

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61462**

Première édition  
First edition  
2007-02

---

---

**Isolateurs composites creux –  
Isolateurs avec ou sans pression interne pour  
utilisation dans des appareillages électriques  
de tensions nominales supérieures à 1 000 V –  
Définitions, méthodes d'essais, critères  
d'acceptation et recommandations de conception**

**Composite hollow insulators –  
Pressurized and unpressurized insulators  
for use in electrical equipment with rated  
voltage greater than 1 000 V –  
Definitions, test methods, acceptance criteria  
and design recommendations**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61462:2007

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions 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.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61462**

Première édition  
First edition  
2007-02

---

---

**Isolateurs composites creux –  
Isolateurs avec ou sans pression interne pour  
utilisation dans des appareillages électriques  
de tensions nominales supérieures à 1 000 V –  
Définitions, méthodes d'essais, critères  
d'acceptation et recommandations de conception**

**Composite hollow insulators –  
Pressurized and unpressurized insulators  
for use in electrical equipment with rated  
voltage greater than 1 000 V –  
Definitions, test methods, acceptance criteria  
and design recommendations**

© IEC 2007 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, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](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

AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	10
1 Domaine d'application et objet.....	12
2 Références normatives.....	14
3 Termes et définitions.....	14
4 Relations entre les charges mécaniques.....	22
4.1 Charges appliquées à l'extérieur de l'isolateur.....	22
4.2 Pressions.....	22
5 Marquage.....	22
6 Classification des essais.....	22
6.1 Essais de conception.....	22
6.2 Essai de type.....	24
6.3 Essais sur prélèvements.....	26
6.4 Essais individuels.....	26
7 Essais de conception.....	26
7.1 Généralités.....	26
7.2 Essais des interfaces et connexions des pièces d'extrémités.....	26
7.3 Essais du matériau d'ailette et d'enveloppe.....	30
7.4 Essais sur le matériau de tube.....	32
8 Essais de type (essais mécaniques seulement).....	32
8.1 Généralités.....	32
8.2 Spécimens d'essai.....	34
8.3 Préparation des spécimens d'essai.....	34
8.4 Essai de pression interne.....	36
8.5 Essai de flexion.....	36
9 Essais sur prélèvements.....	40
9.1 Choix et nombre de pièces à essayer.....	40
9.2 Essais.....	40
9.3 Vérification des dimensions.....	40
9.4 Essais mécaniques.....	42
9.5 Galvanisation.....	42
9.6 Vérification de l'interface entre les pièces d'extrémités et l'enveloppe.....	44
9.7 Contre-épreuve.....	44
10 Essais individuels.....	46
10.1 Généralités.....	46
10.2 Examen visuel.....	46
10.3 Essai individuel de pression.....	46
10.4 Essai individuel mécanique.....	46
10.5 Essai individuel d'étanchéité.....	48
11 Documentation.....	48

## CONTENTS

FOREWORD .....	7
INTRODUCTION .....	11
1 Scope and object .....	13
2 Normative references .....	15
3 Terms and definitions .....	15
4 Relationships of mechanical loads .....	23
4.1 Loads from outside the insulator .....	23
4.2 Pressures .....	23
5 Marking .....	23
6 Classification of tests .....	23
6.1 Design tests .....	23
6.2 Type tests .....	25
6.3 Sample tests .....	27
6.4 Routine tests .....	27
7 Design tests .....	27
7.1 General .....	27
7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings .....	27
7.3 Tests on shed and housing material .....	31
7.4 Tests on the tube material .....	33
8 Type tests (only mechanical tests) .....	33
8.1 General .....	33
8.2 Test specimens .....	35
8.3 Preparation of the test specimen .....	35
8.4 Internal pressure test .....	37
8.5 Bending test .....	37
9 Sample tests .....	41
9.1 Selection and number of insulators .....	41
9.2 Testing .....	41
9.3 Verification of dimensions .....	41
9.4 Mechanical tests .....	43
9.5 Galvanizing test .....	43
9.6 Check of the interface between end fittings and the housing .....	45
9.7 Re-test procedure .....	45
10 Routine tests .....	47
10.1 General .....	47
10.2 Visual examination .....	47
10.3 Routine pressure test .....	47
10.4 Routine mechanical test .....	47
10.5 Routine tightness test .....	49
11 Documentation .....	49

