and their decomposition products. Test methods not specified here may be considered for specific combinations of materials and specific applications and are a matter of agreement between manufacturers and users.

The practical use of composite hollow insulators covers both a.c. and d.c. applications. In spite of this fact a specific tracking and erosion test procedure for d.c. applications as a design test has not yet been defined and accepted. The 1 000 h a.c. tracking and erosion test has been adopted from IEC 61109 in order to establish a minimum requirement for the tracking resistance of the housing material. Other tests which may be appropriate to simulate or accelerate the effects of severe environmental conditions are under consideration.

Minimum requirements for the test specimen dimensions for the design tests are given, although it is not known at present to which extent the results can be transferred to insulators of the same design with major dimensional differences.

This report distinguishes between design tests and type tests because several general characteristics of a specific design and specific combinations of materials do not vary for different insulator types. In these cases results from design tests can be adopted for different insulator types.

Pollution tests according to IEC 60507 are not included in this report as they are generally not applicable. Such pollution tests performed on insulators made of non-ceramic materials do not correlate with experience obtained from service. Specific pollution tests for non-ceramic insulators are under consideration.

NOTE – In order to obtain more experience TC 36 decided at the Helsinki meeting (RM 3750/TC 36, July 1994) to issue this document as a type 2 report.

Les caractéristiques mécaniques des isolateurs composites creux sont très différentes de celles des isolateurs creux en porcelaine. Afin de déterminer les seuils de détérioration des isolateurs composites creux sous l'influence des contraintes mécaniques, des mesures à l'aide de jauges de contrainte ont été introduites dans ce rapport. D'autres méthodes de détermination du seuil de détérioration sont à l'étude (par exemple l'émission acoustique); cependant aucune méthode fiable ne peut actuellement être proposée.

Ce rapport fait référence à différentes pressions caractéristiques qui sont utilisées pour la conception et les essais des isolateurs composites creux. Le terme "pression maximale de service" est équivalent au terme "pression de conception" qui est utilisé dans d'autres normes pour les isolateurs creux en porcelaine; cependant ce dernier terme n'est pas utilisé dans ce qui suit pour éviter la confusion avec le mot "conception" utilisé pour les essais de conception. Une position commune de la Commission Européenne est en cours de préparation qui définira des termes généraux pour les pressions et températures. Quand ce travail sera terminé, l'harmonisation des termes et définitions pour les pressions et températures dans ce rapport sera prise en considération.

Des recommandations générales relatives à la conception et à la construction des isolateurs composites creux sont présentées à l'annexe B.

The mechanical characteristics of composite hollow insulators are quite different compared to those of hollow insulators made of porcelain. In order to determine the onset of mechanical deterioration of composite hollow insulators under the influence of mechanical stress, strain gauge measurements have been introduced in this report. Other methods to determine the onset of deterioration are under investigation (for example acoustic emission measurement), but at this stage no other reliable method could be adopted.

This report refers to different characteristic pressures which are used for design and testing of composite hollow insulators. the term "maximum service pressure" MSP is equivalent to the term "design pressure" which is used in other standards for porcelain hollow insulators, however this latter term is not used in the following to avoid confusion with "design" as used in "design tests". An EC common position on pressure equipment is currently under preparation which will define general terms for pressures and temperatures. When this work has been completed, harmonization of the terms and definitions for pressures and temperatures in this report will be considered.

General recommendations for the design and construction of composite hollow insulators are presented in annex B.

ISOLATEURS COMPOSITES – ISOLATEURS CREUX POUR APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE UTILISÉ À L'INTÉRIEUR OU À L'EXTÉRIEUR –

Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception

1. Domaine d'application et objet

Le présent rapport technique est applicable aux isolateurs composites creux qui sont constitués d'un tube isolant supportant la charge mécanique constitué de fibres imprégnées de résine, protégé par un revêtement en élastomère (par exemple : silicone ou éthylène-propylène) et de pièces métalliques fixées à ses extrémités. L'isolateur composite creux tel qu'il est décrit dans ce rapport peut être sollicité par une pression interne ou peut être sans pression interne. Il peut être utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur dans des équipements électriques mettant en œuvre des courants alternatifs à une tension de service supérieure à 1 000 V et à une fréquence ne dépassant pas 100 Hz ou des courants continus à une tension de service supérieure à 1 500 V.

L'objet de ce rapport est de

- définir les termes utilisés;
- prescrire les méthodes d'essais;
- prescrire les critères d'acceptation.

Ce rapport ne prescrit pas d'essais de type de tension de choc de foudre ou de tension à fréquence industrielle ou d'essais de pollution parce que les résultats de ces essais sous tension électrique ne sont pas caractéristiques de l'isolateur seul mais dépendent aussi de l'appareil dont il fait partie.

NOTE 1 – "Pression interne" signifie une pression permanente de gaz supérieure à 0,05 MPa (0,5 bar) relatif. Le gaz peut être de l'air sec ou un gaz inerte, par exemple de l'hexafluorure de soufre (SF_6), du nitrogène (N_2), ou un mélange de tels gaz.

NOTE 2 – "Sans pression interne" signifie une pression due à un gaz ou à un liquide inférieure ou égale à 0,05 MPa (0,5 bar) relatif. Quand la pression hydrostatique dépasse 0,05 MPa, des procédures d'essai différentes peuvent faire l'objet d'un accord.

NOTE 3 – Les isolateurs creux sont utilisés dans des équipements électriques tels que, mais pas limités aux

- disjoncteurs;
- interrupteurs;
- sectionneurs;
- sectionneurs de terre;
- transformateurs de mesures et de puissance;
- traversées.

Des essais complémentaires définis par les comités CEI relatifs à ces matériels peuvent être spécifiés.

2. Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique 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 60060-1:1991, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2: Essais – Essai Q: Étanchéité*

COMPOSITE INSULATORS – HOLLOW INSULATORS FOR USE IN OUTDOOR AND INDOOR ELECTRICAL EQUIPMENT –

Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations

1 Scope and object

This technical report applies to composite hollow insulators consisting of a load bearing insulating tube made of resin impregnated fibres, a housing (outside the insulating tube) made of elastomeric material (for example silicone or ethylene-propylene) and metal fixing devices at the ends of the insulating tube. Composite hollow insulators as defined in this report are intended to be used under conditions involving internal pressure or free of pressure. They are intended for use in outdoor or indoor electrical equipment operating on alternating current with a rated voltage greater than 1 000 V and a frequency not greater than 100 Hz or for use in direct current equipment with a rated voltage greater than 1 500 V.

The object of this report is:

- to define the terms used;
- to prescribe test methods;
- to prescribe acceptance criteria.

This report does not prescribe impulse voltage or power frequency voltage type tests or pollution tests because the withstand voltages are not characteristics of the hollow insulator itself, but of the apparatus of which it ultimately forms a part.

NOTE 1 – "Internal pressure" means a permanent gas pressure greater than 0,05 MPa (0,5 bar) gauge. The gas can be dry air or inert gases, for example sulphur hexafluoride, nitrogen, or a mixture of such gases.

NOTE 2 – "No internal pressure" means a gas or liquid pressure smaller than or equal to 0,05 MPa (0,5 bar) gauge. Where hydrostatic pressure exceeds 0,05 MPa different test procedures may be agreed.

NOTE 3 – Composite hollow insulators are intended for use in electrical equipment, such as, but not limited to

- circuit breakers;
- switch-disconnectors;
- disconnectors;
- earthing switches;
- instrument- and power transformers;
- bushings.

Additional testing defined by the relevant IEC equipment committee may be required.

2 Normative references

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

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

CEI 60168:1994, *Essais des supports isolants d'intérieur et d'extérieur, en matière céramique ou en verre, destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V*

CEI 60660:1979, *Essais des supports isolants d'intérieur en matière organiques destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V jusqu'à 300 kV non compris*

CEI 60707:1981, *Méthodes d'essai pour évaluer l'inflammabilité des matériaux isolants électriques solides soumis à une source d'allumage*

CEI 60932:1988, *Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères*

CEI 61109:1992, *Isolateurs composites destinés aux lignes aériennes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

ISO 1101:1983, *Dessins techniques – Tolérancement géométrique – Tolérancement de forme, orientation, position et battement – Généralités, définitions, symboles, indications sur les dessins*

ISO 3452:1984, *Essais non destructifs – Contrôle par ressuage – Principes généraux*

3. Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

isolateur composite creux

un isolateur composite creux est constitué d'au moins deux parties isolantes, à savoir un tube et son revêtement extérieur. Le revêtement peut être constitué d'aillettes individuelles fixées sur le tube avec ou sans gaine intermédiaire, ou peut être directement appliqué en une seule ou plusieurs pièces sur le tube. Un isolateur creux est équipé en permanence de deux pièces d'extrémité. Il est ouvert de part en part.

3.2

tube

partie interne isolante d'un isolateur composite creux étudiée pour en assurer les caractéristiques de résistance mécanique. Le tube est en général cylindrique ou conique mais peut avoir d'autres formes (par exemple : en tonneau). Le tube est en fibres imprégnées de résine disposées de façon à obtenir la résistance mécanique nécessaire. Différents types de fibres peuvent être utilisés pour satisfaire à des exigences particulières.

3.3

pièces d'extrémités

pièces métalliques qui font partie intégrante de l'isolateur composite creux. Elles sont fixées au tube pour transmettre les efforts mécaniques.

3.4

zone de couplage

partie des pièces d'extrémités qui transmet la charge aux pièces adjacentes (par exemple à une structure de support mise à la terre, ou un autre isolateur). Le couplage ne concerne pas l'interface entre le tube et les pièces d'extrémités.

3.5

zone de connexion

partie du tube et partie de la pièce d'extrémité entre lesquelles la charge est transmise

IEC 60168:1994, *Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*

IEC 60660:1979, *Tests on indoor post insulators of organic materials for systems with nominal voltages greater than 1 000 V up to but not including 300 kV*

IEC 60707:1981, *Methods of test for the determination of the flammability of solid electrical insulating materials when exposed to an igniting source*

IEC 60932:1988, *Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions*

IEC 61109:1992, *Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

ISO 1101:1983, *Technical drawings – Geometrical tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run out – Generalities, definitions, symbols on drawings*

ISO 3452:1984, *Non-destructive testing – Penetrant inspection – General principles*

3 Definitions

For the purpose of this technical report the following definitions apply.

3.1

composite hollow insulator

consists of at least two insulating parts, namely a tube and a housing. The housing, may consist either of individual sheds mounted on the tube, with or without an intermediate sheath, or directly applied in one or several pieces onto the tube. A composite hollow insulator unit is permanently equipped with fixing devices or end fittings and is open from end to end.

3.2

tube

the internal insulating part of a composite hollow insulator and is designed to ensure the mechanical characteristics. The tube is generally cylindrical or conical, but may have other shapes (for example barrel). The tube is made of resin impregnated fibres. These fibres are structured in such a manner as to achieve sufficient mechanical strength. Layers of different fibres may be used to fulfil special requirements.

3.3

fixing device or end fitting

part of a composite hollow insulator. It is attached to the tube to transmit the mechanical load.

3.4

coupling zone

that part of the end fitting which transmits the load to adjacent equipment, for example to an earthed support structure or to another insulator. It does not include the interface between the tube and the end fitting

3.5

connection zone

that part of the tube and that part of the fixing devices which transmit the load between them

3.6

revêtement et ailettes

le revêtement est la partie extérieure isolante de l'isolateur composite creux qui assure la ligne de fuite nécessaire et protège le noyau des intempéries. Une éventuelle gaine intermédiaire réalisée en un matériau isolant, placée entre le tube et les ailettes, peut faire partie du revêtement. La gaine intermédiaire fait partie intégrante du revêtement.

Une ailette est une partie du revêtement en projection qui a pour but d'augmenter la ligne de fuite.

3.7

interface

surface de contact entre les divers matériaux et entre différentes parties d'un même matériau. Il y a plusieurs interfaces dans les isolateurs composites, par exemple

- entre fibres de verre et résine d'imprégnation;
- entre tube et revêtement;
- entre différentes parties du revêtement: entre ailettes ou entre ailettes et gaine;
- entre revêtement, tube et pièces d'extrémités.

3.8

limite d'endommagement du tube sous contrainte mécanique

limite au-dessous de laquelle la charge mécanique (pression interne, effort de flexion) peut être appliquée à température ambiante, sans microfissuration du tube composite. Au-dessous de la limite d'endommagement, le tube est sollicité dans le domaine élastique réversible. Lorsque la limite d'endommagement est franchie, le tube est sollicité dans le domaine plastique irréversible, ce qui se traduit par un endommagement permanent du tube qui peut ne pas être visible à un niveau macroscopique (une définition plus précise est donnée à l'annexe C).

3.9

charge mécanique spécifiée (CMS)

charge, spécifiée par le fabricant, qui est utilisée pour les essais mécaniques. Cette charge est généralement une charge de flexion appliquée aux conditions atmosphériques ambiantes normales. La CMS constitue la base du choix de l'isolateur composite creux par rapport aux efforts externes.

3.10

charge mécanique maximum (CMM)

charge mécanique la plus élevée qui peut être appliquée à l'isolateur creux dans les conditions de service de l'appareil dont il fait partie. La CMM est spécifiée par le fabricant de l'appareil.

3.11

déflexion sous des charges de flexion

la déflexion de l'isolateur creux sous effort de flexion est la déflexion maximale mesurée sur la partie libre de l'isolateur durant un essai de flexion. Les caractéristiques de déflexion/effort sont déterminées par le fabricant.

3.12

déflexion résiduelle

différence entre la déflexion initiale d'un isolateur creux avant l'application de l'effort de flexion, et la déflexion finale obtenue après le relâchement de l'effort appliqué. La mesure de la déflexion résiduelle est utilisée pour comparaison avec les mesures réalisées avec les jauges de contraintes.

3.13

pression interne spécifiée (PIS)

pression spécifiée par le fabricant qui est contrôlée par l'essai de pression de type, à température ambiante. La PIS constitue la base du choix de l'isolateur composite creux par rapport à la pression interne.

3.6

housing and sheds

the housing is the external insulating part of a composite hollow insulator which provides the necessary creepage distance and protects the tube from the environment. Some designs of composite hollow insulators may employ a sheath made of insulating material between the tube and the sheds. This sheath is treated as a part of the housing.

A shed is an insulating part projecting from the housing, intended to increase the creepage distance.

3.7

interface

the surface between different materials or between different parts of the same material. Various interfaces occur in most composite hollow insulators, for example:

- between glass fibres and impregnating resin;
- between tube and housing;
- between various parts of the housing: between sheds or between sheds and sheath;
- between housing, tube and end fittings.

3.8

damage limit of the tube under mechanical stress

the damage limit is the limit below which mechanical loads (pressure, bending load) can be applied, at room temperature, without micro damage to the composite tube. Applying such loads means that the tube is in a reversible elastic phase. If the damage limit of the tube is exceeded the tube is in an irreversible plastic phase, which means permanent damage to the tube which may not be visible at a macroscopic level (for a quantitative definition see annex C).

3.9

specified mechanical load (SML)

a load specified by the manufacturer that is used in the mechanical tests. The load is normally applied in bending at room temperature. It forms the basis of the selection of composite hollow insulators with regard to external loads.

3.10

maximum mechanical load (MML)

the highest mechanical load which is expected to be applied to the hollow insulator in service and in the equipment in which it is used. This load is specified by the equipment manufacturer.

3.11

deflection under bending loads

the deflection of a hollow insulator under bending load is the maximum deflection of the insulator measured at the free end during a cantilever test. Deflection/load relationships are determined by the manufacturer.

3.12

residual deflection

the difference between the initial deflection of a hollow insulator prior to load application, and the final deflection after release of the load. The measurement of residual deflection serves for comparison with strain gauge measurements.

3.13

specified internal pressure (SIP)

a internal pressure specified by the manufacturer which is verified during a type test at room temperature. The SIP forms the basis of the selection of composite hollow insulators with respect to internal pressure.

3.14

pression maximum de service (PMS)

différence entre la pression maximum absolue à l'intérieur du tube, lorsque l'équipement auquel l'isolateur creux appartient est soumis au courant nominal (voir CEI 60694) à la température ambiante maximum, et la pression ambiante normale. La PMS de l'isolateur creux est spécifiée par le fabricant de l'équipement.

NOTE – La PMS est équivalent à la "pression de conception" utilisée pour les isolateurs creux en porcelaine (voir CEI 61264).

3.15

température spécifiée

température maximum et/ou minimum atteinte à l'intérieur du tube de l'isolateur composite creux. Elle est spécifiée par le fabricant.

3.16

fabricant

personne ou organisation produisant les isolateurs composites creux

3.17

fabricant d'équipement

personne ou organisation produisant l'équipement dans lesquels les isolateurs composites creux sont utilisés

4. Relations entre les charges mécaniques

4.1 Charges appliquées à l'extérieur de l'isolateur

Tableau 1 – Charges mécaniques appliquées à l'isolateur

Charge	Relation	Domaine de chargement
La charge mécanique maximale (CMM) est la charge de conception pour le fabricant d'équipement	$\leq 0,4 \times \text{CMS}$	Elastique réversible
Limite d'endommagement	$> 1,5 \text{ CMM}$	Elastique réversible
Essai de type en flexion	$= 2,5 \times \text{CMM}$	Plastique irréversible
Charge mécanique spécifiée (CMS)	$\geq 2,5 \times \text{CMM}$	Plastique irréversible

Un aperçu des différentes charges est donné à la figure B.1.

4.2 Pressions

Table 2 – Pressions appliquées à l'isolateur

Pression	Relation	Domaine de chargement
Pression maximum de service (PMS) est la pression de conception du fabricant d'équipement	$\leq 0,25 \times \text{PIS}$	Elastique réversible
Pression d'essai Individuel (PEI)	$= 2,0 \times \text{PMS}$	Elastique réversible
Limite d'endommagement	$> 2,0 \times \text{PMS}$	Elastique réversible
Pression d'essai de type (PET)	$= 4,0 \times \text{PMS}$	Plastique irréversible
Pression Interne Spécifiée (PIS)	$\geq 4,0 \times \text{PMS}$	Plastique irréversible

Un aperçu des différentes pressions est donné à la figure B.2.

3.14**maximum service pressure (MSP)**

the difference between the maximum absolute pressure, when the equipment (of which the hollow insulator is a part) is carrying its rated normal current (see IEC 60694) at maximum ambient temperature and the normal outside pressure. The MSP of the hollow insulator is specified by the equipment manufacturer.

NOTE – The MSP is equivalent to "design pressure" as used for hollow porcelain insulators (see IEC 61264).

3.15**specified temperature**

the highest and/or the lowest temperature permissible inside the tube of the composite hollow insulator and is specified by the manufacturer

3.16**manufacturer**

individual or organization producing the composite hollow insulators

3.17**equipment manufacturer**

individual or organization producing the electrical equipment utilizing the composite hollow insulators

4 Relationships of mechanical loads**4.1 Loads from outside the insulator****Table 1 – Mechanical loads applied to the insulator**

Load	Relation	Tube is in:
Maximum mechanical load (MML) which is the design load for the equipment manufacturer	$\leq 0,4 \times \text{SML}$	reversible elastic phase
Damage limit	$> 1,5 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
Type test cantilever bending load	$= 2,5 \times \text{MML}$	irreversible plastic phase
Specified mechanical load (SML)	$\geq 2,5 \times \text{MML}$	irreversible plastic phase

An overview of loads is shown in figure B.1.

4.2 Pressures**Table 2 – Pressures applied to the insulator**

Pressure	Relation	Tube is in:
Maximum service pressure (MSP) which is the design pressure for the equipment manufacturer	$\leq 0,25 \times \text{SIP}$	reversible elastic phase
Routine test pressure	$= 2,0 \times \text{MSP}$	reversible elastic phase
Damage limit	$> 2,0 \times \text{MSP}$	reversible elastic phase
Type test pressure	$= 4,0 \times \text{MSP}$	irreversible plastic phase
Specified internal pressure (SIP)	$\geq 4,0 \times \text{MSP}$	irreversible plastic phase

An overview of pressures is shown in figure B.2.

5. Marquage

Chaque isolateur creux doit être marqué avec le nom ou la marque commerciale du fabricant et l'année de fabrication. De plus, chaque isolateur porté la marque du type et le numéro de série pour en permettre l'identification. Ces marques doivent être lisibles et indélébiles.

6. Classification des essais

Les essais sont classés dans les quatre groupes suivants:

6.1 Essais de conception

Le but des essais de conception est de démontrer l'adéquation de la conception, des matériaux et de la méthode de construction (technologie). Lorsqu'un isolateur composite creux est soumis aux essais de conception, les résultats doivent être considérés comme valables pour la classe entière d'isolateurs qui sont représentés par celui qui a été essayé, et qui a les caractéristiques suivantes:

- mêmes matériaux et même conception du tube et du revêtement;
- même méthode de fabrication;
- même matériau, même conception et même méthode d'attache pour les pièces d'extrémités;
- épaisseur égale ou supérieure du revêtement protecteur du tube (gaine intermédiaire comprise, s'il y a lieu).

Les isolateurs essayés doivent être identifiés par un dessin donnant toutes les dimensions et les tolérances de fabrication.

En cas de modifications dans la conception, de nouveaux essais doivent être réalisés conformément au tableau 3.

Tableau 3 – Essais à réaliser de nouveau pour des modifications de conception

Modifications de conception concernant:		Essais à effectuer		
		Interfaces (voir 7.2)	Revêtement (voir 7.3)	Tube (voir 7.4)
1	Matériau de revêtement	X	X	
2	Conception du revêtement/des ailettes ¹⁾		X	
3	Interface revêtement/tube (méthode d'application)	X	X	
4	Matériau constituant le tube	X		X
5	Conception du tube			X
6	Procédé de fabrication du revêtement	X	X	
7	Procédé de fabrication du tube	X		X
8	Matériau des extrémités métalliques	X		
9	Conception des extrémités métalliques ¹⁾	X		
10	Interface entre revêtement et extrémité métallique (méthode de réalisation et géométrie)	X	X	
11	Zone de couplage (méthode de réalisation et géométrie)	X		
¹⁾ Les essais ne doivent pas être réeffectués pour des épaisseurs plus grandes.				

5 Marking

Each hollow insulator shall be marked with the name or trade mark of the manufacturer and the year of manufacture. In addition, each hollow insulator shall be marked with the type reference and serial numbers in order to allow identification. This marking shall be legible and indelible.

6 Classification of tests

The tests are divided into four groups as follows:

6.1 Design tests

These tests are intended to verify the suitability of the design, materials and method of manufacture (technology). When a composite hollow insulator is submitted to the design tests, the results shall be considered valid for the whole class of insulators which are represented by that which has been tested, having the following characteristics:

- same materials and design of the tube and the housing;
- same manufacturing method;
- same material and design of the fittings and the same method of attachment;
- same or greater layer thickness of the housing material over the tube (including a sheath where used).

The tested hollow insulators shall be identified by a drawing giving all the dimensions with the manufacturing tolerances.

When changes in the design occur, re-testing shall be done according to the table 3.

Table 3 – Tests to be repeated for design changes

If the design involves changes in the....		Then the following tests shall be repeated		
		Interfaces (see 7.2)	Housing (see 7.3)	Tube (see 7.4)
1	Housing material	X	X	
2	Housing/shed design ¹⁾		X	
3	Housing to tube interface (method of attachment)	X	X	
4	Tube material	X		X
5	Tube design			X
6	Manufacturing process of housing	X	X	
7	Manufacturing process of tube	X		X
8	Metal fitting material	X		
9	Metal fitting design ¹⁾	X		
10	Housing to end fitting interface (method of attachment and geometry)	X	X	
11	Connection zone (method of attachment and geometry)	X		
¹⁾ Re-testing is not required for greater thicknesses.				

6.2 Essais de type

Les essais de type ont pour but de vérifier les caractéristiques mécaniques d'un isolateur composite creux, caractéristiques qui dépendent principalement du tube et des pièces d'extrémités. Les essais de type doivent être appliqués aux isolateurs dont la classe a satisfait aux essais de conception. Les essais de type ne doivent être refaits que lorsque le type, le matériau ou le procédé de fabrication de l'isolateur composite creux est changé.

6.3 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements ont pour but de vérifier les caractéristiques de l'isolateur composite creux qui dépendent de la qualité de fabrication et des matériaux mis en œuvre. Ils doivent être faits sur des isolateurs pris au hasard dans les lots présentés en réception.

6.4 Essais individuels

Les essais individuels ont pour but d'éliminer les isolateurs composites ayant des défauts de fabrication. Ils doivent être faits sur tout isolateur présenté en réception.

7. Essais de conception

7.1 Généralités

Ces essais se décomposent de trois parties décrites en 7.2, 7.3 et 7.4. Les essais de conception doivent être effectués une seule fois et leurs résultats sont consignés dans un rapport d'essai. Chaque essai peut être effectué indépendamment, sur de nouveaux spécimens, suivant les circonstances. L'isolateur composite creux d'une certaine conception ne doit être considéré comme qualifié que lorsque tous les isolateurs ou spécimens d'essais ont satisfait, dans la séquence prévue, aux essais de conception définis en 7.2, 7.3 et 7.4.

7.2 Essais des interfaces et connexions des pièces d'extrémités

Ces essais doivent se dérouler sur le même échantillon, selon la séquence prescrite.

7.2.1 Spécimen d'essai

Le spécimen d'essai doit être un isolateur creux assemblé sur la chaîne de production. Le diamètre intérieur du tube sera d'au moins 100 mm et l'épaisseur de sa paroi doit d'au moins 3 mm. La longueur d'isolement (espacement entre pièces métalliques) doit être trois fois le diamètre intérieur du tube et au moins de 800 mm. Les méthodes d'application et de scellement des deux pièces d'extrémités doivent être les mêmes que sur les isolateurs standards de production. L'isolateur creux doit être soumis aux essais individuels (voir article 10).

Le fabricant doit définir la CMS et la PIS prévue pour le spécimen.

Si le fabricant ne peut produire que des isolateurs avec une ou des dimensions plus petites que celles prescrites ci-dessus, les essais de conception peuvent être effectués sur les isolateurs ayant les dimensions disponibles si, d'un commun accord, des calculs peuvent montrer que, pour un tube de dimensions différentes, la contrainte maximum dans le tube est égale ou inférieure à celle du tube à l'essai. Les essais des interfaces et connexions des pièces d'extrémités sont valables pour cette conception.

6.2 Type tests

These tests are intended to verify the mechanical characteristics of a composite hollow insulator which depends mainly on its tube and end fittings. Type tests shall be applied to the class of composite hollow insulators which have passed the design tests. The type test shall be repeated only when the type or the material or the manufacturing process of the composite hollow insulator is changed.

6.3 Sample tests

These tests are for the purpose of verifying the characteristics of composite hollow insulators which depend on the manufacturing quality and the material used. They shall be made on insulators taken at random from batches offered for acceptance.

6.4 Routine tests

These tests are for the purpose of eliminating composite hollow insulators with manufacturing defects. They shall be made on each composite hollow insulator.

7 Design tests

7.1 General

These tests consist of three parts as described in 7.2, 7.3 and 7.4. The design tests shall be performed only once and the results are recorded in a test report. Each part can be performed independently on new test specimens where appropriate. The composite hollow insulator of a particular design shall be deemed accepted only when all insulators or test specimens pass the design tests in the given sequence within 7.2, 7.3 and 7.4.

7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings

These tests shall be performed in the given sequence on the same specimen.

7.2.1 Test specimen

One hollow insulator assembled on the production line shall be tested. The tube's internal diameter shall be at least 100 mm and the wall thickness at least 3 mm. The insulation length (metal-to-metal spacing) shall be at least three times the tube's internal diameter but not less than 800 mm. Both end fittings shall have the same method of attachment and sealing as on standard production insulators. The hollow insulator shall be submitted to the routine tests (clause 10).

The manufacturer shall define the expected SML and SIP for the test specimen.

If the manufacturer has only facilities to make insulators with one or more dimensions smaller than the above-mentioned values, the design tests may be performed on insulators of those dimensions which are available, if by agreement it can be shown by calculation that for a tube of different dimensions the maximum stress in the tube is the same or less than in the one tested. The tests on interfaces and connection of end fittings are valid for this design.

7.2.2 Essai de référence sous tension à fréquence industrielle à sec

La tension de contournement de référence à fréquence industrielle à sec ($U_{\text{réf}}$) doit être déterminée en faisant la moyenne de cinq mesures de tension de contournement conformément à la norme CEI 60060-1. La valeur moyenne de la tension de contournement doit être ramenée aux conditions atmosphériques normales telles qu'elles sont décrites dans la CEI 60060-1. La tension de contournement doit être obtenue en augmentant linéairement la tension depuis zéro, en moins de 1 min.

On doit prendre les précautions nécessaires pour éviter les claquages internes, par exemple en remplissant l'isolateur avec un gaz isolant. La tension de contournement peut aussi être mesurée en divisant la longueur d'isolement en deux parties aussi égales que possible à l'aide d'une électrode extérieure supplémentaire.

7.2.3 Essai de précontrainte thermo-mécanique

Le spécimen est soumis séquentiellement à une charge mécanique permanente dans quatre directions accompagnée des variations de température.

Les variations thermiques comportent deux cycles de chauffage et de refroidissement; la durée du cycle ne doit pas être inférieure à 24 h ou supérieure à 48 h. La température de la période froide doit être au moins de 85 K plus basse que celle de la période chaude; cependant, la température la plus basse de la période froide ne doit pas être inférieure à $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les températures des périodes chaudes et froides doivent être maintenues durant au moins 33 % du temps choisi pour le cycle.

La charge appliquée au spécimen correspond à $0,5 \times \text{CMS} \pm 5\%$.

La charge doit être appliquée perpendiculairement à l'axe de l'isolateur, soit à l'extrémité libre de l'isolateur (voir figure 2), soit à une certaine distance de l'extrémité libre si des raisons particulières l'exigent. Dans ce dernier cas, la charge appliquée doit être ajustée pour créer le même couple à la base de l'isolateur.

La direction de la charge de flexion appliquée au spécimen est changée quatre fois en accord avec la durée des niveaux de température et l'intervalle de temps décrits dans les figures 1 et 2.

L'essai peut être interrompu pour entretien pour une durée totale de 4 h. Le point de départ après une interruption est le début du cycle interrompu.

NOTE – Les valeurs de température et charge ne sont pas choisies pour représenter les conditions de service mais pour obtenir des contraintes spécifiques et reproductibles dans les interfaces de l'isolateur.

7.2.4 Essai de pénétration d'eau

Le spécimen d'essai doit être maintenu immergé dans un récipient d'eau désionisée, bouillante, additionnée de 0,1 % en poids de NaCl, pendant 42 h (voir 5.1.3.3, CEI 61109). Les extrémités du spécimen peuvent être fermées et reliées à l'atmosphère.

A la fin de la période d'ébullition le spécimen doit rester dans le récipient jusqu'à ce que l'eau se refroidisse jusqu'à environ $50\text{ }^{\circ}\text{C}$; puis il doit être maintenu dans le récipient à cette température jusqu'au début des essais de vérification, faits selon la séquence donnée ci-dessous.

7.2.5 Essai de vérification

L'intervalle de temps entre les essais individuels de 7.2.5.1, 7.2.5.2 et 7.2.5.3 doit être tel que les essais de vérification soient terminés dans les 48 h.

7.2.2 Reference dry power frequency flashover test

The reference dry power frequency external flashover voltage (U_{ref}) shall be determined in accordance with IEC 60060-1 by averaging five flashover voltages determined according to IEC 60060-1. This average flashover voltage shall be corrected to normal standard conditions as mentioned in IEC 60060-1. The flashover voltage shall be obtained by increasing the voltage linearly from zero to flashover within 1 min.

Means shall be employed to avoid internal flashover, for example by filling with insulating gas. Alternatively, the flashover voltage may be determined by splitting the arcing distance into two sections, as equal as possible, by the use of an additional external electrode.

7.2.3 Thermal mechanical pre-stress test

The specimen is sequentially submitted to a mechanical load in four directions and thermal variations.

The thermal variations consist of two cycles of heating and cooling, the duration of the cycle shall be taken not shorter than 24 and not longer than 48 h. The cold period shall be at a temperature at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than -50°C . Each of the two temperatures of the hot and cold periods respectively shall be maintained for at least 33 % of the chosen cycle time.

The load applied to the test specimen corresponds to $0,5 \times \text{SML} \pm 5 \%$.

The load shall be applied perpendicularly to the insulator's axis either directly to the free end of the insulators (see figure 2) or at a distance from the free end of the insulator if special reasons exist. When the load is not applied directly to the end fitting, the applied load shall be corrected to give the same bending moment at the base of the insulator.

The direction of the cantilever test load applied to the test specimen is changed four times corresponding to the duration of the temperature level and the corresponding time interval described in figure 1 and figure 2.

The test may be interrupted for maintenance of the test equipment for a total duration of 4 h. The starting point after any interruption is the beginning of the interrupted cycle.

NOTE – The temperatures and loads in this test are not intended to represent service conditions, they are designed to produce specific reproducible stresses in the interfaces of the insulator.

7.2.4 Water immersion pre-stress test

The test specimen shall be kept immersed in boiling distilled water with 0,1 % by weight of NaCl for 42 h (see 5.1.3.3 in IEC 61109). The ends of the specimen may be sealed and vented to atmospheric pressure.

At the end of the boiling period, the specimen shall remain in the vessel until the water cools down to approximately 50°C . The specimen shall be kept at this temperature in the vessel until verification tests start in the following sequence.

7.2.5 Verification tests

The time interval between the tests of 7.2.5.1, 7.2.5.2 and 7.2.5.3, shall be such that these tests are completed within 48 h.

7.2.5.1 Examen visuel

Le spécimen doit être inspecté visuellement. Aucune craquelure n'est admise.

7.2.5.2 Essais sous onde de choc à front raide

Le spécimen d'essai doit être muni d'électrodes à arêtes vives (consistant par exemple de bandes découpées dans un ruban de cuivre large de 20 mm environ et épais de moins de 0,3 mm) de façon à créer des sections d'environ 500 mm ou moins entre les pièces d'extrémités. Ces électrodes sont fixées solidement au revêtement entre les ailettes. On doit prendre les mesures nécessaires pour qu'il n'y ait pas de claquage à l'intérieur du tube.

Une onde de choc, à raideur de front d'au moins 1 000 kV/μs, doit être appliquée respectivement à deux électrodes voisines ou entre une pièce d'extrémité et l'électrode voisine. Chaque section doit être soumise à 25 chocs de polarité positive et 25 chocs de polarité négative.

Chaque onde de choc doit causer un contournement externe de l'intervalle essayé entre les électrodes. Aucune perforation ne doit se produire. Les électrodes formant les sections doivent ensuite être enlevées.

7.2.5.3 Essai sous tension à fréquence industrielle à sec

La tension de contournement à fréquence industrielle à sec doit être déterminée suivant la méthode décrite en 7.2.2. La moyenne des tensions de contournement ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur de référence déterminée pour ce spécimen en 7.2.2. Le spécimen doit être soumis pendant 30 min à 80 % de $U_{\text{réf}}$ déterminée en 7.2.2.

Aucune perforation ne doit se produire et l'élévation de température du corps du spécimen, mesurée immédiatement après l'essai, ne doit pas dépasser 20 K.

7.2.5.4 Essai de pression interne

Cet essai n'est pas applicable pour des isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression.

Le spécimen doit être soumis à la pression interne en deux paliers. Le spécimen ne doit pas présenter de fuite.

Pour des raisons de sécurité, le spécimen doit être soumis, avant de démarrer l'essai, à une pression interne de $0,5 \times \text{PIS}$ pendant 5 min. à la température ambiante, conformément à la procédure définie en 10.3 (essai de pression individuel).

a) Première étape: essai d'étanchéité sous pression de gaz

L'essai doit être réalisé en disposant le spécimen dans une enceinte de volume le plus petit possible (voir figure 3). Une pression de gaz de $0,25 \times \text{PIS}$ doit être appliquée en utilisant de l'hexafluorure de soufre: (SF_6).

Le taux de fuite de gaz du spécimen vers l'enceinte doit être mesuré à l'aide d'un mesureur de fuite (précision $10^{-1} \times 10^{-6}$) pendant au moins 1 h après une stabilisation du taux de fuite d'au moins 4 h. Le taux de fuite doit être donné en fraction volumique pour-cent par an.

L'essai est satisfaisant si le taux de fuite n'est pas supérieur à la fraction volumique de 0,75 % par an.

NOTE – Des lignes directrices sur les mesures de taux de fuite peuvent être trouvées dans la CEI 60068-2-17, essai Qm, méthode d'essai 1.

7.2.5.1 Visual verification

The specimen shall be inspected visually. No cracks are permissible.

7.2.5.2 Steep-front impulse high voltage test

The test specimen shall be fitted with sharp edged electrodes (consisting of clips, for example made of copper strip approximately 20 mm wide and less than 0,3 mm thick) between the end fittings to form sections of about 500 mm or smaller. These electrodes shall lie firmly on the housing between sheds. Means shall be employed to prevent internal flashover.

An impulse voltage with a steepness of at least 1 000 kV/ms shall be applied to two neighbouring electrodes and between the insulator end fitting and the neighbouring electrode, respectively. Each section shall be stressed with 25 impulses of positive and 25 impulses of negative polarity.

Each impulse shall cause an external flashover of the test distance between the electrodes. No puncture shall occur. The electrodes used to form sections shall be removed.

7.2.5.3 Dry power frequency voltage test

The dry power frequency flashover voltage shall be determined for the specimen using the same procedure as used in 7.2.2. The average value of the flashover voltages shall not be smaller than 90 % of the U_{ref} determined in 7.2.2 for the specimen. The test specimen shall be subjected for 30 min to 80 % of the U_{ref} determined in 7.2.2.

No puncture shall occur and the temperature rise of the housing between the sheds measured immediately after the test shall be not more than 20 K.

7.2.5.4 Internal pressure test

This test is not applicable for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions.

The test specimen shall be subjected to an internal pressure in two stages. The specimen shall remain tight.

For safety reasons, before starting the tests, the test specimen shall be subjected to $0,5 \times SIP$ for 5 min at ambient temperature using the procedure in 10.3 (routine pressure test).

a) *Stage one: gas leakage test*

The test shall be performed by placing the test specimen in an enclosure with a volume as small as possible, see figure 3. A pressure of $0,25 \times SIP$ shall be applied using SF_6 as the pressure medium.

The leakage of gas from the test specimen into the surrounding enclosure shall be measured with a leakage meter (accuracy about $10^{-1} \times 10^{-6}$) for at least 1 h after a leak rate stabilization period of at least 4 h. The leakage rate shall be given in a volume fraction in percent per year.

The test is passed if the leakage rate is not more than the volume fraction of 0,75 % per year.

NOTE – Guidance on leakage rate measurements can be found in IEC 60068-2-17, test Qm, test method 1.

b) Deuxième étape: essai d'étanchéité sous pression d'eau

La pression interne doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups de zéro à la PIS et maintenue pendant 5 min. La pression interne doit être obtenue en utilisant de l'eau. L'essai est considéré comme passé avec succès si après 5 min. il n'y a pas rupture du spécimen ou de fuite aux interstices A et B repérés à la figure 4, et au tube lui-même. Des consignes de sécurité particulières doivent être appliquées pour effectuer cette inspection.

7.3 Essai du matériau du revêtement

7.3.1 Essai de cheminement et d'érosion

Cet essai n'est requis que pour les isolateurs composites creux qui sont utilisés à l'extérieur. Pour des utilisations à l'intérieur, des essais de vieillissement appropriés peuvent être faits après entente entre le fabricant et l'utilisateur (voir par exemple la CEI 60660 et la CEI 60932).

Le but de l'essai est de contraindre le revêtement et les interfaces par des décharges sous brouillard salin. Un degré de salinité trop fort peut provoquer des contournements qui n'affectent pas la surface ; ainsi la procédure d'essai prévoit de mesures pour réduire les contournements en baissant la salinité.