Annexe A (normative) Tolérances de forme et de position.....	58
Annexe B (informative) Recommandations générales pour la conception et la construction .....	64
Annexe C (informative) Principes de la limite d'endommagement et de l'utilisation des déformations réversibles et irréversibles causées par la pression interne et/ou les efforts de flexion sur les isolateurs composites creux.....	74
 Bibliographie.....	 80
 Figure 1 – Essai de précontrainte thermomécanique – Cycles types .....	 50
Figure 2 – Essai de précontrainte thermomécanique – Montage typique .....	52
Figure 3 – Montage pour l'essai de taux de fuite .....	54
Figure 4 – Exemples de systèmes d'étanchéité des isolateurs creux composites .....	56
Figure A.1 – Parallélisme, coaxialité et concentricité.....	58
Figure A.2 – Déviation angulaire des trous de fixation: Exemple 1 .....	60
Figure A.3 – Déviation angulaire des trous de fixation: Exemple 2 .....	60
Figure A.4 – Tolérances selon la pratique normalisée de dessin .....	62
Figure B.1 – Relation entre les charges de flexion .....	72
Figure B.2 – Relation entre les pressions.....	72
Figure C.1 – Position des jauges de contrainte pour les essais de pression et de flexion.....	76
Figure C.2 – Courbe allongement/temps, phase élastique, réversible.....	78
Figure C.3 – Courbe allongement/temps, phase plastique, irréversible, limite d'endommagement.....	78
 Tableau 1 – Charges mécaniques appliquées à l'isolateur .....	 22
Tableau 2 – Pressions appliquées à l'isolateur.....	22
Tableau 3 – Essais à effectuer après les modifications de conception.....	24
Tableau 4 – Tailles d'échantillon.....	40
Tableau 5 – Choix de la procédure de contre-épreuve .....	44
Tableau B.1 – Relations charges / contraintes et classification des essais.....	68
Tableau B.2 – Exemple de niveaux de pression/flexion – Relation usuelle entre les niveaux .....	70

Annex A (normative) Tolerances of form and position .....	59
Annex B (informative) General recommendations for design and construction.....	65
Annex C (informative) Principles of damage limit and use of reversible and irreversible strain caused by internal pressure and/or bending loads on composite hollow insulator tubes .....	75
Bibliography.....	81
Figure 1 – Thermal mechanical pre-stressing test – Typical cycles .....	51
Figure 2 – Thermal mechanical pre-stressing test – Typical test arrangement.....	53
Figure 3 – Test arrangement for the leakage rate test.....	55
Figure 4 – Examples of sealing systems for composite hollow insulators.....	57
Figure A.1 – Parallelism, coaxiality and concentricity .....	59
Figure A.2 – Angular deviation of fixing holes: Example 1 .....	61
Figure A.3 – Angular deviation of fixing holes: Example 2 .....	61
Figure A.4 – Tolerances according to standard drawing practice.....	63
Figure B.1 – Relationship of bending loads .....	73
Figure B.2 – Relationship of pressures.....	73
Figure C.1 – Position of strain gauges for pressure load and bending load .....	77
Figure C.2 – Strain/time curve, reversible elastic phase.....	79
Figure C.3 – Strain/time curve, irreversible plastic phase, damage limit .....	79
Table 1 – Mechanical loads applied to the insulator .....	23
Table 2 – Pressures applied to the insulator .....	23
Table 3 – Tests to be carried out after design changes .....	25
Table 4 – Sample sizes.....	41
Table 5 – Choice of re-test procedure .....	45
Table B.1 – Loads/stress and classification of tests .....	69
Table B.2 – Example of pressure/bending values – Practical relationship of the values.....	71

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### ISOLATEURS COMPOSITES CREUX –

### ISOLATEURS AVEC OU SANS PRESSION INTERNE POUR UTILISATION DANS DES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES DE TENSIONS NOMINALES SUPÉRIEURES À 1 000 V – DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAIS, CRITÈRES D'ACCEPTATION ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61462 a été établie par le sous-comité 36C : Isolateurs pour sous-stations, du comité d'études 36 de la CEI : Isolateurs.

Cette première édition annule et remplace la première édition parue comme spécification technique en 1998. Elle constitue une révision technique qui a conduit au statut de Norme internationale.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**COMPOSITE HOLLOW INSULATORS –  
PRESSURIZED AND UNPRESSURIZED INSULATORS  
FOR USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT WITH RATED VOLTAGE GREATER  
THAN 1 000 V –  
DEFINITIONS, TEST METHODS, ACCEPTANCE CRITERIA AND  
DESIGN RECOMMENDATIONS**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61462 has been prepared by subcommittee 36C: Insulators for substations, of IEC technical committee 36: Insulators.

This first edition cancels and replaces the first edition which was issued as a technical specification in 1998. It constitutes a technical revision and now has the status of an International Standard.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
36C/167/FDIS	36C/170/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

FDIS	Report on voting
36C/167/FDIS	36C/170/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## 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 employés peuvent différer d'un constructeur à l'autre.

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.

Les essais de conception correspondants de la CEI 62217 sont appliqués aux isolateurs creux composites, des essais mécaniques spécifiques complémentaires sont donnés dans la présente norme. 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 cette norme. Des méthodes d'essai, non spécifiées dans cette norme, 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. Dans la présente norme, le terme "utilisateur" désigne en général le fabricant d'appareils utilisant des isolateurs composites creux.

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 cheminement et d'érosion en courant alternatif de 1 000 h de la CEI 62217 est utilisé pour établir une exigence minimale pour la résistance au cheminement du matériau de revêtement.