7.3.1.1 Spécimens d'essai

Deux spécimens avec une ligne de fuite entre 500 mm et 700 mm doivent être utilisés, l'un des spécimens subissant l'essai en position horizontale et l'autre en position verticale. Le diamètre extérieur du fût des spécimens doit être d'au moins 100 mm. La conception des pièces d'extrémités et la transition entre celles-ci et le revêtement seront identiques à celles des isolateurs devant être qualifiés. Les spécimens doivent être scellés pour empêcher le brouillard de pénétrer à l'intérieur du tube.

On doit noter qu'il peut devenir impossible de réaliser l'essai avec des tubes de grand diamètre sans que les courants soient trop importants ou qu'il y ait trop de contournements. Il est donc recommandé d'utiliser si possible des spécimens dont le diamètre du fût est inférieur à 200 mm.

7.3.1.2 Procédure d'essai

Cet essai continu, limité dans le temps, est fait sous brouillard salin et sous tension constante à fréquence industrielle entre 14 kV et 20 kV. La tension d'essai en kilovolts est déterminée en divisant la ligne de fuite en millimètres par 34,6 (ceci équivaut à une ligne de fuite spécifique de 20 mm/kV). Le circuit sous une charge résistive de 250 mA (efficace) du côté haute tension ne doit pas voir sa tension baisser de plus de 5 %.

L'essai est fait dans une chambre imperméable et non sujette à la corrosion, dont le volume ne doit pas être supérieur à 10 m³. Une ouverture n'excédant pas 80 cm² doit permettre l'aération. Une turbine ou un humidificateur domestique de capacité constante doit être utilisée pour atomiser la solution saline.

Les spécimens d'essai doivent être lavés avec de l'eau déminéralisée avant de commencer l'essai.

Un spécimen doit être monté horizontalement (à environ mi-hauteur de la chambre) et le second verticalement. La distance entre le plafond de la chambre et les spécimens d'essai doit être d'au moins 200 mm et celle avec les parois d'au moins 100 mm.

Le brouillard remplira la chambre mais ne sera pas dirigé contre les spécimens d'essai. La solution saline de NaCl et d'eau déminéralisée doit alimenter l'atomiseur.

b) Stage two: water leakage test

An internal pressure shall be applied and increased from zero to SIP at ambient temperature and maintained for 5 min. The inner pressure medium shall be water. The test is passed if after 5 min there is no failure and no water leakage at the joints A and B as shown in figure 4 or on the tube itself. Adequate safety precautions have to be taken for this inspection.

7.3 Tests of housing material**7.3.1 Tracking and erosion test**

This test is required only for composite hollow insulators intended for outdoor use. For indoor applications appropriate surface ageing tests may be requested, by agreement between purchaser and manufacturer (see for instance IEC 60660 and IEC 60932).

The aim of the test is to stress the housing and interfaces by discharge activity under salt fog. Since too high a degree of salinity can lead to flashovers, which do not affect the surface, measures are allowed in the test procedure to reduce flashovers by reducing salinity.

7.3.1.1 Test specimens

Two test specimens with a creepage distance between 500 mm and 700 mm shall be used, one for horizontal and one for vertical arrangement. The shank diameter of the specimens shall be at least 100 mm. The design of the end fittings and the transition between end fittings and housing shall be identical to those used on standard production insulators. The test specimens shall be sealed to prevent fog from penetrating into the inner space of the test specimen.

It shall be noted that the test may become impossible to perform for larger diameter specimens due to higher current levels or flashovers. It is therefore recommended that the shank diameter of the specimens be less than 200 mm if possible.

7.3.1.2 Test procedure

The test is a time-limited continuous test under salt fog at constant power frequency voltage in the range of 14 kV to 20 kV. The test voltage in kilovolts is determined by dividing the creepage distance in millimetres by 34,6 (equal to a specific creepage distance of 20 mm/kV). The test circuit when loaded with a resistive current of 250 mA (r.m.s) on the high voltage side shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The test is carried out in a moisture-sealed corrosion-proof chamber, the volume of which shall not exceed 10 m³. An aperture of not more than 80 cm² shall be provided for the natural exhaust air. A turbo sprayer or room humidifier of constant spraying capacity shall be used as water atomizer.

The test specimens shall be cleaned with deionized water before starting the test.

One test specimen shall be tested when mounted horizontally (at approximately half the height of the chamber) and the second mounted vertically. There shall be a clearance of at least 200 mm between the roof of the chamber and test specimens and a clearance of 100 mm from the walls.

The fog will fill up the chamber and not be directly sprayed onto the test specimen. The salt water prepared with NaCl and deionized water shall be supplied to the sprayer.

La protection de surintensité doit être ajustée à 1 A (efficace). S'il y a trop de déclenchements par surintensité sans contournement, le niveau de déclenchement peut être augmenté. Tout changement du niveau de déclenchement doit être noté afin d'accumuler des données et de l'expérience qui pourront être utilisées ultérieurement pour définir le niveau de déclenchement par surintensité en fonction du diamètre des isolateurs.

Des interruptions, causées par des déclenchements, de longues durées, jusqu'à 60 h (par exemple pendant un week-end) sont acceptables pour autant que la production de brouillard n'ait pas été interrompue. Dans ce cas la tension peut être restaurée graduellement (sur une période par exemple du 15 min.) pour éviter les contournements. Ces interruptions doivent être notées et ne doivent pas être considérées pour la durée de l'essai.

Si le nombre des contournements rend impossible la poursuite de l'essai sur des spécimens de grand diamètre, on doit s'assurer que l'installation d'essai ne présente pas des facteurs donnant lieu à l'amorçage de tels contournements. Les problèmes sont les suivants:

- produits de corrosion diffusant des pièces métalliques vers l'isolation;
- nettoyage et/ou vidange trop peu fréquente de la solution saline favorisant la formation d'algues, moisissure et/ou de bactéries dans la chambre d'essai et dans les containers;
- position de l'humidificateur à turbine trop proche des spécimens donnant lieu à une distribution irrégulière de l'humidité;
- utilisation de buses selon la CEI 60507 au lieu de l'humidificateur à turbine spécifié;
- gouttes tombant de l'isolateur ou de la chambre.

Si *cinq interruptions* (contournements ou déclenchements) apparaissent, l'essai est interrompu et le contenu de sel dans la solution est réduit de moitié. Les isolateurs sont lavés avec de l'eau de robinet et l'essai repris dans les 8 h. Tout cela peut être répété jusqu'à l'arrêt des interruptions. L'exécution de chaque mesure prise doit être notifiée.

NOTE – Le déclenchement pendant cet essai ne peut pas être considéré comme une indication de mauvais comportement de l'isolateur creux complet par rapport à la pollution. Les concentrations de contraintes dues à la longueur limitée, à l'arrosage continu et aux insuffisances de l'équipement interne sont quelques-uns des facteurs qui rendent une corrélation avec un essai en grandeur réelle presque impossible.

7.3.1.3 Conditions d'essai

Durée de l'essai	1 000 h de tension et brouillard
Débit de l'eau	$(0,4 \pm 0,1) \text{ l}/(\text{h} \times \text{m}^3)$
Taille des gouttelettes	5 μm à 10 μm
Température	20 °C $\pm$ 5 K
Teneur de l'eau en NaCl	$(5 \pm 0,25) \text{ kg}/\text{m}^3$

Le débit d'eau est mesuré en litre par heure par mètre cube de la chambre d'essai. On ne peut pas recirculer l'eau.

Plusieurs interruptions de l'essai sont admissibles à des fins d'inspection, chacune d'elles ne dépassant pas 1 h. Les périodes d'interruption ne seront pas comptées dans la durée de l'essai.

7.3.1.4 Sanction de l'essai

L'essai est considéré comme passé avec succès s'il n'y a pas de cheminement, si l'érosion n'atteint pas le tube de fibre de verre et s'il n'y a pas de perforation. Le tube ne doit pas être visible.

A ce moment, il n'est pas encore possible de donner des critères quantitatifs sûrs quant au nombre de criques d'érosion admissibles. L'expérience acquise avec cet essai devra être comparée avec les retours du service.

The protection level shall initially be set at 1 A (r.m.s.). If overcurrent tripouts occur without flashover, the tripout level may be increased. Any changes in tripout level shall be noted in order to collect data and experience useful to define in due time the overcurrent tripout level versus the diameter of the insulators.

Long interruptions due to tripouts of up to 60 h (for example during the weekend) are allowed under the provision that the fog generation continues during the unenergized period. In this case, the voltage may be reapplied gradually to avoid flashover (for example over 15 min). Any such interruptions shall be recorded and shall not count in the test duration.

If repeated tripouts or flashovers make continuation of the test impossible on larger diameter specimens, the test set-up shall be investigated to ensure that there are no factors which could be initiating these events. Typical problems are:

- corrosion products running from alloy end fittings onto the dielectric;
- infrequent cleaning and/or solution renewal leading to algae, fungus or bacterial growth in the test chamber and water containers;
- turbo sprayer too close to the test objects causing heavy or uneven wetting;
- use of IEC 60507 nozzles instead of the specified turbo sprayer;
- dripping from insulator or test chamber fittings.

If *five interruptions* (tripouts or flashovers) occur, the test is interrupted and the salt content of the water is halved. The insulators are washed under tap water and the test re-started within 8 h. This may be repeated until interruptions no longer occur. The application of any of the above measures shall be noted.

NOTE – Flashover in this test cannot be taken as an indication of poor pollution performance of the complete hollow core insulator. Stress concentration due to the reduced length, continuous wetting and lack of internal equipment are some of the many factors which negate any possible correlation with a full-scale pollution withstand test.

7.3.1.3 Test conditions

Duration of the test	1 000 h of voltage and fog
Water flow rate	$(0,4 \pm 0,1) \text{ l}/(\text{m}^3 \times \text{h})$
Size of droplets	$5 \mu\text{m} \text{ à } 10 \mu\text{m}$
Temperature	$20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$
NaCl content of water	$(5 \pm 0,25) \text{ kg}/\text{m}^3$

The water flow rate is defined in litres per hour and per cubic meter of the test chamber volume. It is not permitted to recirculate the water.

Several interruptions of the test for inspection purposes, each of these not exceeding 1 h, are permissible. Interruption periods will not be counted in the test duration.

7.3.1.4 Evaluation of the test

The test is passed if no tracking occurs, if erosion does not reach the glass fibre tube and if no puncture occurs. The tube shall not be visible.

At present, it is not possible to indicate reliable criteria quantifying the permissible number of erosion cracks. Further experience with this test will have to be correlated with service performance.

7.3.2 Essai d'inflammabilité

Cet essai vise à vérifier les propriétés de combustion du matériau de revêtement.

7.3.2.1 Méthode d'essai

La procédure d'essai doit être celle décrite dans la CEI 60707, article 9, méthode FV.

7.3.2.2 Sanction de l'essai

L'essai est considéré comme passé avec succès si le spécimen appartient à la catégorie FV 0 définie en 9.4 de la CEI 60707.

7.4 Essai du matériau du tube (essai de pénétration d'eau)

L'essai de pénétration d'eau décrit plus bas vise à vérifier que l'eau ne pénètre pas dans la paroi du tube.

7.4.1 Spécimen d'essai

Six échantillons doivent être découpés dans un tube venant de la chaîne de production avec une scie circulaire diamantée préférablement sous eau courante froide. La longueur des échantillons dans le sens parallèle à l'axe du tube doit être de $(30 \pm 0,5)$ mm. La largeur des échantillons doit être de $(15 \pm 0,5)$ mm. Le matériau de revêtement doit être retiré de la surface des échantillons. Les surfaces de coupe doivent être ponçées au moyen d'un tissu abrasif fin (taille des grains 180). Les extrémités de coupe doivent être propres et parallèles.

7.4.2 Préconditionnement

Les surfaces des spécimens doivent être nettoyées à l'alcool isopropylique et au papier filtre immédiatement avant l'ébullition. Les échantillons doivent être mis à bouillir pendant $(100 \pm 0,5)$ h dans une cuve de verre remplie d'eau désionisée, additionnée de 0,1 % en poids de NaCl. On ne doit faire bouillir ensemble que des échantillons d'un même matériau de tube. Un exemple de cuve à ébullition est donné à la figure 5.

Après cette ébullition, les échantillons doivent être enlevés de la cuve et placés dans une autre cuve de verre, remplie d'eau du robinet à température ambiante, pendant au moins 15 min. L'essai sous tension décrit dans le paragraphe suivant doit être effectué dans les 3 h après le retrait des échantillons de la cuve d'eau bouillante.

7.4.3 Essai sous tension électrique

L'essai de tension électrique doit être effectué avec le dispositif indiqué aux figures 6 et 7.

Immédiatement avant cet essai, les échantillons sont retirés de la cuve remplie d'eau du robinet et leur surface est séchée avec du papier filtre. Les échantillons sont ensuite placés entre les électrodes. La tension électrique est augmentée d'environ 1 kV par seconde, jusqu'à 12 kV. A 12 kV la tension doit être maintenue constante pendant 1 min., puis on la fait décroître.

7.4.4 Sanction de l'essai

Pendant l'essai, il ne doit se produire aucune perforation ni aucun contournement. Pendant toute la durée de l'essai, l'intensité du courant ne doit pas dépasser 1 mA (valeur efficace).

7.3.2 Flammability test

This test is intended to check the housing material for ignition and self-extinguishing properties.

7.3.2.1 Test method

The test shall be performed according to IEC 60707, clause 9, method FV.

7.3.2.2 Evaluation of the test

The test is passed if the specimen belongs to category FV 0 defined in 9.4, IEC 60707.

7.4 Tests for the tube material (water diffusion test)

A water diffusion test shall be carried out as follows to check the performance of the tube material against water penetration.

7.4.1 Test specimen

Six samples shall be cut from a production line insulator tube with a diamond-coated circular saw blade preferably under running cool water. The length of the samples taken parallel to the axis of the tube shall be $(30 \pm 0,5)$ mm, the width of the samples shall be $(15 \pm 0,5)$ mm. The external housing material covering the samples shall be removed. The cut surfaces shall be smoothed by means of fine abrasive cloth (grain size 180). The cut ends shall be clean and parallel.

7.4.2 Pre-stressing

The surfaces of the samples shall be cleaned with isopropyl-alcohol and filter-paper immediately before boiling. The samples shall be boiled in a glass container for $(100 \pm 0,5)$ h in de-ionized water with 0,1 % by weight of NaCl. Only samples of one tube material shall be boiled together in the same container. An example of the boiling container is shown in figure 5.

After boiling, the samples shall be removed from the container and placed in a glass container with tap water at room temperature for at least 15 min. The test described below shall be carried out within the next 3 h after the removal of the samples from the boiling container.

7.4.3 Voltage test

The voltage test shall be carried out in the assembly shown in figure 6 and figure 7.

Immediately before the voltage test the samples shall be removed from the tap water and their surface dried with filter-paper. The samples shall then be put between the electrodes. The test voltage shall be increased at approximately 1 kV per second up to 12 kV. At 12 kV the voltage shall be kept constant for one minute and then decreased.

7.4.4 Evaluation of the test

During the voltage test, no puncture or surface flashover shall occur. The current during the whole test shall not exceed 1 mA (r.m.s.).

8. Essais de type (essais mécaniques seulement)

Les essais de type comportent un essai de pression, pour les isolateurs fonctionnant sous pression seulement, et un essai de flexion.

8.1 Généralités

Un type d'isolateur est défini mécaniquement par le diamètre intérieur et la longueur du tube, l'épaisseur de la paroi du tube, le type de métal et la méthode de fixation des pièces d'extrémités et le procédé de fabrication. La longueur de l'isolateur définit le type seulement pour des rapports de longueur entre ferrures sur diamètre inférieur à 2.

Pour établir la capacité mécanique du tube, ses limites d'élongation réversible et irréversible (voir annexe C) doivent être vérifiées avec des essais effectués à la température ambiante.

Les isolateurs composites creux utilisés pour les essais de type ne doivent pas être utilisés en service.

Les charges de flexion doivent être appliquées perpendiculairement à l'axe de l'isolateur ou directement au niveau du plan extrême de la ferrure d'extrémité (voir figure 2) ou à une certaine distance de ce plan si les circonstances l'exigent. Lorsque la charge n'est pas appliquée directement à l'extrémité de la ferrure, cette charge doit être ajustée pour créer le même couple à la base de l'isolateur.

8.2 Spécimens d'essai

Deux isolateurs ou deux spécimens d'essais plus courts mais en dehors de cela identiques pris dans la chaîne de production doivent être utilisés. La longueur des spécimens (espacement de métal à métal) ne doit pas être inférieure à 800 mm. Les deux pièces d'extrémités doivent être les mêmes que sur les isolateurs de la chaîne de production. Les essais devront être faits sur des spécimens avec revêtement extérieur ou ailettes.

8.3 Préparation des spécimens d'essai

Un spécimen doit être soumis à un essai de pression interne, l'autre à un essai de flexion selon respectivement 8.4.1 et 8.4.2 (voir figure C.1). Chaque spécimen doit être muni de deux jauges d'élongation (allongement final supérieur ou égal à 2 %, résistance supérieure ou égale à 120 Ω et longueur inférieure ou égale à 12 mm). Le revêtement doit être retiré localement pour permettre de fixer les jauges sur la surface extérieure du tube.

a) Essai de pression interne

Pour cet essai les jauges de contrainte doivent être placées:

- sur la surface interne ou externe du tube;
- avec une jauge parallèle et l'autre perpendiculaire à l'axe du tube;
- à mi-distance entre les pièces d'extrémités.

Le spécimen doit être placé en position verticale. Les extrémités du spécimen seront munies de couvercles étanches. Ces couvercles doivent être munis d'un dispositif pour introduire et retirer l'agent de pressurisation. Celui-ci, un gaz ou un liquide, ne doit affecter le tube d'aucune manière autre que mécanique.

8 Type tests (only mechanical tests)

The type tests consist of a pressure test, for pressurized insulators only, and a bending test.

8.1 General

An insulator type is mechanically defined by the tube inner diameters, the wall thickness of the tube, the tube lamination parameters, the method of attachment and material of the metal end fittings and the manufacturing process. The length of the insulator defines the type only for ratios of length between fittings to diameters of less than 2.

The tests shall be performed at room temperature to confirm the mechanical strength of the insulator by verifying the limit between reversible and irreversible phase in the tube (see annex C).

Composite hollow insulators which have been subjected to the type tests shall not be used in service.

Bending forces shall be applied perpendicularly to the insulator's axis either directly to the front plane of the insulator (see figure 2) or in a distance to the front plane of the top end fitting of the insulator if special reasons exist. When the load is not applied directly to the end fitting, the applied load shall be corrected to give the same bending moment at the base of the insulator.

8.2 Test specimens

The test specimens shall be either two full length insulators or two shorter, but otherwise identical, insulators made on the production line. The length of the latter specimens (metal-to-metal spacing) shall be not less than 800 mm. Both end fittings shall be the same as used on production line insulators. The insulator specimens used for these tests shall be equipped with housing and sheds.

8.3 Preparation of the test specimen

One specimen shall be subjected to an internal pressure test, the other to a cantilever bending test in accordance with 8.4.1 and 8.4.2, respectively (see figure C.1). Each of the test specimens shall be equipped with two strain gauges (for example final elongation greater than or equal to 2 %, resistance greater than or equal to 120 Ω , length less than or equal to 12 mm). The housing shall be removed locally to allow fixing of the gauges to the outside of the tube.

a) *For the internal pressure test*

The position of the strain gauges shall be

- inside or outside on the tube;
- one gauge parallel, one gauge perpendicular to the axis of the tube;
- in the middle of the tube between the end fittings.

The internal pressure test specimen shall be mounted in an upright position. The ends of the test specimens shall be fitted with end covers and sealed. The covers shall be equipped with devices for getting the inner pressure medium in and out. The inner pressure medium shall be a gas or a liquid and shall not affect the tube in any way, other than mechanically.

b) *Essai de flexion*

Pour cet essai les jauges de contrainte doivent être placées

- sur la surface interne ou externe du tube;
- parallèlement à l'axe du tube;
- près du haut de la pièce d'extrémité tenue rigidement, en général avec son centre à 30 mm du col de la pièce d'extrémité afin d'éliminer l'influence de cette dernière;
- dans le plan de la force de flexion, l'une diamétralement opposée à l'autre.

NOTE – Une simulation des contraintes ou une détermination expérimentale peut être utilisée pour trouver l'endroit où la contrainte est maximale afin de fixer les jauges de façon optimale. Il convient cependant de noter qu'un simple calcul analytique peut conduire à des résultats erronés.

Une des pièces d'extrémités du spécimen d'essai doit être maintenue rigidement. La direction de la force de flexion, appliquée à l'autre pièce d'extrémité, doit être approximativement perpendiculaire à l'axe du tube. La force de flexion doit être appliquée à, ou aussi près que possible de, l'armature de façon à ce que le point d'application ne change pas.

8.4 Déroulement des essais

Un spécimen est soumis à un essai de pression interne, l'autre à un essai de flexion selon 8.4.1 et 8.4.2.

8.4.1 Essai de pression interne

Cet essai fait en deux voire en trois étapes n'est pas requis pour les isolateurs composites creux qui sont en service sans pression interne.

a) *Première étape: essai à $2,0 \times$ la pression maximum de service*

La pression interne doit être augmentée rapidement mais sans à-coups de zéro à $2,0 \times$ PMS à la température ambiante. Quand $2,0 \times$ PMS est atteint, cette pression doit être maintenue pendant 5 min. La pression est ensuite diminuée graduellement. Si l'état de contrainte du tube est, selon l'indication des jauges de contraintes, le même ± 5 % de la contrainte maximum (phase élastique réversible) avant et après l'essai de pression, on doit inférer que le spécimen n'a pas été endommagé (voir annexe C).

NOTE – La valeur de ± 5 % est donnée à titre d'information. Elle peut être modifiée à la lumière de l'expérience ultérieure.

b) *Deuxième étape: essai à $4,0 \times$ la pression maximum de service*

Après l'essai précédent, on doit appliquer une pression de $4,0 \times$ PMS pendant au moins 5 min. La pression doit être ensuite diminuée graduellement. Après cet essai, on admet que l'état de déformation finale du tube diffère, selon l'indication des jauges de contraintes, de plus de ± 5 % de la contrainte maximum (phase plastique irréversible, voir annexe C), mais on doit s'assurer visuellement qu'il n'y a pas eu de dégradation.

NOTE – La valeur de ± 5 % est donnée à titre d'information. Elle peut être modifiée à la lumière de l'expérience ultérieure.

c) *Troisième étape: essai à la pression SIP*

Si on le demande comme information supplémentaire, la méthode de la deuxième étape doit être utilisée et la PIS doit être appliquée pendant 5 min. Tous les résultats doivent être notés. Il est possible que des dommages soient observés visuellement (phase plastique irréversible).

b) For the cantilever bending test

The position of the strain gauges shall be

- inside or outside on the tube;
- parallel to the axis of the tube;
- positioned near the fixed end of the insulator, generally with its centre 30 mm from the mouth of the end fitting in order to eliminate the influence of the end fitting;
- in the plane of the cantilever force and diametrically opposite from each other.

NOTE – Stress simulation or experimental investigation can be used to determine the area of maximum strain for optimum positioning of the strain gauges. However, it should be noted that simple analytical calculation methods can give misleading results.

One end fitting of the cantilever test specimen shall be securely fixed. The cantilever force shall be applied at approximately 90° to the axis of the test specimen on the other fitting. The cantilever force shall be applied on or close to this end fitting taking care that the point at which the force acts remains fixed.

8.4 Performance of the tests

One specimen is subjected to an internal pressure test and one specimen to a cantilever bending test as mentioned under 8.4.1 and 8.4.2.

8.4.1 Internal pressure test

This test is performed in two or possibly three stages. It is not necessary to perform this test for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions.

a) Stage one: test at $2,0 \times$ maximum service pressure

The internal pressure shall be increased rapidly but smoothly from zero to $2,0 \times$ MSP at ambient temperature. When the $2,0 \times$ MSP is reached, the pressure shall be maintained for 5 min. Then the pressure shall be released smoothly. If the tube before and after pressure application is in the same strain condition within $\pm 5\%$ of the maximum strain (reversible elastic phase) indicated by strain gauges, it shall be inferred that no damage has occurred (see annex C).

NOTE – The value of $\pm 5\%$ is given for guidance. It may be modified in the future after experience has been gained.

b) Stage two: test at $4,0 \times$ maximum service pressure

After this initial pressure application, a pressure test at $4,0 \times$ MSP shall be applied for at least 5 min. Then the pressure shall be released smoothly. After pressure application it is allowed that the residual strain be greater than $\pm 5\%$ of the maximum strain (irreversible plastic phase, see annex C) but it shall be determined that no visible damage has occurred.

NOTE – The value of $\pm 5\%$ is given for guidance. It may be modified in the future after experience has been gained.

c) Stage three: at specified internal pressure level

If required for additional information, the procedure of stage two shall be used and SIP is applied for 5 min. Any findings shall be noted. Visible damage may arise and is allowed (irreversible plastic phase).

8.4.2 Essai de flexion

Un spécimen est soumis à un essai de flexion qui est fait en trois voire en quatre étapes.

a) Première étape: essai à la charge CMM

La charge de flexion doit être augmentée graduellement de zéro à la CMM en 30 s. Une fois atteinte, on doit maintenir la CMM pendant 30 s. Pendant ce temps, la déflexion de la pièce d'extrémité mobile doit être mesurée. La charge de flexion doit être retirée et la déflexion résiduelle mesurée.

b) Deuxième étape: essai à $1,5 \times CMM$

La charge de flexion doit de nouveau être augmentée graduellement jusqu'à $1,5 \times CMM$ au plus en 30 s. La charge de $1,5 \times CMM$ doit être maintenue à cette valeur de façon pour au moins 60 s. Pendant ce temps la déflexion de la pièce d'extrémité doit être mesurée. La charge doit ensuite être diminuée graduellement et la déflexion résiduelle mesurée. Si l'état de contrainte du tube est, selon l'indication des jauges, le même $\pm 5\%$ de la contrainte maximum (phase élastique réversible) avant et après l'essai de flexion, on doit inférer que le spécimen n'a pas été endommagé (voir annexe C).

Une fois la charge retirée, on doit examiner les pièces d'extrémités pour trouver des fissures ou des dommages.

NOTE – La valeur de $\pm 5\%$ est donnée à titre d'information. Elle peut être modifiée à la lumière de l'expérience ultérieure.

c) Troisième étape: essai à $2,5 \times CMM$

La charge de flexion doit de nouveau être augmentée graduellement de zéro à $2,5 \times CMM$ en pas plus de 90 s et maintenue à ce niveau pendant 60 s. La charge doit ensuite être diminuée graduellement.

Après cet essai on admet que l'état de déformation finale du tube diffère, selon l'indication des jauges de contraintes, de plus de $\pm 5\%$ de la contrainte maximum (phase plastique irréversible), mais on doit vérifier qu'il n'y a eu pas de dégradation visible (voir annexe C).

NOTE – La valeur de $\pm 5\%$ est donnée à titre d'information. Elle peut être modifiée à la lumière de l'expérience ultérieure.

d) Quatrième étape: essai à CMS

Pour obtenir plus de renseignements, la méthode décrite à la troisième étape doit être utilisée et CMS appliquée pendant au moins 60 s. Tous les résultats doivent être notés. Il est possible que des dommages soient observés visuellement (phase plastique irréversible).

8.5 Sanction des essais

Les essais sont considérés comme passés avec succès si

- aucune fracture ou arrachement complet du tube ou fracture d'une armature métallique ne se produit;
- aucune déformation irréversible des tubes indiquée par les jauges de contrainte n'est observée après l'application de $2,0 \times PMS$ pendant l'essai de pression interne, et de $1,5 \times CMM$ pendant l'essai de flexion;
- La déflexion mesurée pendant l'essai de flexion à CMM et à $1,5 \times CMM$ est en accord avec la valeur prescrite, définie par le fabricant.

8.4.2 Cantilever bending test

One specimen is subjected to a cantilever bending test which is performed in three, or possibly four, stages.

a) *Stage one: test at maximum mechanical load*

The bending load shall be increased smoothly from zero to MML within 30 s. When the MML is reached, it shall be maintained for at least 30 s. During this time the deflection shall be measured. The bending load shall be completely released and the residual deflection shall be recorded.

b) *Stage two: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load*

The bending load shall be increased smoothly to $1,5 \times$ MML within 30 s and shall be maintained at this value for at least 60 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded. If the tube before and after load application is in the same strain condition within $\pm 5\%$ of the maximum strain (reversible elastic phase), as indicated by the strain gauges, it shall be inferred that no damage has occurred (see annex C).

After releasing the load to zero the end fittings shall be examined for cracks or failures.

NOTE – The value of $\pm 5\%$ is given for guidance. It may be modified in the future after experience has been gained.

c) *Stage three: test at $2,5 \times$ maximum mechanical load*

Following completion of stage two, a bending load shall be reapplied. It shall be increased smoothly from zero to $2,5 \times$ MML within 90 s and shall be maintained at this value for at least 60 s. Then the load shall be released smoothly.

After this load application it is allowed that the residual strain be greater than $\pm 5\%$ of the maximum strain (irreversible plastic phase), but it shall be determined that no visible damage has occurred (see annex C).

NOTE – The value of $\pm 5\%$ is given for guidance. It may be modified in the future after experience has been gained.

d) *Stage four: test at specified mechanical load*

If required for additional information, the procedure of stage three shall be used and SML is applied for at least 60 s. Any findings shall be noted. Visible damage may arise and is allowed (irreversible plastic phase).

8.5 Acceptance criteria

The tests are passed if

- no fracture or pull out of the tubes or fracture of the end fittings occur;
- no irreversible deformation of the tube as indicated by strain gauges is found after application of $2,0 \times$ MSP during the internal pressure test and after $1,5 \times$ MML during the bending test;
- the measured deflections during the cantilever bending test at MML and $1,5 \times$ MML meet the predetermined value, as defined by the manufacturer.

9. Essais sur prélèvements

9.1 Choix et nombre de pièces à essayer

Les essais sont faits sur un petit nombre d'isolateurs composites creux pris au hasard dans un lot de pièces ayant passé les essais individuels décrits en 10.1. Sauf spécification contraire, le nombre d'échantillons doit être conforme au tableau 4.

Tableau 4 – Tailles d'échantillons

Nombre (n) d'isolateurs creux formant le lot	Nombre d'isolateurs creux à prendre pour l'essai sur prélèvements
12 ou moins	Aucun, <i>pour autant que des essais aient déjà été faits sur des isolateurs du même type et que le rapport d'essai soit approuvé par l'acheteur.</i> Un, <i>si un rapport d'essai n'est pas disponible.</i>
13 à 24	Un
25 à 100	Deux
101 à 300	Trois
301 à 500	Quatre
501 ou plus	Le nombre entier égal ou immédiatement supérieur à $4 + \frac{1,5 n}{1000}$

Ces essais sont non destructifs si la méthode magnétique est utilisée pour l'essai de galvanisation, si le revêtement n'est pas taché de manière permanente par l'essai de pénétration d'eau et si un gaz est utilisé pour l'essai de pression. Dans ce cas, l'isolateur ou les isolateurs qui ont subi les essais de prélèvement peuvent être remis dans le lot et utilisés en service.

9.2 Essais

Les échantillons doivent subir les essais suivants:

- vérification des dimensions (9.3),
- essai de galvanisation pour les pièces d'extrémités en acier doux ou en acier coulé conformément à CEI 60168,
- essais mécaniques (9.4),
- vérification de l'interface (9.5).

9.3 Vérification des dimensions

Sur chaque isolateur sélectionné, toutes les dimensions indiquées sur les plans seront vérifiées y compris les tolérances de forme, de géométrie et de position. Sauf prescriptions contraires, les tolérances données à l'annexe A doivent être utilisées. Les plans peuvent indiquer les points entre lesquels la ligne de fuite est spécifiée.

La mesure de la ligne de fuite doit être comparée à celle indiquée sur le dessin même si cette dimension est supérieure à celle demandée à l'origine par l'acheteur. Lorsqu'on spécifie la ligne de fuite minimum, la tolérance négative est zéro.

9 Sample tests

9.1 Selection and number of insulators

The tests are made on a number of composite hollow insulators taken at random from the batch after passing the routine tests mentioned in 10.1. Unless otherwise specified, the number of samples shall be in accordance with the table 4.

Table 4 – Sample sizes

Number (<i>n</i>) of hollow insulators forming the batch	Number of hollow insulators to be taken for sample tests
12 or less	None, <i>provided that tests have already been made on hollow insulators of the same type and the test report is approved by the purchaser.</i> One, <i>if an approved test report is not available.</i>
13 to 24	One
25 to 100	Two
101 to 300	Three
301 to 500	Four
501 or more	The whole number equal to or next greater than $4 + \frac{1,5\ n}{1\ 000}$

These tests are non-destructive if the magnetic method is used for the galvanizing test, if the housing is not permanently stained by the dye penetration test and if gas is used for the pressure test. In this case, the insulator(s) submitted to the tests may be returned to the batch and used in service.

9.2 Testing

The selected insulator shall be subjected to the following tests:

- verification of dimensions (9.3);
- galvanizing test for malleable and ductile cast iron, and steel fittings in accordance with IEC 60168;
- mechanical tests (9.4);
- check of the interface (9.5).

9.3 Verification of dimensions

On all selected insulators, the dimensions of the composite hollow insulator shall comply with the values shown on the drawing, within specified tolerances for geometry, form and position. Unless otherwise specified, the tolerances given in annex A shall be used. The drawing can show the points between which the creepage distance is specified.

The measurement of creepage distance shall be related to the design dimensions as determined from the insulator drawing, even though this dimension may be greater than the value originally specified by the purchaser. When the creepage distance is specified as a minimum value, the negative tolerance is zero.

9.4 Essais mécaniques

La totalité des isolateurs du prélèvement doit subir, en trois étapes, les essais suivants à la température ambiante:

a) *Première étape: essai à $2,0 \times PMS$*

L'isolateur est soumis à une pression interne. On doit monter rapidement mais sans à-coups la pression interne de la pression ambiante à $2,0 \times PMS$. Cette pression est maintenue pendant au moins 5 min.

Il n'est pas nécessaire de faire cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour un service sans pression.

b) *Deuxième étape: essai à la charge mécanique maximum*

Le même isolateur est soumis à l'essai de flexion où la contrainte de flexion est appliquée séquentiellement, à température ambiante, dans les directions décrites à la figure 2. La charge de flexion doit être appliquée rapidement mais sans à-coups de zéro à la CMM. Si la CMM est atteinte en moins de 90 s, l'isolateur doit rester sous contrainte afin que l'essai dure 90 s. Pendant ce temps la déflexion de la pièce d'extrémité doit être notée. Ensuite la charge est relâchée et la déflexion résiduelle notée.

c) *Troisième étape: essai à $1,5 \times CMM$*

Après avoir terminé l'essai de la deuxième étape, on utilise la même procédure pour charger l'isolateur à $1,5 \times CMM$.

9.5 Vérification de l'interface entre les pièces d'extrémités et l'enveloppe

A la fin des essais, les deux extrémités d'un des isolateurs doivent être soumises à un essai de pénétration d'un indicateur de fissure près des pièces d'extrémités selon l'ISO 3452. L'essai doit être fait de la façon suivante:

- la surface doit être soigneusement nettoyée avec l'agent de nettoyage;
- l'agent de pénétration doit être en contact avec la surface nettoyée pendant 20 min;
- la surface doit être nettoyée à nouveau avec un agent approprié et ensuite séchée;
- si la méthode le demande on doit appliquer le révélateur;
- la surface doit être examinée.

Il peut exister des matériaux d'enveloppe dans la masse desquels l'agent de pénétration peut pénétrer en l'absence de fissure. Dans ce cas, on doit pouvoir interpréter les résultats correctement.

Après l'essai de pénétration l'isolateur doit être inspecté pour détecter la présence de fissures et de pénétration de colorant à l'interface entre l'enveloppe et les pièces d'extrémités.

9.6 Sanction de l'essai

Les isolateurs ont passé les essais si

- les dimensions de l'isolateur sont conformes aux dessins;
- l'essai de galvanisation fait sur les pièces d'extrémité, si requis, est passé avec succès;
- le tube ne présente pas de fracture ou il ne s'est pas séparé de ses pièces d'extrémités et les pièces d'extrémités n'ont pas de fracture;
- les déflexions ne dépassent pas les valeurs prescrites, définies par le fabricant;
- aucune fissure de l'enveloppe ou des interfaces n'est détectée par l'essai de pénétration de colorant.

9.4 Mechanical tests

All the selected insulators shall be subjected to the following test in three stages at ambient temperature:

a) *Stage one: test at $2,0 \times$ maximum service pressure*

The insulator is subjected to an internal pressure. The internal pressure shall be increased rapidly but smoothly from ambient atmosphere pressure to $2,0 \times$ MSP. The internal pressure shall be maintained for at least 5 min.

It is not necessary to perform this test on composite hollow insulators designed for unpressurized conditions.

b) *Stage two: test at maximum mechanical load*

The same insulator is then subjected to a sequential cantilever bending load according to the directions given in figure 2 at ambient temperature. The bending load shall be increased rapidly but smoothly, from zero to MML. If MML is reached in less than 90 s, the load shall be maintained for the remainder of at least 90 s. During this time, the deflection shall be measured. The load is then completely released and the residual deflection recorded.

c) *Stage three: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load*

Following completion of the test of stage two the same procedure is then repeated for the insulator at a load of $1,5 \times$ MML.

9.5 Check of the interface between end fittings and the housing

Both ends of one of the selected insulators shall, at the end of the tests, be subjected to a crack indication test, by dye penetration in accordance with ISO 3452 on the housing in the vicinity of the metal fittings. The test shall be performed in the following way:

- the surface shall be properly pre-cleaned with the cleaner;
- the penetrant which shall act during 20 min shall be applied on the cleaned surface;
- the surface shall be cleaned with the excess penetrant remover and dried;
- the developer shall be applied, if necessary;
- the surface shall be inspected.

Some housing materials may absorb the penetrant resulting in permanent staining. In such a case, evidence shall be provided to validate the interpretation of the results.

After the penetration test, the selected insulator shall be inspected for cracks and dye penetration of the housing to fitting interface.

9.6 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- the dimensions of the insulators conform with the drawing;
- the galvanizing test (if applicable) is passed;
- if no fracture or pull out of the tube or fracture of the end fittings occur;
- if the deflections meet the predetermined level, as defined by the manufacturer;
- if no cracks on the housing or interfaces occur, indicated by the dye penetration.

9.7 Contre-épreuve

Le choix d'une des deux procédures de contre-épreuve dépend de l'essai que l'isolateur composite creux n'a pas réussi. Le tableau 5 permet de choisir la procédure de contre-épreuve.

Tableau 5 – Choix de la procédure de contre-épreuve.

Essai non satisfaisant	Procédure de contre-épreuve à utiliser
Vérification des dimensions (9.3)	A, sur la (les) dimension(s) non conforme(s)
Essai de galvanisation selon CEI 60168	B
Essai mécanique (9.4)	B
essai de pénétration de colorant (9.5)	B, par inspection visuelle des interfaces

a) Procédure de contre-épreuves A

Si un ou plus d'un isolateur composite creux ne satisfait pas aux exigences précédentes, un accord doit être trouvé entre le fabricant et l'acheteur pour reprendre l'ensemble du lot d'isolateurs composites creux et réexaminer le ou les points non conformes. Tout isolateur qui ne satisfait pas à cette contre-épreuve est déclaré non conforme à ce rapport.

b) Procédure de contre-épreuves B

Si un seul isolateur ne satisfait pas à un de ces essais, cet essai doit être repris sur un nombre double d'isolateurs. Si, durant ce nouvel essai un ou plusieurs résultats n'est pas satisfaisant, tout le lot est déclaré non conforme à ce rapport.

10. Essais individuels

10.1 Généralités

Les essais individuels comprennent

- l'examen visuel (10.2);
- l'essai individuel de pression (10.3);
- l'essai individuel mécanique (10.4);
- l'essai individuel d'étanchéité (10.5);
- l'essai individuel du matériau du tube (10.5).