Cette norme 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 sous pollution, conformément à la CEI 60507, ne sont pas considérés dans cette norme 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 sous pollution spécifiques aux isolateurs synthétiques sont en cours d'évaluation.

Les caractéristiques mécaniques des isolateurs composites creux sont très différentes de celles des isolateurs creux en céramique. Des jauges de déformations sont utilisées afin de déterminer le début de détérioration mécanique des isolateurs composites creux soumis à des contraintes mécaniques.

Cette norme fait référence à plusieurs pressions caractéristiques qui sont utilisées pour la conception et les essais des isolateurs composites creux. L'expression « pression maximale de service (PMS) » est équivalente à l'expression "pression de conception" qui est utilisée pour d'autres normes dans le cas d'isolateurs céramiques creux ; cependant cette expression n'est pas utilisée dans cette norme afin d'éviter toute confusion avec le terme « conception » utilisé dans l'expression « essais de conception ».

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

## 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 vary.

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 relevant design tests defined in IEC 62217 are applied for composite hollow insulators; additional specific mechanical tests are given in this standard. 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 in this standard. Test methods not specified in this standard may be considered for specific combinations of materials and specific applications, and are a matter of agreement between manufacturers and users. In this standard, the term "user" in general means the equipment manufacturer using composite hollow insulators.

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 of IEC 62217 is used to establish a minimum requirement for the tracking resistance of the housing material.

This standard 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 standard 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.

The mechanical characteristics of composite hollow insulators are quite different compared to those of hollow insulators made of ceramics. In order to determine the onset of mechanical deterioration of composite hollow insulators under the influence of mechanical stress, strain gauge measurements are used.

This standard 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 ceramic hollow insulators; however, this latter term is not used in this standard in order to avoid confusion with "design" as used in "design tests".

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

## ISOLATEURS COMPOSITES CREUX –

### ISOLATEURS AVEC OU SANS PRESSION INTERNE POUR UTILISATION DANS DES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES DE TENSIONS NOMINALES SUPÉRIEURES À 1 000 V – DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAIS, CRITÈRES D'ACCEPTATION ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale 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. Les isolateurs composites creux sont définis, dans cette norme, pour une utilisation générale (sans pression interne) ou pour une utilisation avec un gaz sous pression permanente (pressurisé). Ils sont destinés à être utilisés à l'intérieur comme 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 la présente norme est de :

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

Cette norme ne prescrit pas d'essais de type de tension de choc de foudre ou de tension à fréquence industrielle ni 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.

A l'exception de l'essai thermomécanique, tous les essais de cette norme sont effectués à température ambiante. Cette norme ne prescrit pas d'essais qui pourraient être caractéristiques de l'ensemble des dispositifs dont l'isolateur fait finalement partie. Un apport technique supplémentaire est nécessaire dans ce domaine.

NOTE 1 Par pression interne, on entend une pression permanente de gaz ou de liquide supérieure à 0,05 MPa (0,5 bar). Le gaz peut être de l'air sec ou un gaz inerte, par exemple: SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub> ou un mélange de ces 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).

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.

**COMPOSITE HOLLOW INSULATORS –**  
**PRESSURIZED AND UNPRESSURIZED INSULATORS**  
**FOR USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT WITH RATED VOLTAGE GREATER**  
**THAN 1 000 V –**  
**DEFINITIONS, TEST METHODS, ACCEPTANCE CRITERIA AND**  
**DESIGN RECOMMENDATIONS**

## 1 Scope and object

This International Standard 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 standard are intended for general use (unpressurized) or for use with a permanent gas pressure (pressurized). They are intended for use in both outdoor and 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 standard is:

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

This standard does not prescribe impulse voltage or power frequency voltage type tests, nor does it prescribe 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.

All the tests in this standard, apart from the thermal-mechanical test, are performed at normal ambient temperature. This standard does not prescribe tests that may be characteristic of the apparatus of which the hollow insulator ultimately forms a part. Further technical input is required in this area.

NOTE 1 "Pressurized" means a permanent gas or liquid 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 "Unpressurized" means a gas or liquid pressure smaller than or equal to 0,05 MPa (0,5 bar) gauge.

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 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60060-1 : *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-17: *Procédures fondamentales d'essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 60168: *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 62155: *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CEI 62217: *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V – General definitions, test methods and acceptance criteria* (disponible en anglais seulement)

ISO 1101: *Spécification géométrique des produits (GPS) – Tolérancement géométrique – Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

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

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions qui suivent s'appliquent.

### 3.1

#### **isolateur composite creux**

isolateur constitué d'au moins deux parties isolantes, à savoir un tube et son revêtement extérieur

NOTE 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**

noyau

partie isolatrice interne de l'isolateur composite creux qui assure les caractéristiques mécaniques

NOTE 1 Le tube est en général cylindrique ou conique mais peut avoir d'autres formes (par exemple : en tonneau). Le tube est fabriqué en fibres de verres imprégnées de résine.

NOTE 2 Les fibres imprégnées de résine sont structurées de manière à atteindre les caractéristiques mécaniques requises. Différents types de fibres peuvent être utilisés pour satisfaire à des exigences particulières.

### 3.3

#### **dispositif d'encrage**

ferrure d'extrémité

partie de l'isolateur composite creux attachée au tube qui permet de transmettre les charges mécaniques

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

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

IEC 62155: *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

IEC 62217: *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage >1 000 V- General definitions, test methods and acceptance criteria*

ISO 1101: *Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run out*

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

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

### 3.1

#### **composite hollow insulator**

insulator consisting of at least two insulating parts, namely a tube and a housing

NOTE 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**

core

internal insulating part of a composite hollow insulator designed to ensure the mechanical characteristics

NOTE 1 The tube is generally cylindrical or conical, but may have other shapes (for example barrel). The tube is made of resin impregnated fibres.

NOTE 2 Resin impregnated 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**

end fitting

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

### 3.4

#### **couplage**

partie de la ferrure d'extrémité qui transmet la charge aux accessoires externes à l'isolateur  
[CEI 62217, définition 3.13]

### 3.5

#### **zone de connexion**

zone dans laquelle la charge mécanique est transmise entre le corps isolant et la ferrure d'extrémité  
[CEI 62217, définition 3.12]

### 3.6

#### **enveloppe**

partie isolante externe de l'isolateur composite fournissant une ligne de fuite nécessaire et protégeant le tube de l'environnement

NOTE Toute gaine intermédiaire réalisée à partir d'un matériau isolant constitue une partie de l'enveloppe.

[CEI 62217, définition 3.6 modifiée]

### 3.7

#### **aillette (d'un isolateur)**

partie isolante, débordant du tronc de l'isolateur, destinée à augmenter la ligne de fuite

NOTE L'aillette peut être avec ou sans ondulations.

[VEI 471-01-15]

### 3.8

#### **tronc de l'isolateur**

partie isolante centrale d'un isolateur à partir de laquelle les ailettes débordent

NOTE Egalement connu sous le nom de tige pour les isolateurs de taille inférieure.

[VEI 471-01-11]

### 3.9

#### **ligne de fuite**

distance la plus courte ou somme des distances les plus courtes le long de la surface d'un isolateur entre deux parties conductrices sur lesquelles on applique normalement la tension de service

NOTE 1 La surface du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

NOTE 2 Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties du corps isolant d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

[VEI 471-01-04]

### 3.10

#### **distance d'arc**

plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service

[VEI 471-01-01]

NOTE Le terme "distance d'arc à sec" est aussi utilisé.

**3.4****coupling**

part of the end fitting which transmits the load to the accessories external to the insulator

[IEC 62217, definition 3.13]

**3.5****connection zone**

zone where the mechanical load is transmitted between the insulating body and the end fitting

[IEC 62217, definition 3.12]

**3.6****housing**

external insulating part of composite hollow insulator providing necessary creepage distance and protecting tube from environment

NOTE An intermediate sheath made of insulating material may be part of the housing.

[IEC 62217, definition 3.6, modified]

**3.7****shed (of an insulator)**

insulating part, projecting from the insulator trunk, intended to increase the creepage distance

NOTE The shed can be with or without ribs.

[IEV 471-01-15]

**3.8****insulator trunk**

central insulating part of an insulator from which the sheds project

NOTE Also known as shank on smaller insulators.

[IEV 471-01-11]

**3.9****creepage distance**

shortest distance or the sum of the shortest distances along the surface on an insulator between two conductive parts which normally have the operating voltage between them

NOTE 1 The surface of cement or of any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

NOTE 2 If a high resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surfaces and the distance over them is included in the creepage distance.

[IEV 471-01-04]

**3.10****arcing distance**

shortest distance in the air external to the insulator between the metallic parts which normally have the operating voltage between them

[IEV 471-01-01]

NOTE The term “dry arcing distance” is also used.

### **3.11 cheminement**

processus qui forme une dégradation irréversible par formation de chemins conducteurs débutant et se développant à la surface d'un matériau isolant

NOTE Ces chemins sont conducteurs même dans des conditions à sec.

[CEI 62217, définition 3.14]

### **3.12 érosion**

dégradation irréversible et non conductrice de la surface de l'isolateur, qui se produit par perte de matériaux qui peut être uniforme, localisée ou arborescente

NOTE Des traces superficielles légères, généralement arborescentes, peuvent se présenter sur des isolateurs composites comme sur des isolateurs en céramique, après un contournement partiel. Ces traces ne sont pas considérées comme étant répréhensibles, tant qu'elles ne sont pas conductrices. Lorsqu'elles sont conductrices, elles sont classées comme cheminement.