10.2 Examen visuel

L'examen doit être fait sur chaque isolateur. Le montage des pièces d'extrémités sur les parties isolantes doit être conforme aux plans. La couleur de l'isolateur doit être approximativement celle spécifiée sur les plans.

Les imperfections suivantes ne sont pas acceptables:

- défauts superficiels d'aire supérieure à 25 mm² (l'aire totale des défauts n'excédant pas 0,2 % de la surface totale de l'isolateur) ou de profondeur ou de hauteur supérieure à 1 mm;
- fissures à la base des ailettes, particulièrement près des ferrures métalliques;
- séparation ou manque d'adhésion du joint entre le revêtement et les ferrures métalliques;
- séparation ou défauts d'adhésion à l'interface entre l'ailette et la gaine de revêtement;
- bavures de moulage de plus de 1 mm à partir de la surface du revêtement.

9.7 Re-test procedure

Two re-test procedures are possible according to the type of the test in which the composite hollow insulator failed to meet the requirements. The table 5 shows the re-test procedure to be applied.

Table 5 – Choice of re-test procedure

Requirements not met in:	Re-test procedure to be applied
Verification of dimensions (9.3)	A, on the non-conforming dimension(s)
Galvanizing test according to IEC 60168	B
Mechanical test (9.4)	B
Dye penetration (9.5)	B, by visual inspection of interfaces

a) Re-test procedure A

If one or more composite hollow insulators fail to meet the requirements, agreement shall be reached between the manufacturer and the purchaser that every composite hollow insulator in the batch is to be re-examined for the non-conforming requirement(s). Any units which do not satisfy these requirements are not in accordance with this report.

b) Re-test procedure B

If a single hollow insulator fails to satisfy one of these tests, the test in question shall be repeated on a sample twice the size of the first sample. If, during this new test, one or more of the results are unsatisfactory, the entire batch is not in accordance with this report.

10 Routine tests

10.1 General

The routine tests comprise

- visual examination (10.2);
- routine pressure test (10.3);
- routine mechanical test (10.4);
- routine tightness test (10.5);
- routine test for the tube material (10.6).

10.2 Visual examination

Each insulator shall be examined. The mounting of metallic parts on the insulator assembly shall be in accordance with the drawings. The colour of the insulator shall approximately be as specified in the drawing.

The following defects are not permitted:

- superficial defects of an area greater than 25 mm² (the total defective area not to exceed 0,2 % of the total insulator surface) or depth or height greater than 1 mm;
- crack at the root of the shed notably next to the metal fittings;
- separation or lack of bonding at the housing to metal fitting joint (if applicable);
- separation or bonding defects at the shed to sheath interface;
- moulding flashes protruding more than 1 mm above the housing surface.

10.3 Essai individuel de pression

Il est nécessaire de faire cet essai sur les isolateurs composites creux conçus pour un service sous pression.

Chaque isolateur composite creux doit subir, à pression atmosphérique normale et à température ambiante, un essai individuel de pression hydraulique ou de gaz (air) de $2,0 \times \text{PMS}$ pendant 1 min.

Les isolateurs qui n'auront pas passé l'essai doivent être rejetés.

NOTE – D'autres essais individuels peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant de l'isolateur et le fabricant d'équipement.

10.4 Essai individuel mécanique

Un essai mécanique est fait sur les isolateurs fonctionnant principalement sous contrainte de flexion ou autres charges mécaniques en service. Il est aussi fait sur des isolateurs fonctionnant sans pression.

L'essai mécanique est fait pour vérifier l'intégrité des ferrures métalliques et des connexions. La procédure d'essai doit reproduire la contrainte maximum prévue en service.

NOTE – Les charges, les méthodes d'essais et les critères d'acceptation peuvent faire l'objet d'accord entre le fabricant de l'isolateur et le fabricant d'équipement.

10.5 Essai individuel d'étanchéité

Il n'est pas nécessaire de faire cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour un service sans pression. Cet essai peut également ne pas être fait si en service normal l'interface n'est pas utilisée pour le scellement ainsi que pour les isolateurs composites creux dont la conception ou le procédé de fabrication sont tels qu'ils excluent tout scellement par l'interface (voir figures 4c et 4d).

On doit prouver l'étanchéité de la jonction du tube et des pièces d'extrémités à la PMS en utilisant une pression de gaz (air). La pression interne doit être maintenue pendant 5 min.

NOTE – La définition de l'étanchéité, les méthodes d'essais et les critères d'acceptation peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant de l'isolateur et le fabricant d'équipement.

10.6 Essai du matériau du tube

Un essai de diffusion d'eau doit être fait afin de vérifier l'efficacité du matériau du tube contre la pénétration d'eau.

Un spécimen doit être prélevé pour chaque isolateur composite creux. Le spécimen d'essai doit être prélevé dans les chutes de la fabrication du tube de l'isolateur composite creux. Le spécimen d'essai doit être préparé selon la méthode décrite en 7.4.1.

Le préconditionnement, l'essai sous tension électrique et la sanction doivent être faits selon 7.4.2, 7.4.3 et 7.4.4.

11. Documentation

Le fabricant doit conserver l'enregistrement de toute production conforme à ce rapport pendant une durée d'au moins 10 ans. Cet enregistrement doit comprendre

- le numéro du type;
- le numéro de série;
- la date de fabrication;
- la date et les résultats des essais individuels.

Sur demande, le fabricant d'équipement peut obtenir des extraits de ces enregistrements.

10.3 Routine pressure test

This test is applicable to composite hollow insulators which are stressed by pressure in service.

Every hollow insulator shall be subjected at normal atmospheric pressure and ambient temperature to a routine hydraulic or gas (air) test pressure corresponding to $2,0 \times \text{MSP}$ for 1 min.

Failed insulators shall be rejected.

NOTE – Other routine tests are subject to agreement between the manufacturer of the insulator and the manufacturer of equipment.

10.4 Routine mechanical test

This test is applicable to composite hollow insulators which are stressed principally by bending or by other mechanical loads in service. It is also applicable to unpressurized composite hollow insulators.

A mechanical test is performed to verify the integrity of the end fittings and connections. The test method shall reproduce the maximum stress expected from service.

NOTE – Loads, methods of testing and acceptance criteria are subject to agreement between the manufacturer of the insulator and the manufacturer of equipment.

10.5 Routine tightness test

This test is not applicable for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions. This test may also be omitted if under normal service conditions the interface is not used for sealing and also for composite hollow insulators whose design and manufacturing process are such to exclude any sealing action and untightness of the interface (see figures 4c and 4d).

The tightness of the interface between tube and end fitting shall be checked at MSP using gas (air) pressure. The internal pressure shall be maintained for 5 min.

NOTE – Definition of tightness, methods of testing and acceptance criteria are subject to agreement between the manufacturer of the insulator and the manufacturer of equipment.

10.6 Test for the tube material

A water diffusion test shall be carried out as follows to check the resistance of the tube material to water penetration.

One specimen is required for each composite hollow insulator. A test specimen shall be taken from the surplus of the tube from which the composite hollow insulators are manufactured. The test specimen shall be prepared in accordance with 7.4.1.

Prestressing, voltage testing and evaluation shall be carried out in accordance with 7.4.2, 7.4.3 and 7.4.4.

11 Documentation

The manufacturer shall maintain records of all serially produced insulating enclosures in accordance with this report for a minimum of 10 years. These records shall contain the following information:

- type reference number;
- serial number;
- date of manufacture;
- Routine tests, date and results.

The manufacturer of equipment shall be provided with extracts of the records upon request.

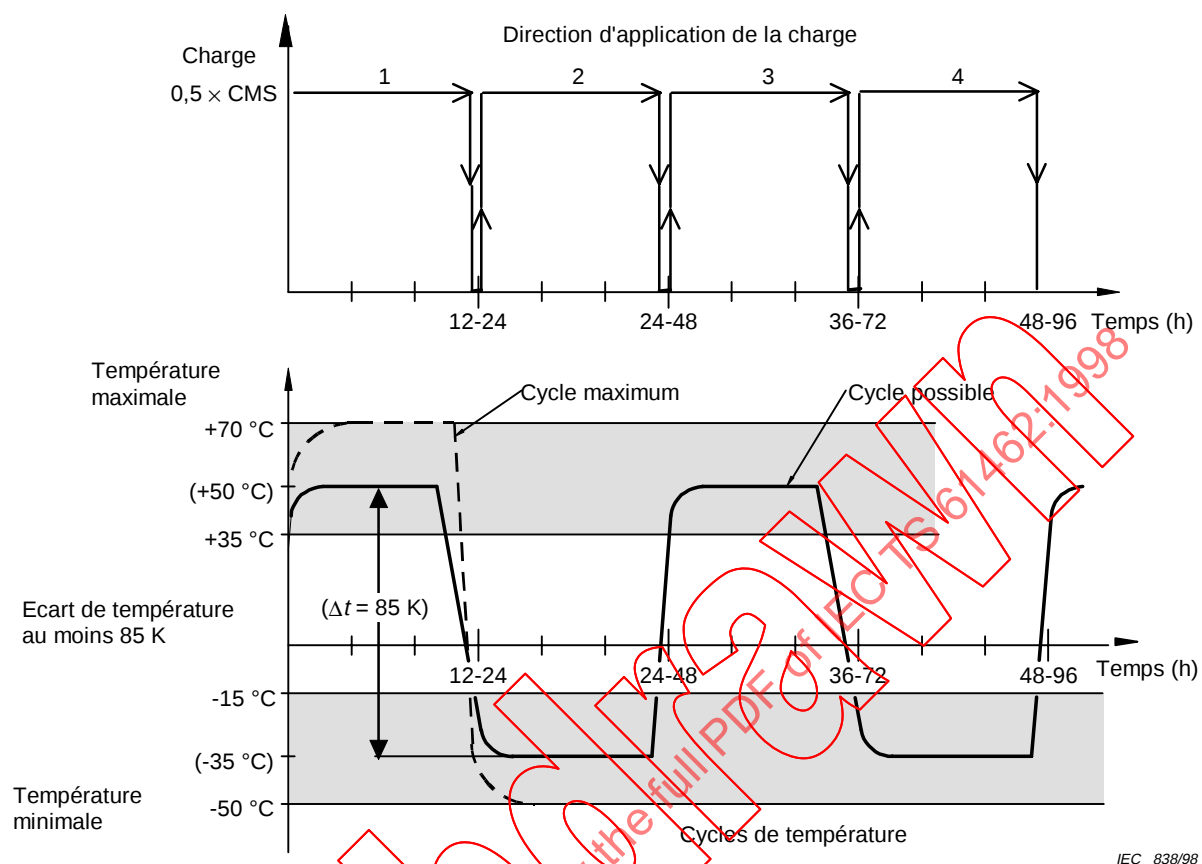
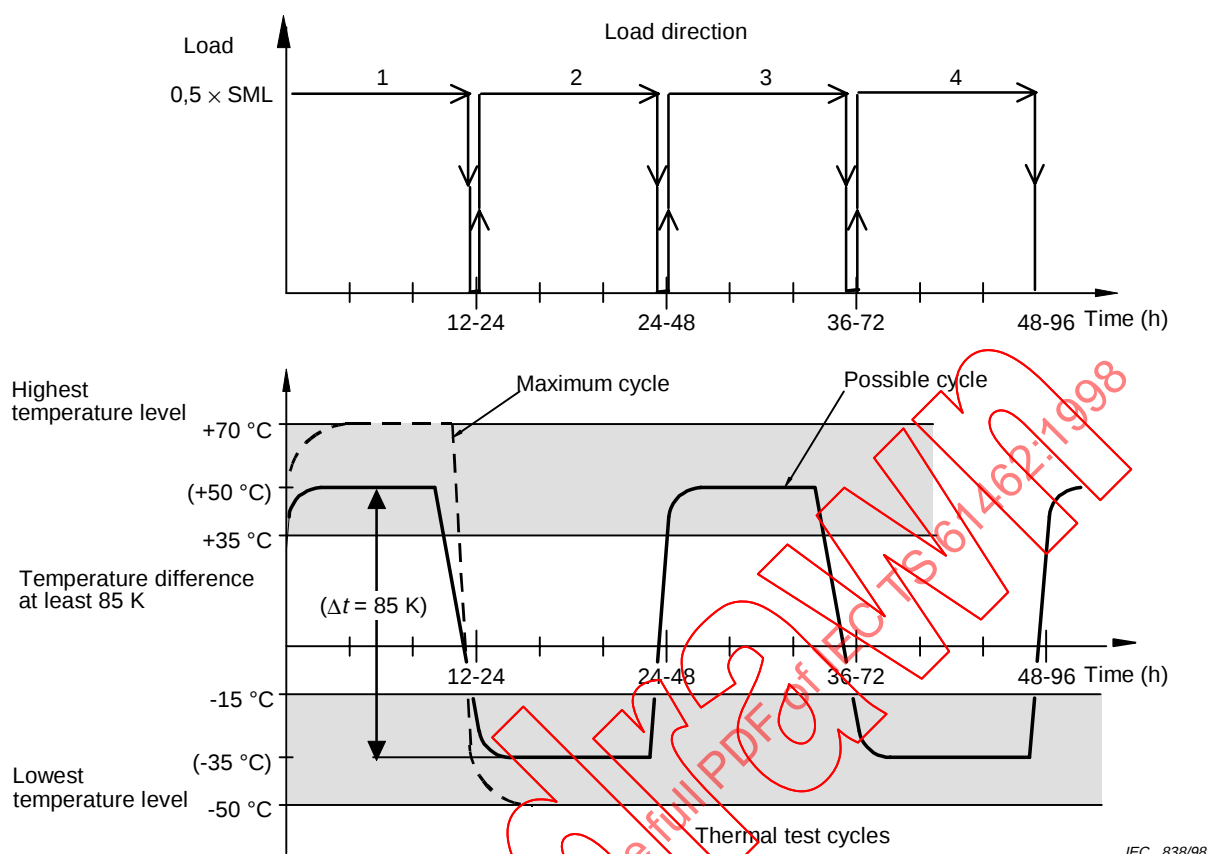
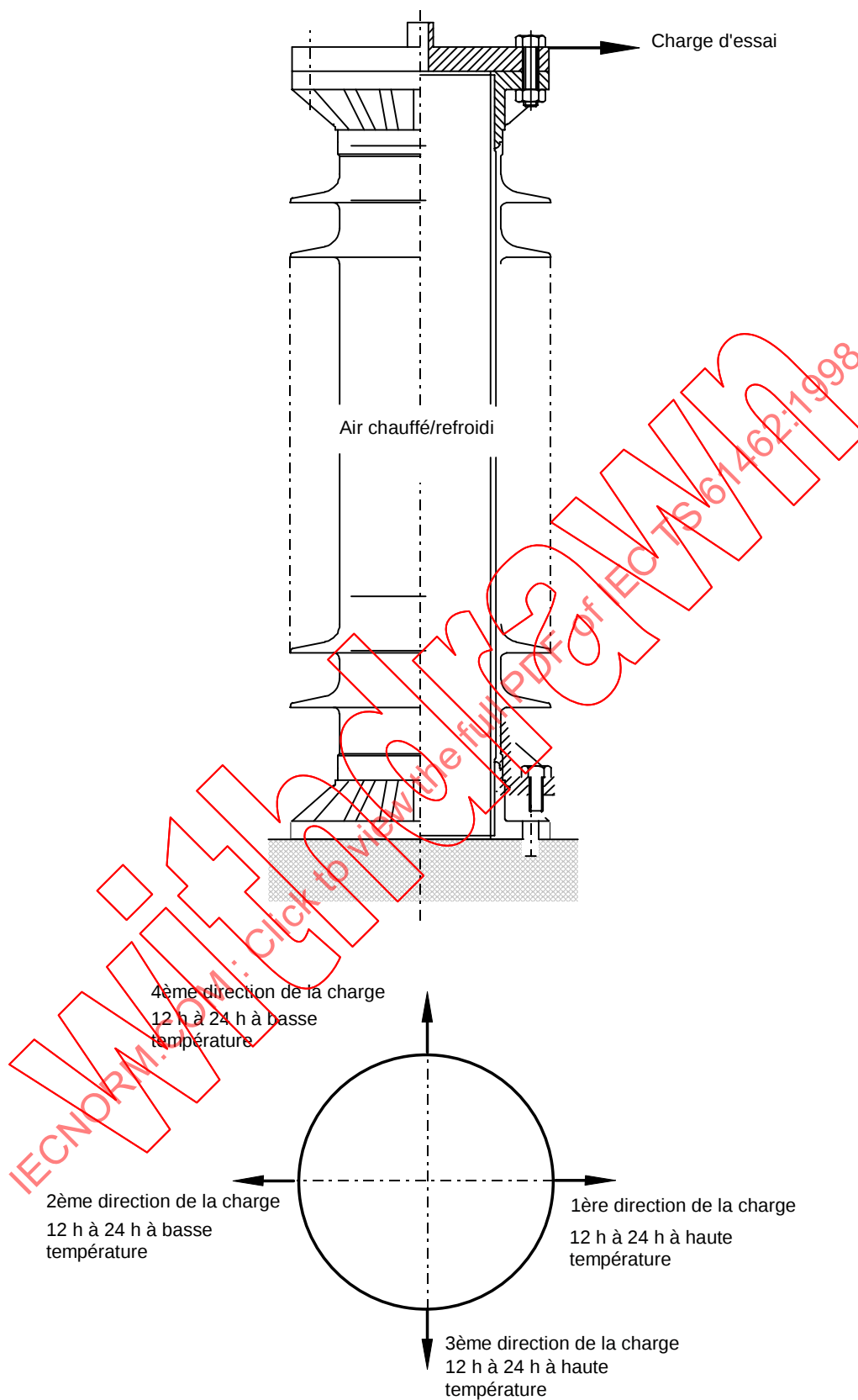


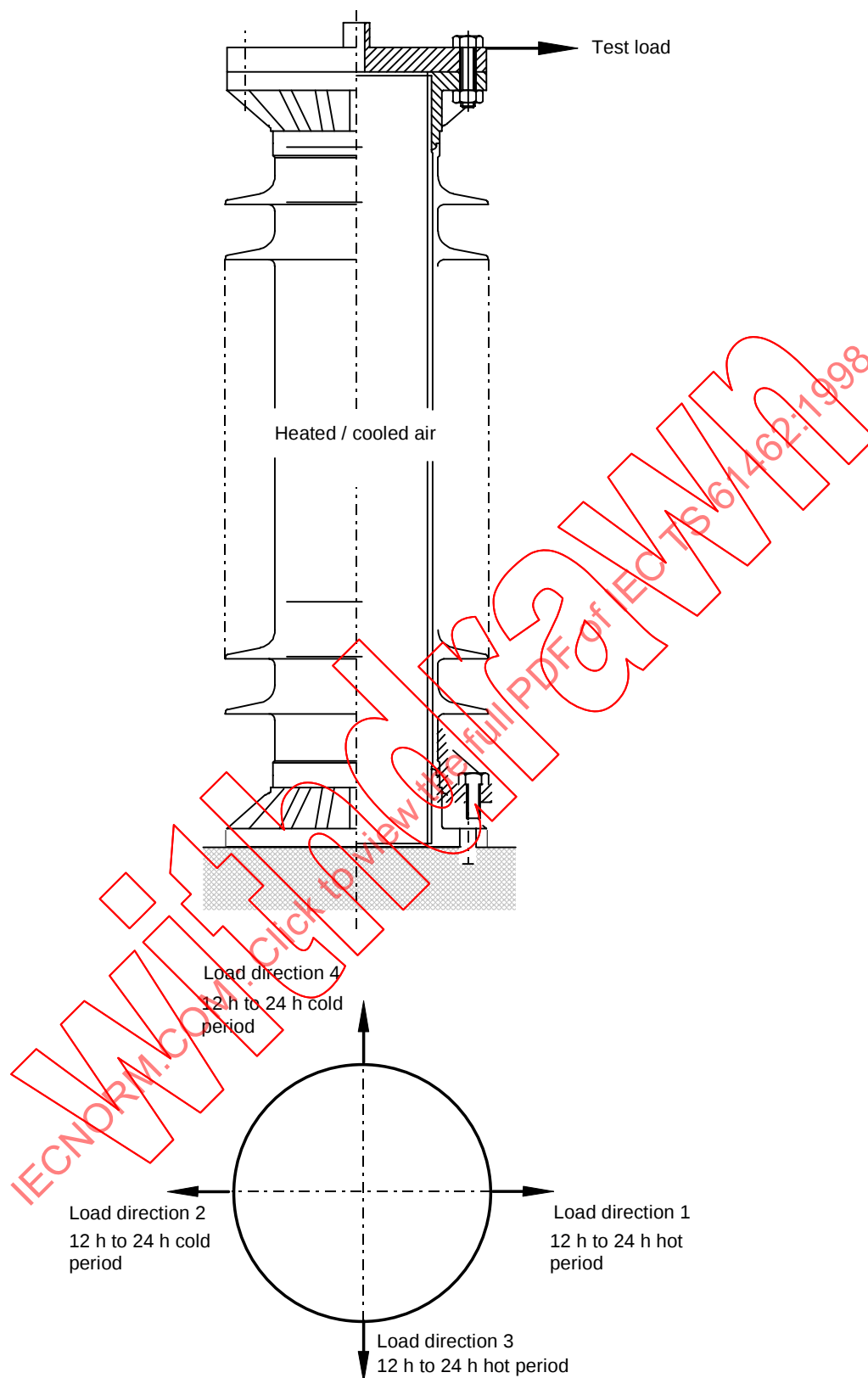
Figure 1 – Essai de précontrainte thermo-mécanique – Cycles typiques