[CEI 62217, définition 3.15]

### **3.13 craquelure**

toute fracture ou fissure superficielle de profondeur supérieure à 0,1 mm

[CEI 62217, définition 3.10]

### **3.14 interface**

surface entre les différents matériaux

NOTE Diverses interfaces se présentent dans la plupart des isolateurs composites, par exemple:

- entre l'enveloppe et les ferrures d'extrémité,
- entre les différentes parties de l'enveloppe; par exemple, entre les ailettes, ou entre la gaine et les ailettes,
- entre le fût et l'enveloppe.

[CEI 62217, définition 3.10]

### **3.15 limite d'endommagement du tube sous contrainte mécanique**

limite, sous laquelle les charges mécaniques (pression, flexion) peuvent être appliquées, à température ambiante, sans apparition d'endommagements microscopiques sur les tubes en composite

NOTE 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).

### **3.16 charge mécanique spécifiée (CMS)**

charge, spécifiée par le fabricant, qui est utilisée pour les essais mécaniques

NOTE 1 Normalement une charge de flexion est appliquée à température ambiante.

NOTE 2 La CMS constitue la base du choix de l'isolateur composite creux par rapport aux efforts externes.

### **3.17 charge mécanique maximale (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

NOTE La charge est spécifiée par le fabricant de l'appareil.

**3.11****tracking**

process which forms irreversible degradation by formation of conductive paths (tracks) starting and developing on the surface of an insulating material

NOTE These paths are conductive even under dry conditions.

[IEC 62217, definition 3.14]

**3.12****erosion**

irreversible and non-conducting degradation of the surface of the insulator that occurs by loss of material which can be uniform, localised or tree-shaped

NOTE Light surface traces, commonly tree-shaped, can occur on composite insulators as on ceramic insulators, after partial flashover. These traces are not considered to be objectionable as long as they are non-conductive. When they are conductive they are classified as tracking.

[IEC 62217, definition 3.15]

**3.13****crack**

any fracture or surface fissure of depth greater than 0,1 mm

[IEC 62217, definition 3.10]

**3.14****interface**

surface between the different materials

NOTE Various interfaces occur in most composite insulators, e.g.

- between housing and end fittings,
- between various parts of the housing; e.g. between sheds, or between sheath and sheds,
- between core and housing.

[IEC 62217, definition 3.10]

**3.15****damage limit of the tube under mechanical stress**

limit below which mechanical loads (pressure, bending load) can be applied, at normal ambient temperature, without micro damage to the composite tube

NOTE 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).

**3.16****specified mechanical load (SML)**

load specified by the manufacturer that is used in the mechanical tests

NOTE 1 The load is normally applied by bending at normal ambient temperature.

NOTE 2 The SML forms the basis of the selection of composite hollow insulators with regard to external loads.

**3.17****maximum mechanical load (MML)**

highest mechanical load which is expected to be applied to the hollow insulator in service and in the equipment in which it is used

NOTE This load is specified by the equipment manufacturer.

### **3.18**

#### **flèche sous charge de flexion**

déplacement d'un point d'un isolateur, mesuré perpendiculairement à son axe, sous l'effet d'une charge appliquée perpendiculairement à cet axe  
[VEI 471-01-05]

NOTE Les caractéristiques de déflexion/effort sont déterminées par le fabricant.

### **3.19**

#### **charge de rupture**

charge maximale qui peut être atteinte quand les essais sont réalisés dans les conditions exigées (s'applique aux essais de pression et de flexion)

NOTE L'endommagement sur le fût est susceptible de se produire aux charges inférieures à la charge de rupture de l'isolateur.

### **3.20**

#### **flèche 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

NOTE La mesure de la flèche résiduelle est utilisée pour comparaison avec les mesures réalisées avec les jauges de contraintes.

### **3.21**

#### **pression interne spécifiée (PIS)**

pression spécifiée par le fabricant qui est contrôlée par l'essai de pression de type, à température ambiante normale

NOTE La PIS constitue la base du choix de l'isolateur composite creux par rapport à la pression interne.

### **3.22**

#### **pression maximale de service (PMS)**

différence entre la pression interne maximale absolue à l'intérieur du tube, lorsque l'équipement auquel l'isolateur creux appartient est soumis au courant nominal à la température de fonctionnement maximale, et à la pression ambiante normale

NOTE 1 La PMS de l'isolateur creux est spécifiée par le fabricant de l'équipement.

NOTE 2 La PMS est équivalent à la "pression de conception" utilisée pour les isolateurs creux en céramique (voir la CEI 62155).

### **3.23**

#### **température spécifiée**

température maximale ou minimale admissible pour l'isolateur composite creux

NOTE La température spécifique est donnée par le fabricant.

### **3.24**

#### **fabricant**

personne ou organisation produisant les isolateurs composites creux

### **3.25**

#### **fabricant d'équipement**

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

**3.18****deflection under bending load**

displacement of a point on an insulator, measured perpendicularly to its axis, under the effect of a load applied perpendicularly to this axis  
[IEV 471-01-05]

NOTE Deflection/load relationships are determined by the manufacturer.

**3.19****failing load**

maximum load that can be reached when the insulator is tested under the prescribed conditions (valid for bending or pressure tests).

NOTE Damage to the core is likely to occur at loads lower than the insulator failing load.

**3.20****residual deflection**

difference between the initial deflection of a hollow insulator prior to bending load application, and the final deflection after release of the load

NOTE The measurement of residual deflection serves for comparison with strain gauge measurements.

**3.21****specified internal pressure (SIP)**

internal pressure specified by the manufacturer which is verified during a type test at normal ambient temperature

NOTE The SIP forms the basis of the selection of composite hollow insulators with respect to internal pressure.

**3.22****maximum service pressure (MSP)**

difference between the maximum absolute internal pressure, when the equipment (of which the hollow insulator is a part) is carrying its rated normal current at maximum operational temperature and the normal outside pressure

NOTE 1 The MSP of the hollow insulator is specified by the equipment manufacturer.

NOTE 2 The MSP is equivalent to "design pressure" as used for ceramic hollow insulators (see IEC 62155).

**3.23****specified temperature**

highest and/or lowest temperature permissible for the composite hollow insulator

NOTE The specified temperature is specified by the manufacturer.

**3.24****manufacturer**

individual or organization producing the composite hollow insulators

**3.25****equipment manufacturer**

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

## 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	Le tube est en :
La charge mécanique maximale (CMM) est la charge de conception pour le fabricant d'équipement	= 1,0 x CMM	phase élastique réversible
Limite d'endommagement	> 1,5 x CMM	phase élastique réversible
Essai de type CMS en flexion	= 2,5 x CMM	phase plastique irréversible
Charge de rupture en flexion	> 2,5 x CMM	phase plastique irréversible

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

### 4.2 Pressions

**Tableau 2 – Pressions appliquées à l'isolateur**

Pression	Relation	Le tube est en :
Pression maximale de service (PMS) est la pression de conception du fabricant d'équipement	= 1,0 x MSP	phase élastique réversible
Pression d'essai Individuel (PEI)	= 2,0 x PMS	phase élastique réversible
Limite d'endommagement	> 2,0 x PMS	phase élastique réversible
Pression d'essai de type (PET)	= 4,0 x PMS	phase plastique irréversible
Pression Interne Spécifiée (PIS)	≥ 4,0 x PMS	phase plastique irréversible

Un aperçu des différentes pressions est donné à la 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 doit porter 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 divisés en quatre groupes, qui sont ceux qui suivent.

### 6.1 Essais de conception

Le but des essais de conception est de démontrer l'adéquation de la conception, des matériaux et de la technologie de construction.

Une conception d'isolateur composite creux est définie par les éléments suivants:

- les matériaux et la conception du tube, l'enveloppe et la méthode de fabrication,
- le matériau des ferrures d'extrémité, leur conception et la méthode de fixation,
- l'épaisseur de couche de l'enveloppe recouvrant le tube (y compris une gaine, si on l'utilise).

Lorsque des modifications de conception ont lieu, une requalification doit être effectuée conformément au Tableau 3.

## 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	$= 1,0 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
Damage limit	$> 1,5 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
Type test SML bending load	$= 2,5 \times \text{MML}$	irreversible plastic phase
Failure bending load	$> 2,5 \times \text{MML}$	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	$= 1,0 \times \text{MSP}$	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 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 manufacturing technology.

A composite hollow insulator design is defined by:

- materials and design of the tube, housing and manufacturing method,
- material of the end fittings, their design and method of attachment,
- layer thickness of the housing over the tube (including a sheath where used).

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

**Tableau 3 – Essais à effectuer après les modifications de conception**

SI la conception de l'isolateur modifie...		ALORS les essais de conception suivants doivent être répétés :						
		7.2	7.3.1	7.3.2	7.3.3	7.3.4	7.4.1	7.4.2
		Interfaces et connexions des ferrures d'extrémités (de même que CEI 62217).	Essai de dureté (voir CEI 62217)	Essai climatique accéléré (voir CEI 62217)	Essai de cheminement et d'érosion (voir CEI 62217)	Essai d'inflammabilité (voir CEI 62217)	Essai de pénétration de colorant (voir CEI 62217)	Essai de pénétration d'eau (voir CEI 62217)
1	Matériau d'enveloppe	X	X	X	X	X		
2	Profil d'enveloppe <sup>a</sup>				X			
3	Matériau constituant le tube	X					X	X
4	Conception du tube <sup>b</sup>						X	X
5	Procédé de fabrication du revêtement <sup>c</sup>	X	X	X	X			
6	Procédé de fabrication du tube <sup>d</sup>	X					X	X
7	Matériau de la ferrure d'extrémité	X						
8	Méthode pour la ferrure d'extrémité de fixation au tube <sup>e</sup>	X						
9	Conception de l'interface tube-enveloppe-ferrure d'extrémité	X			X			

<sup>a</sup> Les variations du profil d'enveloppe dans les tolérances suivantes ne constituent pas une modification:

- Projections des ailettes: ± 10 %
- Pas : ± 10 %
- Inclinaison moyenne des ailettes: ± 3°
- Epaisseur à la base et à l'extrémité des ailettes: ± 15 %
- Répétition des ailettes : identique

<sup>b</sup> Voile, angle d'enroulement.