IEC 839/98

Figure 2 – Essai de précontrainte thermo-mécanique – Montage typique



IEC 839/98

Figure 2 – Thermal mechanical pre-stress test – Typical test arrangement

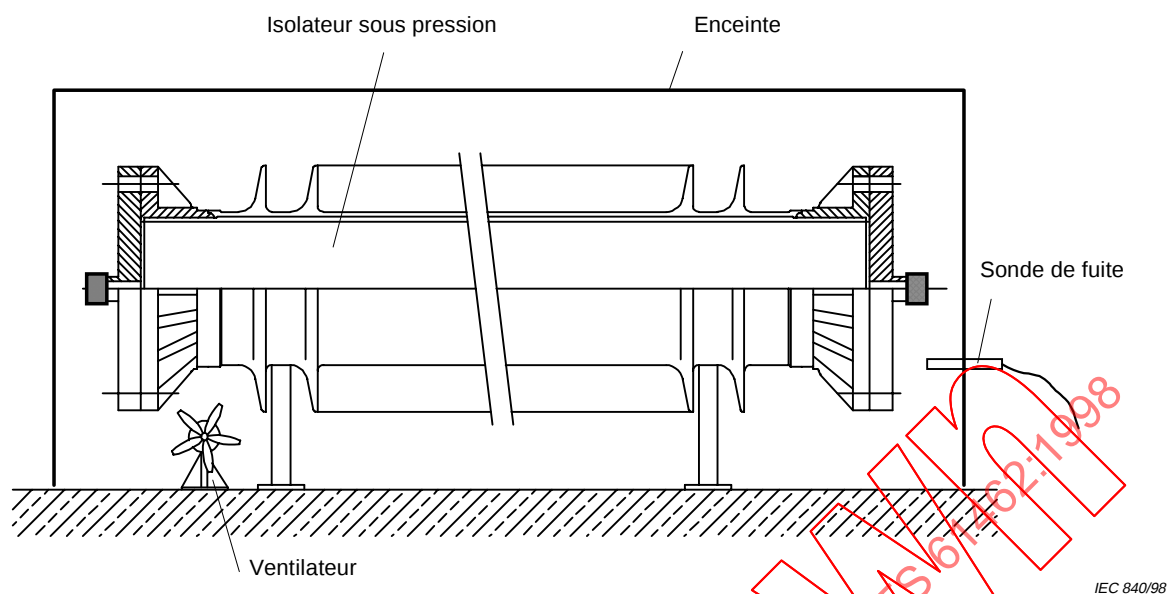


Figure 3 – Montage pour l'essai de taux de fuite

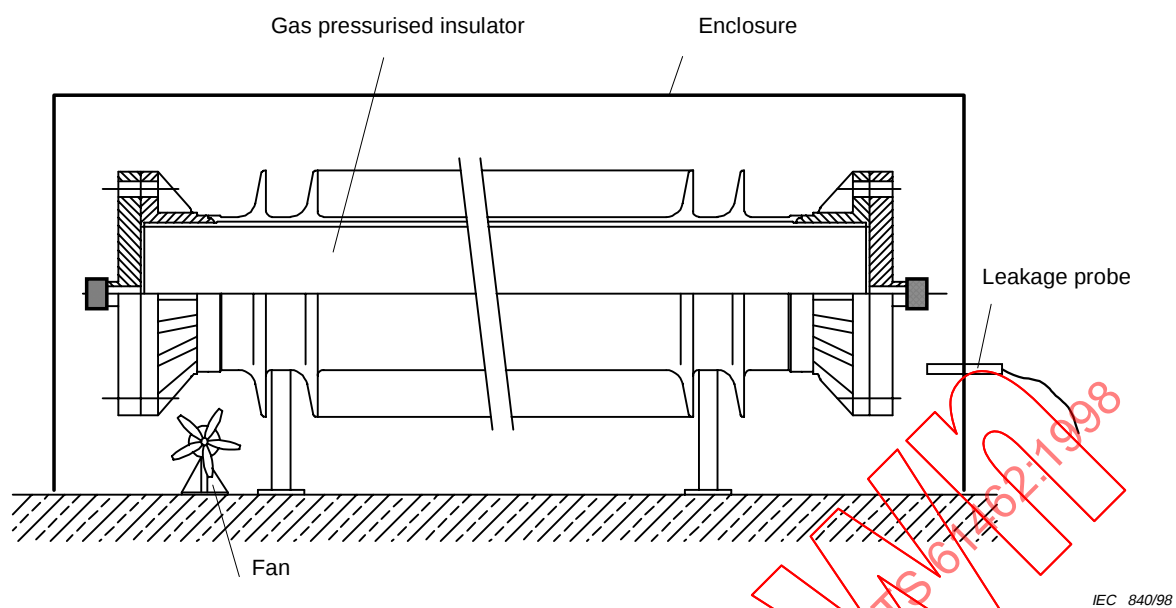


Figure 3 – Test arrangement for the leakage rate test

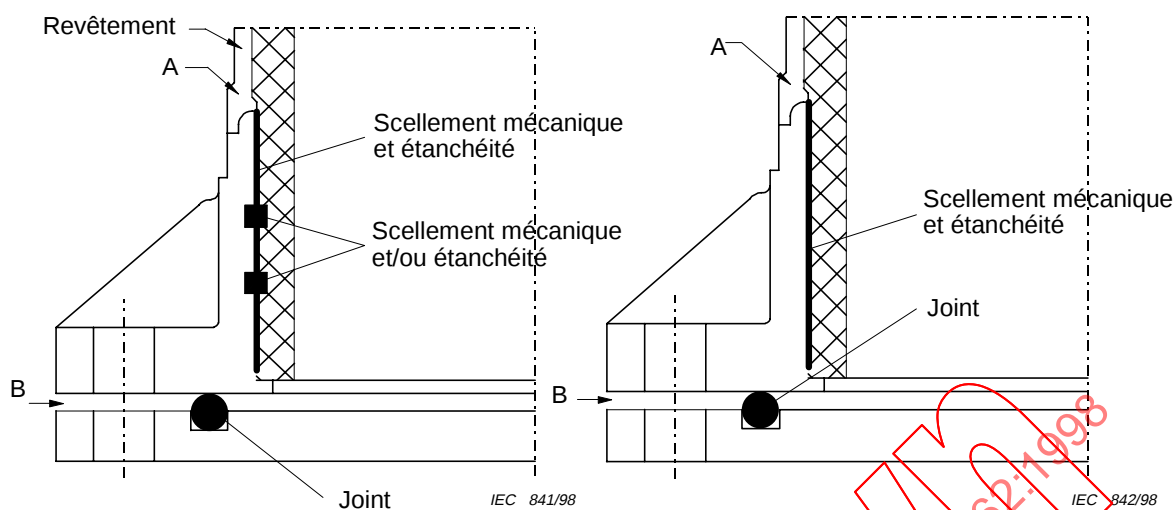


Figure 4a

Figure 4b

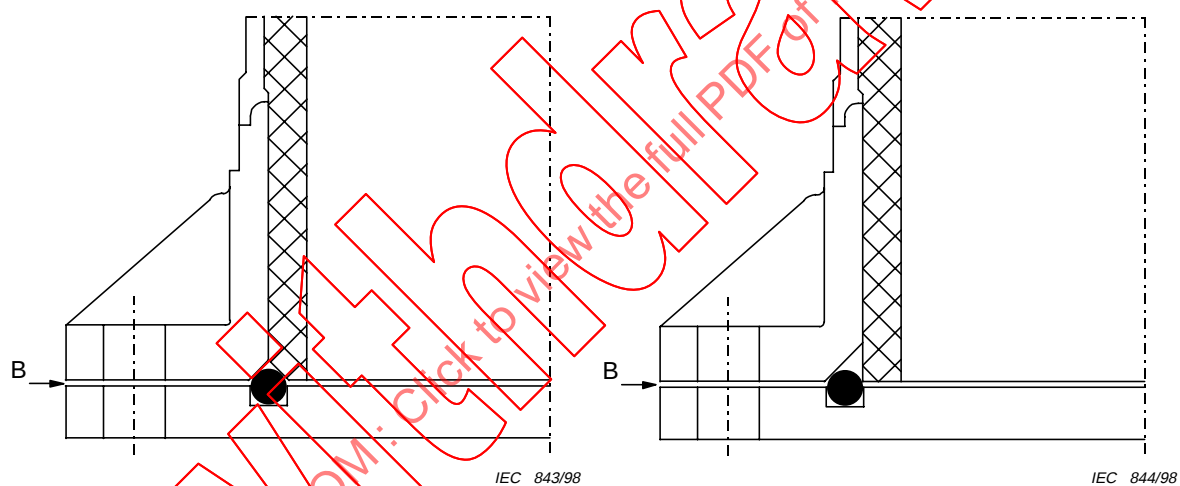


Figure 4c

Figure 4d

A Etanchéité d'assemblage
B Etanchéité du joint

Figure 4 – Exemples de systèmes d'étanchéité des isolateurs creux composites

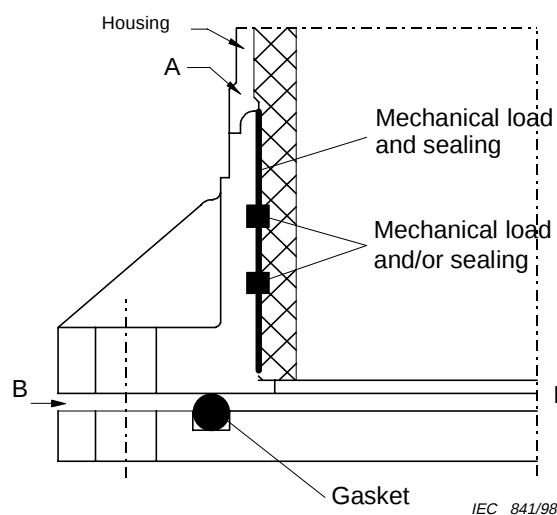


Figure 4a

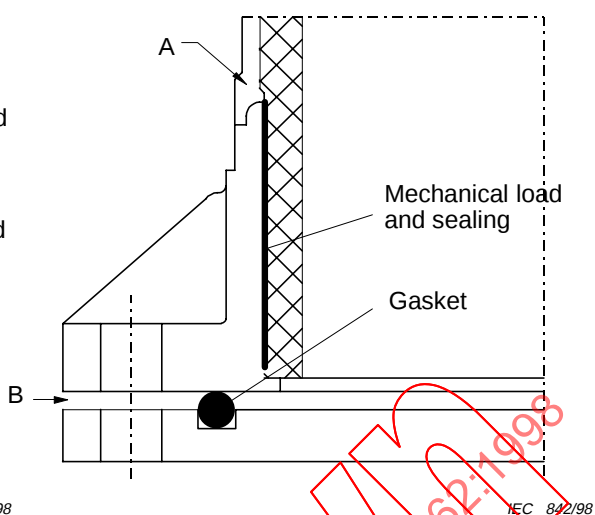


Figure 4b

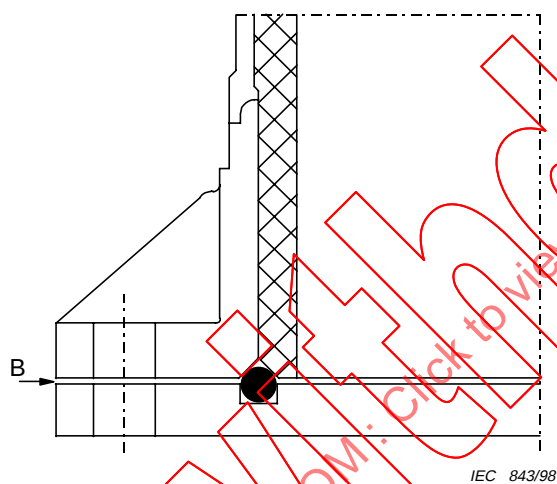


Figure 4c

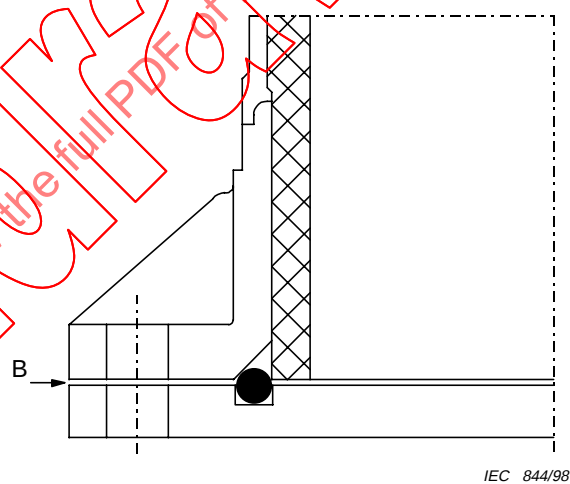


Figure 4d

A Joint tightness
B Gasket tightness

Figure 4 – Examples of sealing systems for composite hollow insulators

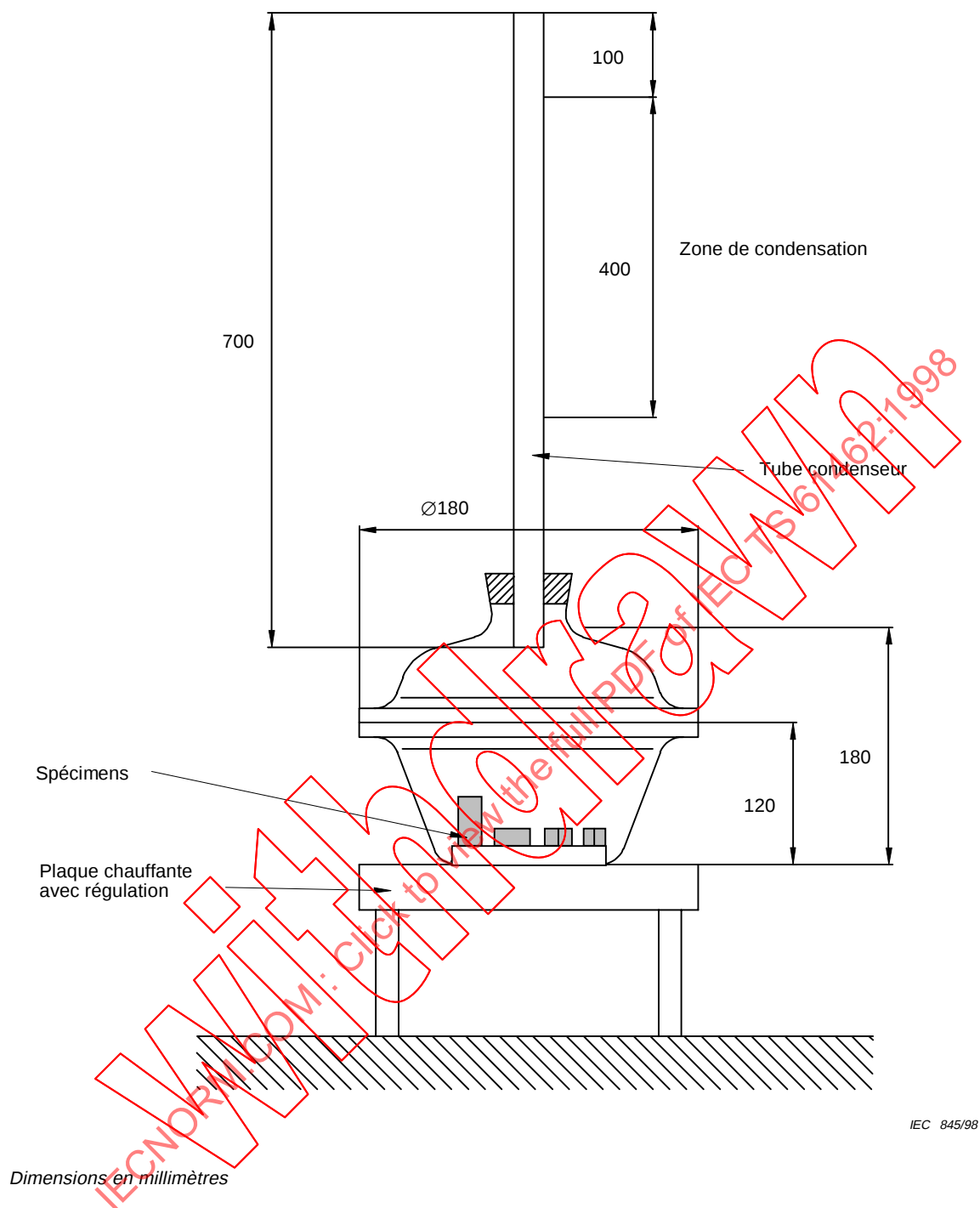


Figure 5 – Exemple de cuve pour l'essai de pénétration d'eau

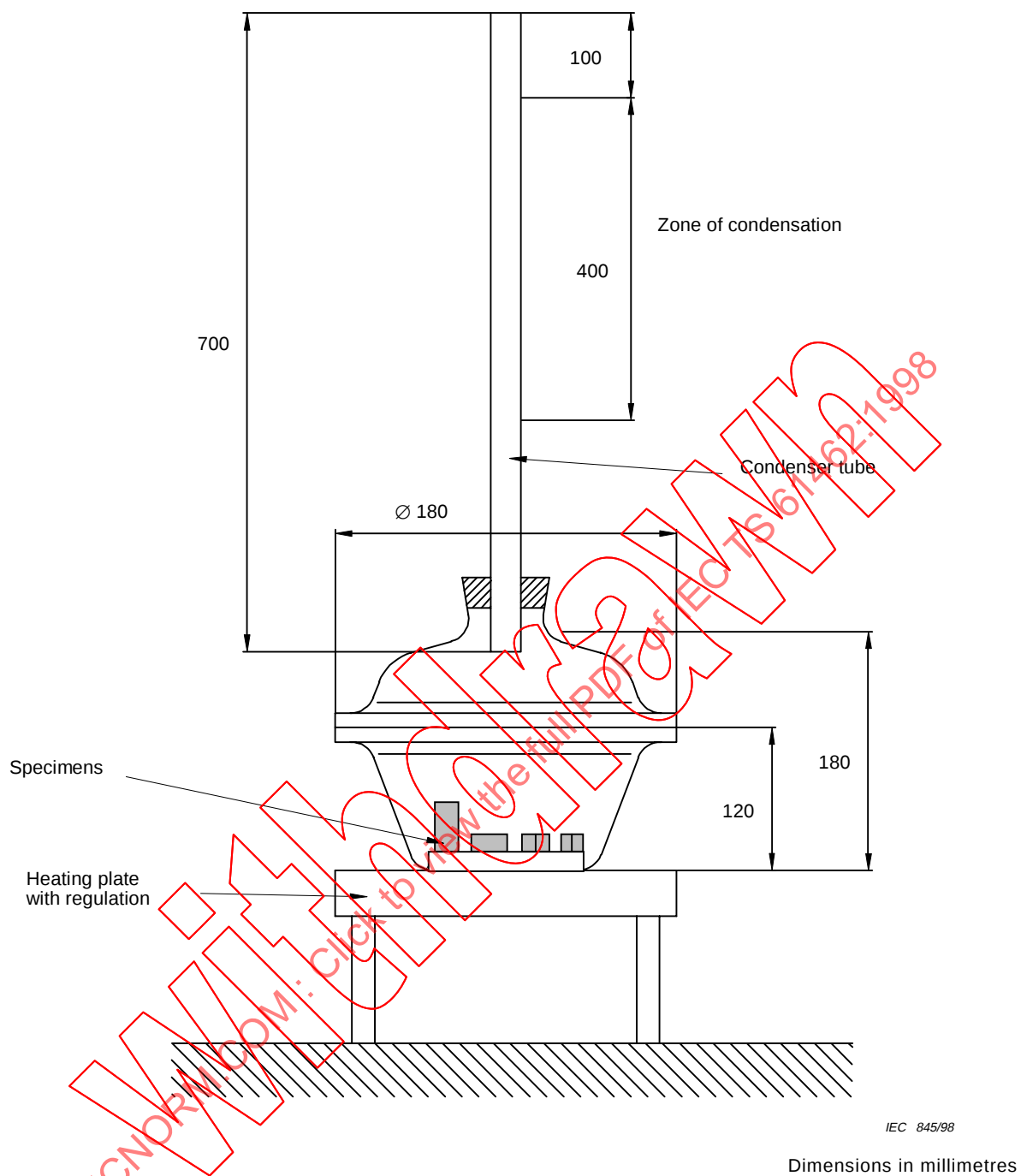
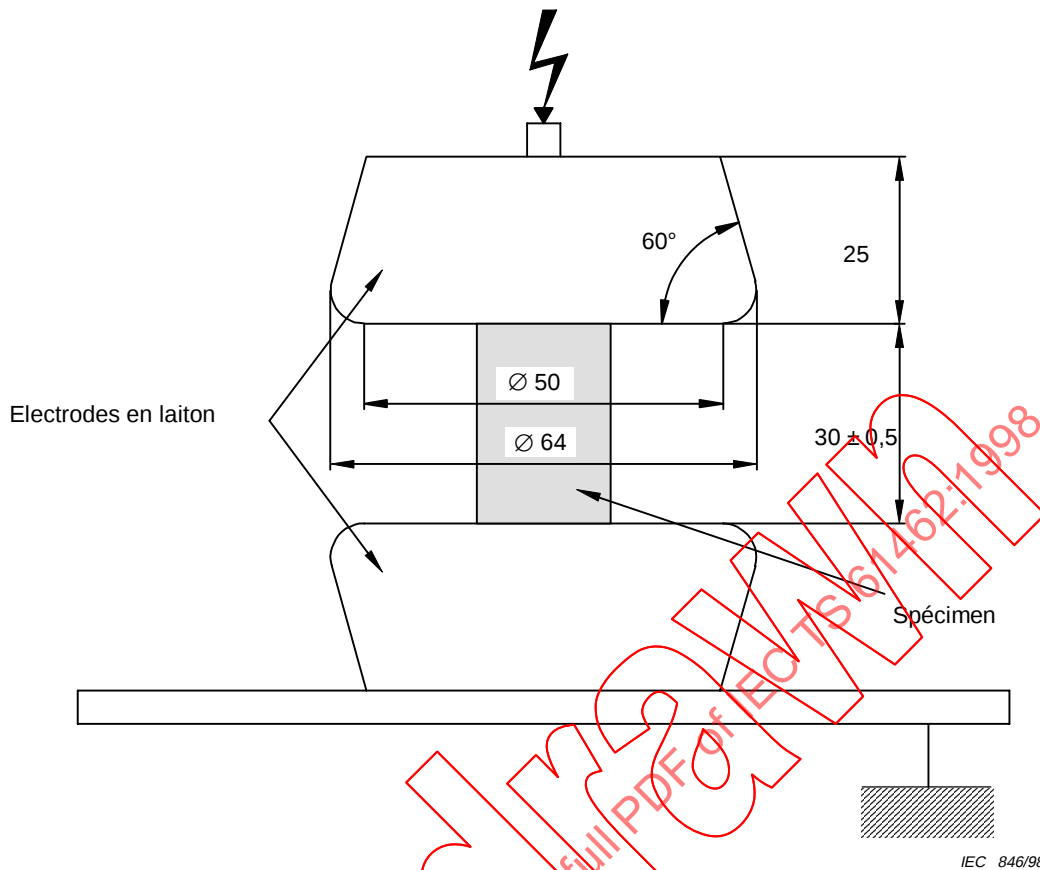
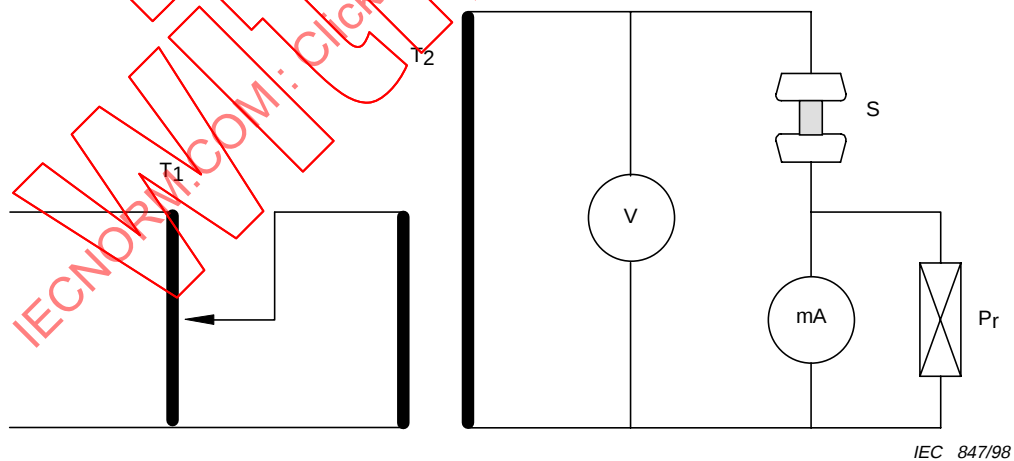


Figure 5 – Example of boiling container for the water diffusion test



Dimensions en millimètres

Figure 6 – Electrodes pour l'essai sous tension



T1 Régulateur

mA Milliampèremètre

T2 Transformateur d'essai à haute tension

Pr Protection pour le milliampèremètre

V Mesure de la haute tension

S Electrodes avec spécimen essayé

Figure 7 – Circuit pour l'essai sous tension

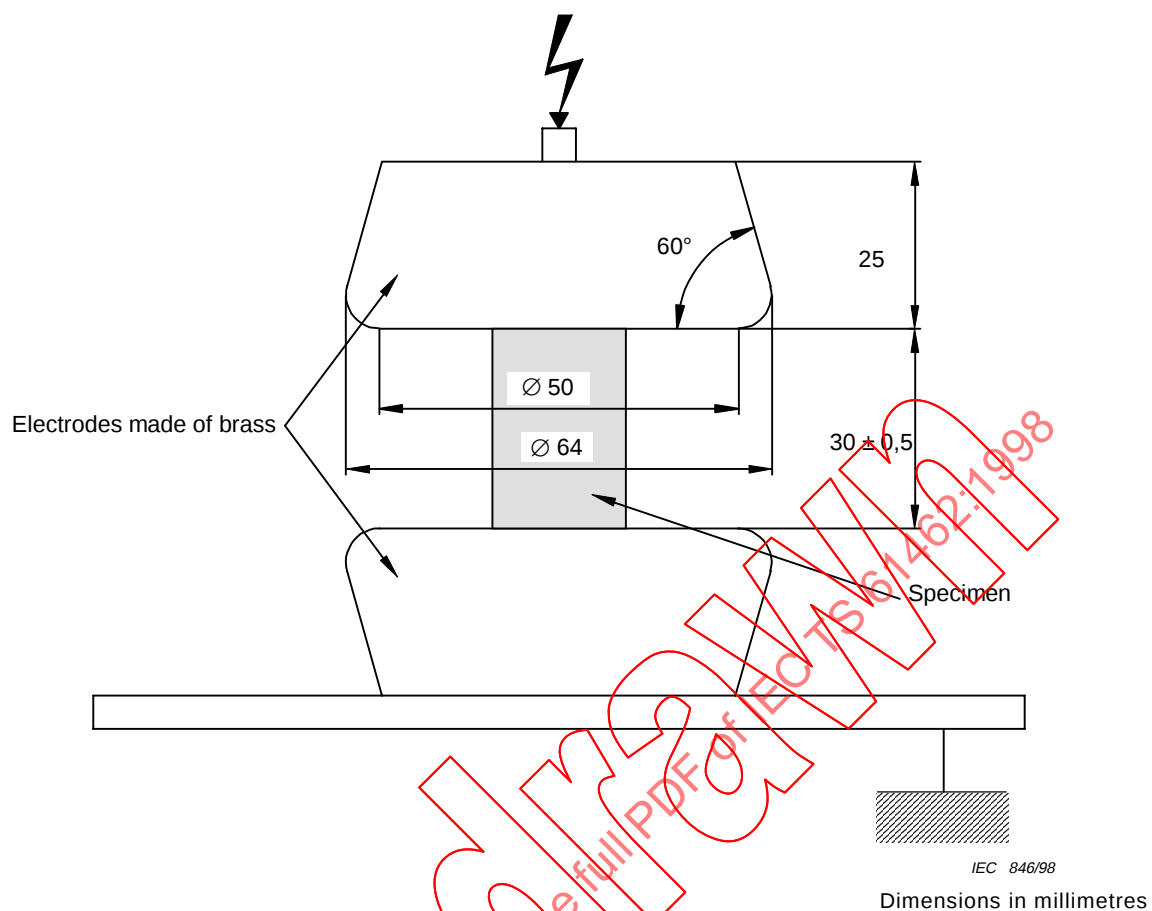
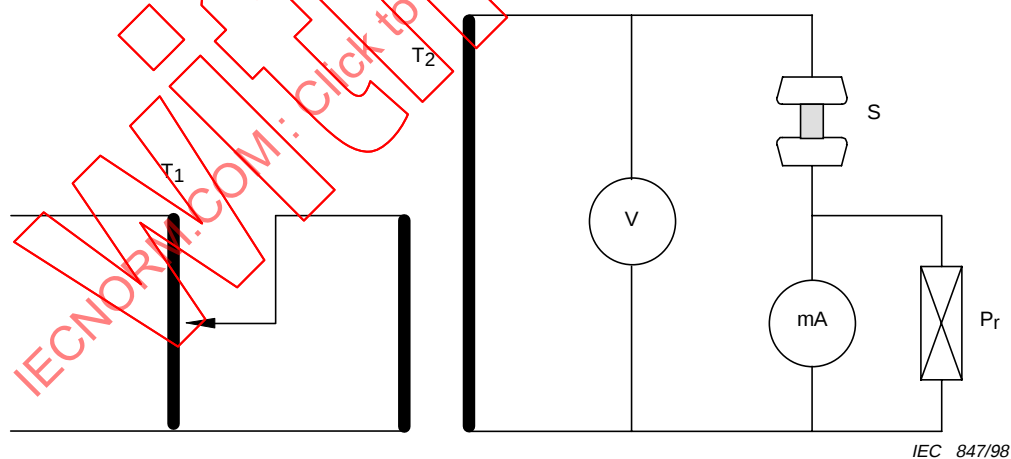


Figure 6 – Electrodes for the voltage test

T₁ = Regulator

mA = Milliammeter

T₂ = High voltage test transformer

Pr = Protection for the milliammeter

V = High voltage measurement

S = Electrodes with test specimen

Figure 7 – Voltage test circuit

Annex A (normative)

Tolerances of form and position

The following figures A.1 to A.3 give tolerances of form and position for composite hollow insulators. Figure A.1 shows a typical jig for measurement of parallelism, coaxiality and eccentricity along with the relative tolerances. Figures A.2 and A.3 show two examples of methods of measuring the angular deviation of the fixing holes; figure A.4 summarizes the applicable tolerances according to standard drawing practice (ISO 1101).

Guidelines on the methods of measurement can be found in IEC 60168, annex A.