<sup>c</sup> Méthodes de séchage et moulage (par exemple, extrusion, injection, ailettes enfilées...).

<sup>d</sup> Pultrusion, enroulement filamentaire imprégné, imprégnation sous vide, préparation des surfaces.

<sup>e</sup> Applications : flexion, pression, flexion-pression combinées.

**6.2 Essai 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.

**Table 3 – Tests to be carried out after design changes**

IF the insulator design changes the...		THEN the following design tests shall be repeated :						
		7.2	7.3.1	7.3.2	7.3.3	7.3.4	7.4.1	7.4.2
		Interfaces and connections of end fittings (as per IEC 62217).	Hardness test (see IEC 62217)	Accelerated weathering (see IEC 62217)	Tracking and erosion test(see IEC 62217)	Flammability test (see IEC 62217)	Dye penetration test (see IEC 62217)	Water diffusion test (see IEC 62217)
1	Housing materials	X	X	X	X	X		
2	Housing profile <sup>a</sup>				X			
3	Tube material	X					X	X
4	Tube design <sup>b</sup>						X	X
5	Manufacturing process of housing <sup>c</sup>	X	X	X	X			
6	Manufacturing process of tube <sup>d</sup>	X					X	X
7	End fitting material	X						
8	End fitting method of attachment to tube <sup>e</sup>	X						
9	Tube-housing-end fitting interface design	X			X			
<p><sup>a</sup> The following variation of the housing profile within following tolerances do not constitute a change:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Overhang of sheds: ± 10 %</li> <li>▪ Spacing: ± 10 %</li> <li>▪ Mean inclination of sheds: ± 3°</li> <li>▪ Thickness at root and tip of sheds : ± 15 %</li> <li>▪ Shed repetition : identical</li> </ul> <p><sup>b</sup> Liner, winding angle.</p> <p><sup>c</sup> Curing and moulding method (e.g. extrusion, injection, single shed assembly...).</p> <p><sup>d</sup> Pultrusion, wet filament winding, vacuum impregnation, surface preparation.</p> <p><sup>e</sup> Applications: bending, pressure, combined pressure-bending.</p>								

## 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 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 sont constitués de trois parties comme 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.

Tous les essais de conception, à l'exception de l'essai thermo-mécanique, sont effectués à température ambiante normale.

Des températures extrêmes de service peuvent affecter le comportement mécanique des isolateurs composites.

Une règle générale pour définir des températures d'isolateur "extrêmement hautes ou basses" n'est aujourd'hui pas disponible, c'est pourquoi il convient que le fournisseur spécifie toujours les limites de température de service. Lorsque les isolateurs sont soumis à très hautes ou très basses températures pendant de longues périodes, il est recommandé que le fabricant et l'utilisateur conviennent d'un essai mécanique à des températures supérieures ou inférieures à celles mentionnées dans la présente norme.

### 7.2 Essais des interfaces et connexions des pièces d'extrémités

Voir CEI 62217.

Ces essais doivent se dérouler sur le même spécimen, selon la séquence prescrite. La présente norme n'utilise pas de spécimen de référence séparé pour ces essais.

#### 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 être 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 CMM, la CMS, la PMS et la PIS prévues pour le spécimen.

### 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 every 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.

All the design tests, apart from the thermal-mechanical test, are performed at normal ambient temperature.

Extreme service temperatures may affect the mechanical behaviour of composite insulators.

A general rule to define “extreme high or low” insulator temperatures is not available at this time, for this reason the supplier should always specify service temperature limitations. Whenever the insulators are subjected to very high or low temperatures for long periods of time, it is advisable that both manufacturer and user agree on a mechanical test at higher or lower temperatures than that mentioned in this standard.

### 7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings

See IEC 62217.

These tests shall be performed in the given sequence on the same specimen. This standard does not use a separate reference specimen for these tests.

#### 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 (see Clause 10).

The manufacturer shall define the MML, SML, MSP and SIP for the test specimen.

### 7.2.2 Essai de référence sous tension à fréquence industrielle à sec

La tension de référence de contournement externe à sec ( $U_{ref}$ ) doit être déterminée en accord avec la CEI 60060-1 en faisant la moyenne de cinq tensions de contournement. Cette tension de contournement moyenne doit être corrigée pour les conditions normales, comme décrit dans la CEI 60060-1. La tension de contournement doit être obtenue en augmentant la tension de façon linéaire, de zéro au contournement, en l'espace de 1 min.

On doit prendre les précautions nécessaires pour éviter les claquages internes, par exemple en remplissant l'isolateur avec un gaz isolant. En variante, 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 sont constituées de deux cycles de chauffage et de deux cycles de refroidissement. La période de chaque cycle ne doit pas être inférieure à 24 h ou supérieure à 48 h (voir Figure 1).