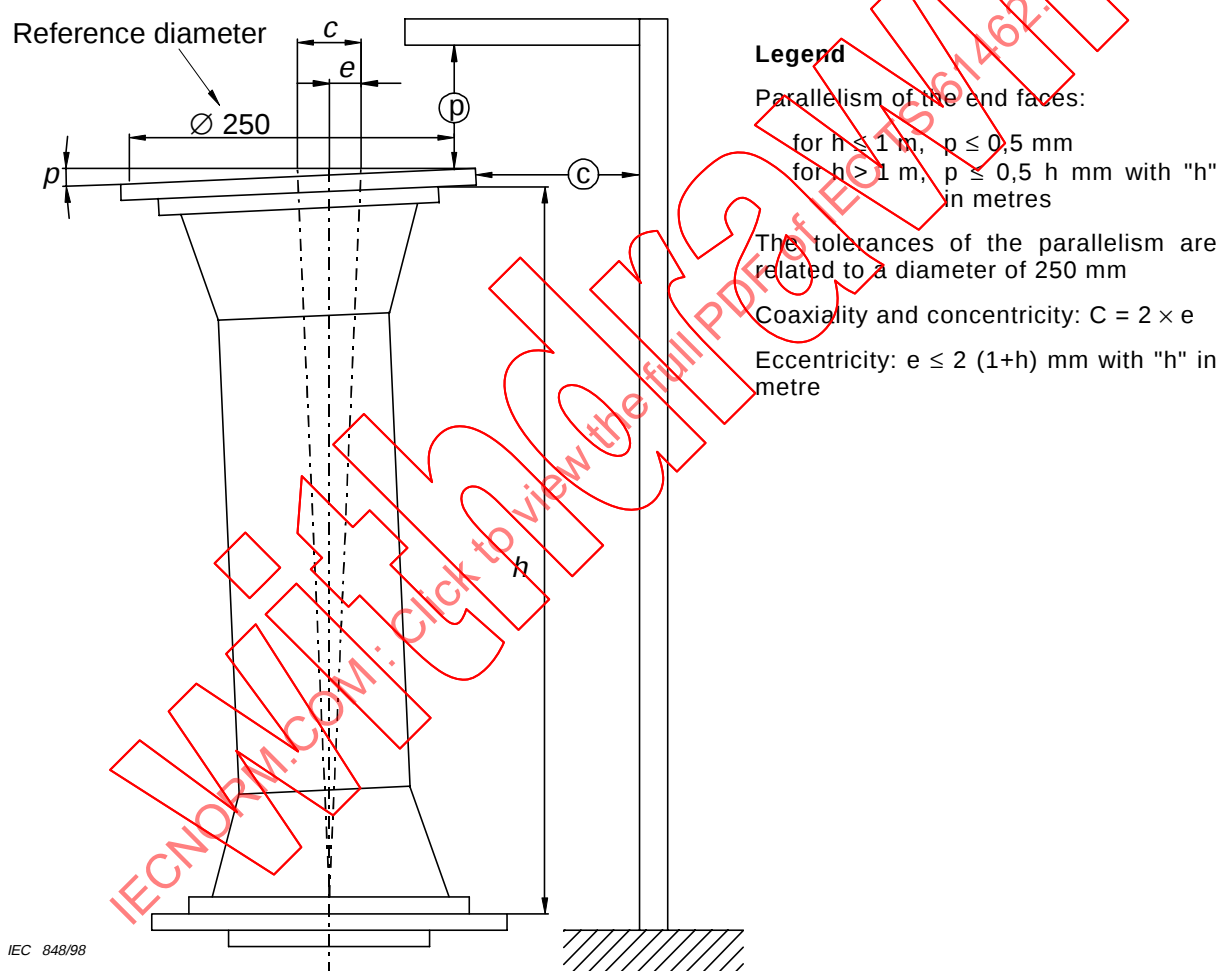


Figure A.1 – Parallelism, coaxiality and concentricity

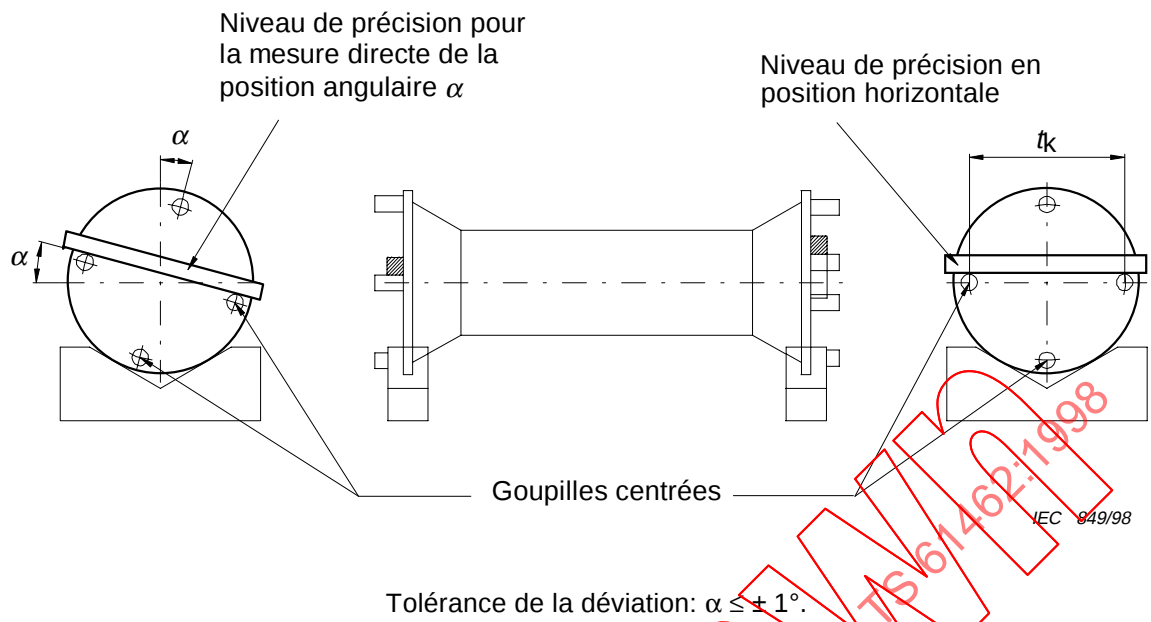


Figure A.2 – Déviation angulaire des trous de fixation: exemple 1

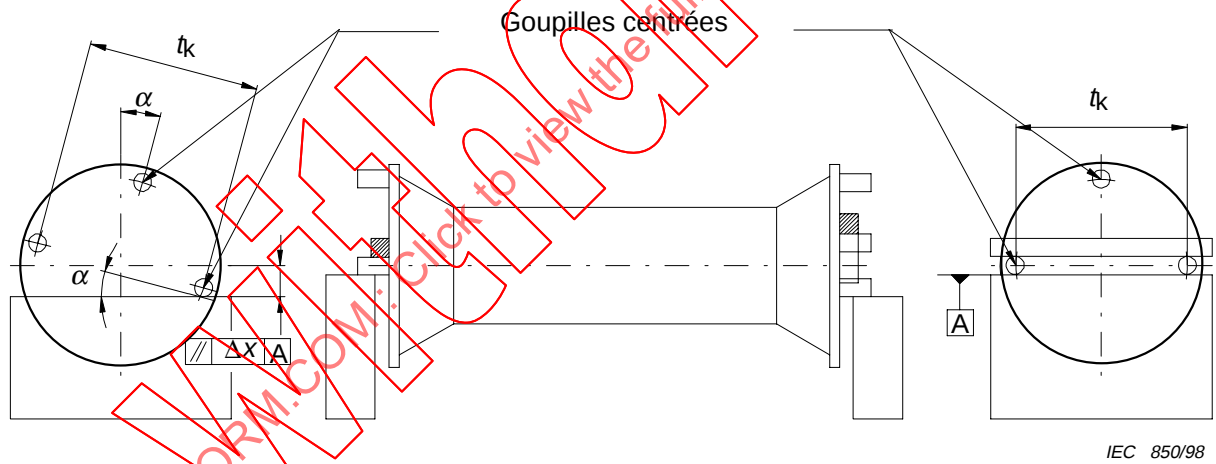


Figure A.3 – Déviation angulaire des trous de fixation: exemple 2

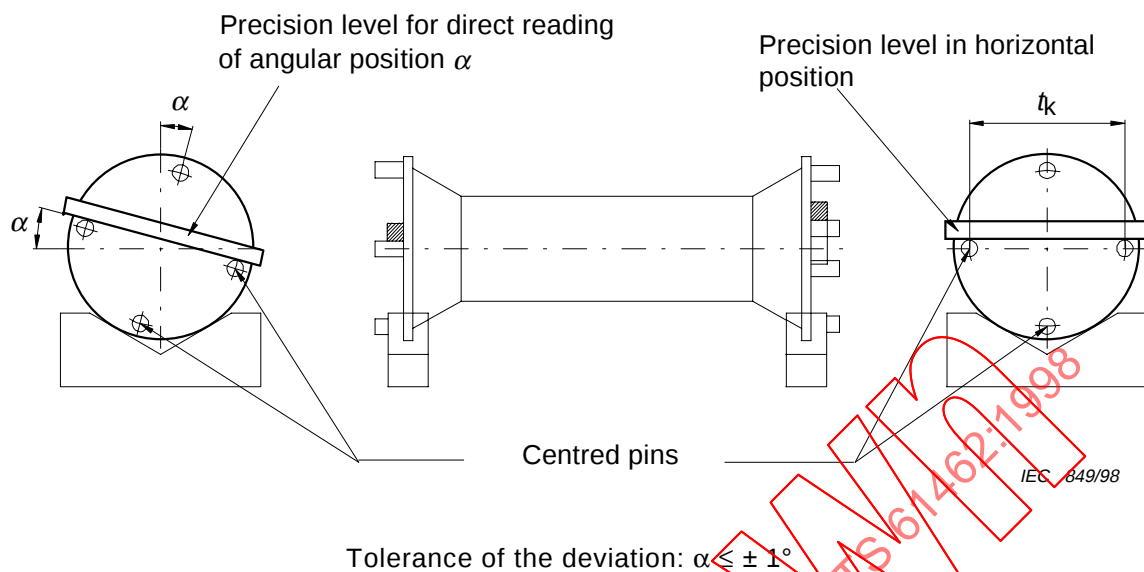


Figure A.2 – Angular deviation of fixing holes: Example 1

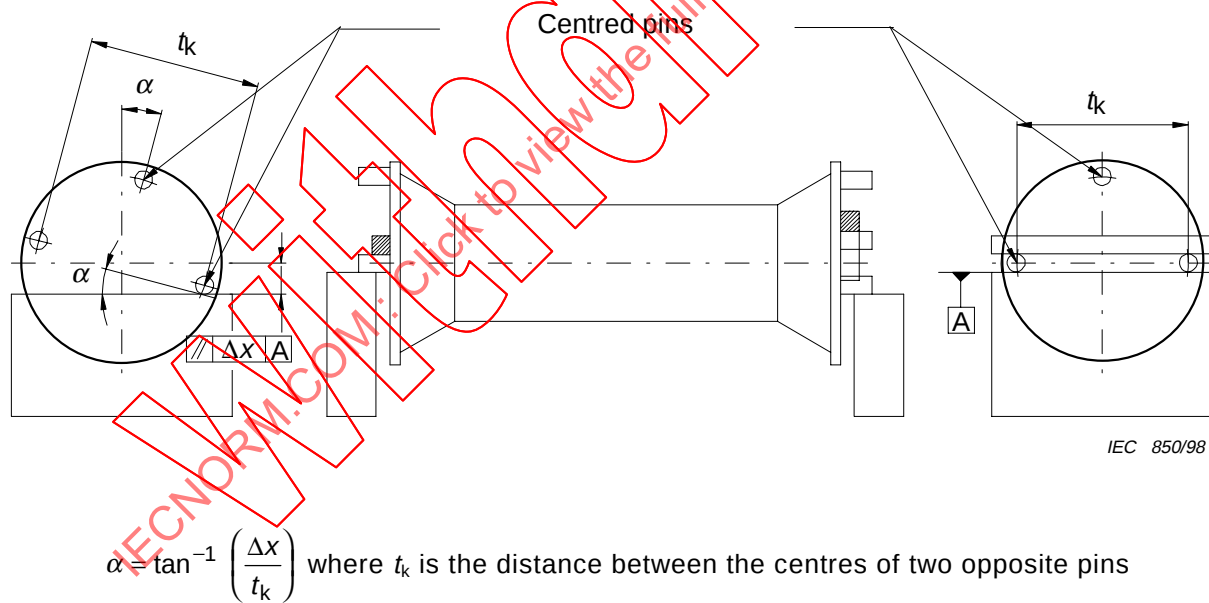
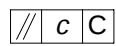
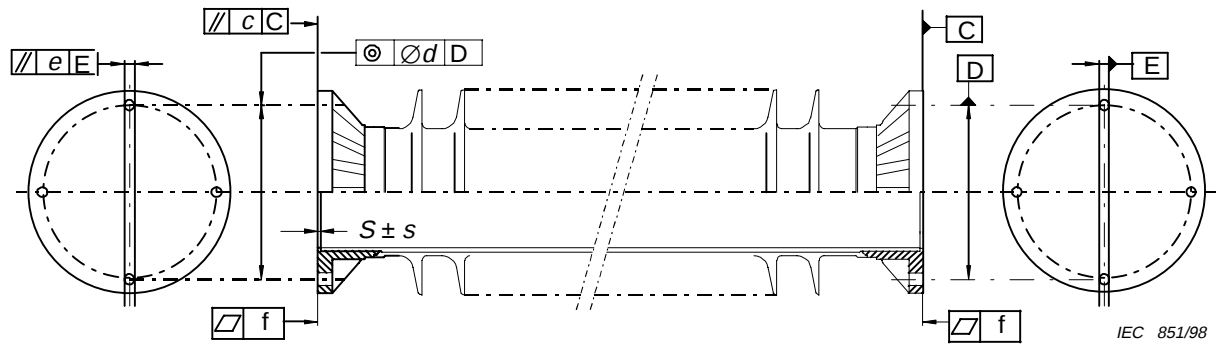
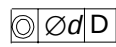


Figure A.3 – Angular deviation of fixing holes: Example 2



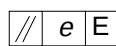
Parallélisme: la face plane supérieure est parallèle à la face plane inférieure de référence C avec les tolérances indiquées C.



Coaxialité et concentricité: Les axes des trous de fixation de la ferrure doivent être compris à l'intérieur d'un cylindre du diamètre indiqué.



Planéité: la valeur numérique indique les défauts de planéité maximales admissibles.

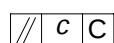
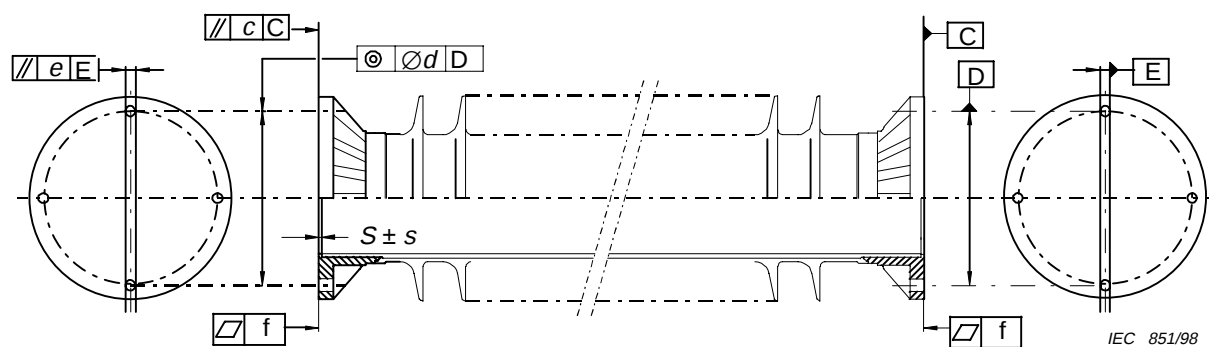


Alignement des trous de fixation: la droite joignant les axes de deux trous opposés dans le plan d'extrémité de la ferrure supérieure et la droite correspondante dans la ferrure inférieure doivent être compris entre deux plans parallèles à l'axe de l'isolateur et distants l'un de l'autre de "e".

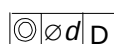
$S \pm s$

Pour une bonne étanchéité, les faces meulées extrêmes doivent être à une distance avec tolérances spécifiées des faces des ferrures.

Figure A.4 – Tolérances selon la pratique normalisée de dessin



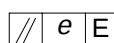
Parallelism: the upper plane face is parallel to the lower reference plane C within the indicated tolerances.



Coaxiality and concentricity: the axes of the top fitting fixing holes have to be within a cylinder with a diameter as indicated by the numerical value.



Evenness: the numerical value indicates the maximum admissible unevenness of the face.



Alignment of the fixing holes: the line between two opposite axes of holes of the top fitting have to be in line with the corresponding line of the bottom fitting with two parallels of specified distance "e".

$S \pm s$

For proper sealing, the ground end faces have to be at a distance within specified tolerances from the fittings faces.

Figure A.4 – Tolerances according to standard drawing practice

Annexe B (informative)

Recommandations générales pour la conception et la construction

B.1 Guide de conception

Le guide de conception des isolateurs composites creux sous pression pour des équipements haute tension décrits dans cette annexe prend en compte le fait que ces isolateurs creux sont soumis à des conditions opératoires particulières qui les différencient des enceintes sous pression d'air ou d'autres enceintes similaires de stockage.

Pour la conception d'un isolateur creux, on doit prendre en compte les points suivants:

- les propriétés électriques, les propriétés mécaniques et les problèmes technologiques concernant les matériaux de fixation et de collage qui influencent la construction finale. La complexité du sujet rend difficile tout guide unique et rigide;
- une sélection critique des matériaux pour le corps isolant est nécessaire. Il convient que seuls les matériaux et les technologies qui ont fait leurs preuves dans les isolateurs composites de ligne soient utilisés;
- un type d'isolateur creux pour service sous pression ne peut être considéré comme convenant à l'usage auquel il est destiné que lorsque l'équipement dans lequel il est monté a subi avec succès tous les essais décrits dans les spécifications de l'équipement.

B.2 Guide concernant la pression maximum de service

Usuellement, la PMS est la pression de conception. On doit tenir compte de l'irradiation solaire si celle-ci a un effet significatif sur la pression du gaz.

NOTE – Dans certains cas spéciaux (par exemple les disjoncteurs), il faut prendre en compte la pression transitoire qui se développe au moment de la coupure.

B.3 Guide concernant la température requise par le fabricant de l'équipement

Le fabricant de l'équipement doit déterminer les valeurs de température de service. Ces valeurs doivent être dans les limites de la ou des températures spécifiées.

B.4 Guide concernant les charges mécaniques requises par le fabricant de l'équipement

Le fabricant de l'équipement spécifie les charges mécaniques pour l'isolateur creux composite sur la base des contraintes pondérées résultant des divers efforts de service. L'attention est attirée sur le fait que, pour les isolateurs creux composite, l'importance relative de chacun de ces efforts peut être différente de celle assignée au même effort sur un isolateur creux en porcelaine équivalent proposé par la CEI 61264.

En plus des charges de fonctionnement, les sources suivantes sont recommandées pour déterminer les charges mécaniques:

- charges d'extrémité: CEI 60056;
- charges dues au vent: CEI 60056 et CEI 60694;
- charges dues à la glace: CEI 60056 et CEI 60694;
- charges dues au courts-circuits: CEI 60865;
- charges dues aux séismes: CEI 61166.

Annex B (informative)

General recommendations for design and construction

B.1 Guidance for design

The guidance for the design of gas-pressurized composite hollow insulators for high-voltage equipment given in this annex takes into account that these hollow insulators are subjected to particular operating conditions which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels.

When designing composite hollow insulators the following points shall be taken into consideration:

- electrical strength, mechanical strength and technological problems including materials for fittings and jointing may influence the real construction, but due to the complexity of this subject no definitive guide can be given;
- a critical selection of materials for the insulating body is also necessary. Only such materials and technologies should be used as are reliably approved for composite transmission line insulators;
- a type of an insulating pressurized enclosure may be considered as appropriate for intended use only after the electrical equipment of which it is a part has satisfactorily passed the type tests called for by the particular standards with which the equipment must comply.

B.2 Guidance for the maximum service pressure

Usually the MSP is the "design pressure". Solar radiation shall be taken into account when it has a significant effect on the pressure of the gas.

NOTE – In some special cases (for example circuit breakers) the transient pressure rise occurring during breaking operation must be taken into account.

B.3 Guidance for the temperature required by the equipment manufacturer

The equipment manufacturer shall define the applicable service temperature values. These values shall be within the limits of the specified temperature(s).

B.4 Guidance for the mechanical loads required by the equipment manufacturer

The equipment manufacturer specifies the mechanical loads for the hollow composite insulator on the basis of weighted stresses arising from various service loads. Attention is drawn to the fact that the relative importance of each of these loads for composite hollow insulators may be different from that assigned to the same load on equivalent porcelain hollow insulators as suggested in IEC 61264.

In addition to operating loads, the following sources are recommended for determining the values necessary for calculating various loads:

- terminal loads: IEC 60056;
- wind loads: IEC 60056 and IEC 60694;
- ice loads: IEC 60056 and IEC 60694;
- short-circuit loads: IEC 60865;
- seismic loads: IEC 61166.

B.5 Sommaire des essais

Le tableau B.1 montre les différentes charges, pressions et précontraintes des différents essais des isolateurs composites creux.

Tableau B.1 – Relations charges / contraintes et classification des essais

Article	Essai	Contrainte / charge	Pression interne		Classification
			avec ¹⁾	sans ²⁾	
7.2.2	Contournement à fréquence industrielle à sec de référence	Electrique, $U_{réf}$	+	+	Essai de conception
7.2.3	Précontrainte thermo-mécanique	0,5 × CMS, flexion en 4 directions, $\Delta\theta = 85$ K, 2 cycles de 24 h à 48 h	+	+	
7.2.4	Pénétration d'eau	Ebullition durant 42 h	+	+	
7.2.5.2	Onde de choc à front raide	Electrique, choc de 1 000 kV/ μ s, polarité + et –, 25 chocs	+	+	
7.2.5.3	Tension de fréquence industrielle à sec	Electrique, 80 % $U_{réf}$, 30 min.	+	+	
7.2.5.4	Pression interne, étape 1, fuite de gaz	Pression 0,25 × PIS 60 min., gaz (SF_6)	+	N/A	
7.2.5.4	Pression interne, étape 2, fuite d'eau	Pression PIS 5 min., eau	+	N/A	
7.3.1	Cheminement et érosion (revêtement)	Electrique, brouillard salin, 1 000 h	+	+	
7.3.2	Inflammabilité (revêtement)	Flamme nue	+	+	
7.4.2	Préconditionnement (tube)	Ebullition 100 h	+	+	
7.4.3	Tension (tube)	Electrique, 12 kV	+	+	
8.4.1	Essai de pression interne, étape 1	Pression 2,0 × PMS	+	N/A	Essai de type
8.4.1	Essai de pression interne, étape 2	Pression 4,0 × PMS	+	N/A	
8.4.1	Essai de pression interne, étape 3	Pression PIS si >4,0 × PMS	+	N/A	
8.4.2	Essai de flexion, étape 1	Flexion CMM	+	+	
8.4.2	Essai de flexion, étape 2	Flexion 1,5 × CMM	+	+	
8.4.2	Essai de flexion, étape 3	Flexion 2,5 × CMM	+	+	
8.4.2	Essai de flexion, étape 4	Flexion CMS si >2,5 × CMM	+	+	
9.4	Essai mécanique, étape 1	Pression 2,0 × PMS	+	N/A	Essai sur prélèvement
9.4	Essai mécanique, étape 2	Flexion CMM	+	+	
9.4	Essai mécanique, étape 3	Flexion 1,5 × CMM	+	+	
9.5	Interface pièces d'extrémités et recouvrement	Ressuage	+	+	Essai individuel
10.3	Essai individuel de pression	Pression 2,0 × PSM	+	N/A	
10.4	Essai individuel mécanique	Intégrité tube / pièces d'extrémité	N/A or + ³⁾	+	
10.5	Essai d'étanchéité	Pression PSM	+	N/A	
10.6	Essai du matériau du tube	Préconditionnement / 12 kV	+	+	

¹⁾ Par pression interne on entend une pression permanente de gaz supérieure à 0,05 MPa (0,5 bar). Le gaz peut être de l'air sec ou un gaz inerte, par exemple: SF_6 , N_2 ou un mélange de ces gaz.

²⁾ Pas de pression interne veut dire une pression de gaz ou d'un liquide 0,05 MPa (0,5 bar).

³⁾ L'essai mécanique individuel sera fait sur les isolateurs fonctionnant sous pression lorsque la contrainte principale de service est due au charges mécaniques.

B.5 Summary of the tests

Table B.1 shows the different loads, pressure, and pre-stressing of the different tests for composite hollow insulators.

Table B.1 – Loads/stress and classification of tests

Clause	Test	Stress / Load	Internal pressure		Classification
			with ¹⁾	without ²⁾	
7.2.2	Reference dry power frequency flashover	Electrical, U_{ref}	+	+	Design tests
7.2.3	Thermal mechanical pre-stress	$0,5 \times SML$ bending in four directions, $\Delta\theta = 85$ K, two 24 h – 48 h cycles	+	+	
7.2.4	Water immersion	Boiling, 42 h	+	+	
7.2.5.2	Steep-front impulse voltage	Electrical, 1 000 kV/ms impulse voltage, 25 impulses $\pm$	+	+	
7.2.5.3	Dry power frequency voltage	Electrical, 80 % U_{ref} , 30 min	+	+	
7.2.5.4	Internal pressure – stage one – gas leakage	Pressure $0,25 \times SIP$ 60 min, gas (SF_6)	+	N/A	
7.2.5.4	Internal pressure – stage two – water leakage	Pressure SIP 5 min water	+	N/A	
7.3.1	Tracking and erosion (Housing material)	Electrical, salt fog, 1 000 h	+	+	
7.3.2	Flammability (Housing material)	Naked flame	+	+	
7.4.2	Pre-stressing (Tube material)	Boiling, 100 h	+	+	
7.4.3	Voltage (Tube material)	Electrical, 12 kV	+	+	Type tests
8.4.1	Internal pressure test – stage one	Pressure $2,0 \times MSP$	+	N/A	
8.4.1	Internal pressure test – stage two	Pressure $4,0 \times MSP$	+	N/A	
8.4.1	Internal pressure test – stage three	Pressure SIP if $>4,0 \times MSP$	+	N/A	
8.4.2	Cantilever bending test – stage one	Bending MML	+	+	
8.4.2	Cantilever bending test – stage two	Bending $1,5 \times MML$	+	+	
8.4.2	Cantilever bending test – stage three	Bending $2,5 \times MML$	+	+	
8.4.2	Cantilever bending test – stage four	Bending SML if $> 2,5 \times MML$	+	+	
9.4	Mechanical test – stage one	Pressure $2,0 \times MSP$	+	N/A	
9.4	Mechanical test – stage two	Bending MML	+	+	
9.4	Mechanical test – stage three	Bending $1,5 \times MML$	+	+	Sample tests
9.5	Interface between fittings / housing	Dye penetration	+	+	
10.3	Routine pressure test	Pressure $2,0 \times MSP$	+	N/A	
10.4	Routine mechanical test	Fitting/tube integrity	N/A or ³⁾	+	
10.5	Routine tightness test	Pressure MSP	+	N/A	Routine tests
10.6	Test for the tube material	Prestressing /12 kV	+	+	

¹⁾ Internal pressure means a permanent gas pressure greater than 0,05 MPa (0,5 bar) gauge. The gas can be dry air or inert gases, for example sulphur hexafluoride, nitrogen, or a mixture of such gases.

²⁾ No internal pressure means a gas pressure, or a liquid pressure smaller than or equal to 0,05 MPa (0,5 bar) gauge.

³⁾ The routine mechanical test is applicable to pressurized insulators when the principle service stress is due to mechanical loads.