La température de la période froide doit être inférieure d'au moins 85 K à celle réellement appliquée pendant la période chaude. Cependant, la température minimale dans la période froide ne doit pas être inférieure à  $-50$  °C. Chacune des températures des deux cycles doit être appliquée et maintenue pendant au moins 33 % du temps choisi pour chaque cycle.

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

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. 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.

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 de charges 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

Voir CEI 62217.

Les extrémités du spécimen peuvent être fermées et reliées à la pression atmosphérique.

### 7.2.5 Essais de vérification

Voir CEI 62217.

#### 7.2.5.1 Examen visuel

Voir CEI 62217.

### 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. This average flashover voltage shall be corrected to normal standard conditions as described 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-stressing 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 not shorter than 24 h and not longer than 48 h (see Figure 1).

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  $-50\text{ °C}$ . 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 insulator (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 bending 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 Figures 1 and 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-stressing test

See IEC 62217.

The ends of the specimen may be sealed and vented to atmospheric pressure.

### 7.2.5 Verification tests

See IEC 62217.

#### 7.2.5.1 Visual examination

See IEC 62217.

### **7.2.5.2 Essais sous onde de choc à front raide**

Voir CEI 62217.

### **7.2.5.3 Essai sous tension à fréquence industrielle à sec**

Voir CEI 62217.

### **7.2.5.4 Essai de pression interne**

Il n'est pas nécessaire de faire cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour un 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  $2,0 \times \text{PMS}$  pendant 5 min à la température ambiante normale, conformément à la procédure définie en 10.3 (essai de pression individuel).

#### **7.2.5.4.1 Phase 1: essai d'étanchéité sous pression de gaz**

##### **7.2.5.4.1.1 Procédure**

L'essai doit être réalisé en disposant le spécimen dans une enceinte de volume le plus petit possible (voir Figure 3). Une pression interne de gaz de  $1,0 \times \text{PMS}$  doit être appliquée en utilisant le gaz approprié comme moyen de pression.

Les fuites de gaz du spécimen dans l'enceinte environnante doivent être mesurées à l'aide d'un détecteur de fuites. Le taux de fuite doit être donné en pourcentage de fraction de volume par an.

##### **7.2.5.4.1.2 Critère d'acceptation**

L'essai est satisfaisant si le taux de fuite n'est pas supérieur à la fraction volumique de 0,5 % 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.

#### **7.2.5.4.2 Phase 2 : essai d'étanchéité sous pression d'eau**

##### **7.2.5.4.2.1 Procédure**

La pression interne doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups de zéro à la PIS et maintenue à température ambiante normale pendant 5 min. La pression interne doit être obtenue en utilisant de l'eau. Des consignes de sécurité particulières doivent être appliquées pour effectuer cette inspection.

##### **7.2.5.4.2.2 Critère d'acceptation**

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.

## **7.3 Essais du matériau d'ailette et d'enveloppe**

### **7.3.1 Essai de dureté**

Voir CEI 62217.

### **7.2.5.2 Steep-front impulse voltage test**

See IEC 62217.

### **7.2.5.3 Dry power frequency voltage test**

See IEC 62217.

### **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  $2,0 \times \text{MSP}$  for 5 min at normal ambient temperature using the procedure in 10.3 (routine pressure test).

#### **7.2.5.4.1 Stage 1: gas leakage test**

##### **7.2.5.4.1.1 Procedure**

The test shall be performed by placing the test specimen in an enclosure with a volume as small as possible, see Figure 3. An internal pressure of  $1,0 \times \text{MSP}$  shall be applied using a suitable gas as the pressure medium.

The leakage of gas from the test specimen into the surrounding enclosure shall be measured with a leakage meter. The leakage rate shall be given in a volume fraction in percent per year.

##### **7.2.5.4.1.2 Acceptance criterion**

The test is passed if the leakage rate is not more than the volume fraction of 0,5 % per year.

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

#### **7.2.5.4.2 Stage 2: water leakage test**

##### **7.2.5.4.2.1 Procedure**

An internal pressure shall be applied and increased from zero to SIP at normal ambient temperature and maintained for 5 min. The inner pressure medium shall be water. Adequate safety precautions shall be taken for this inspection.

##### **7.2.5.4.2.2 Acceptance criterion**

The test is passed if, after 5 min, there is no failure and no water leakage at joints A and B as shown in Figure 4 or on the tube itself.

## **7.3 Tests on shed and housing material**

### **7.3.1 Hardness test**

See IEC 62217.

### **7.3.2 Essai climatique accéléré**

Voir CEI 62217.

### **7.3.3 Essai de cheminement et d'érosion**

Voir CEI 62217.

Seul l'essai de brouillard salin (1 000 h) doit être utilisé

### **7.3.4 Essai d'inflammabilité**

Voir CEI 62217.

## **7.4 Essais sur le matériau de tube**

Voir la CEI 62217 (Essais du matériau de fût).

Ces essais doivent être effectués sur des spécimens avec ou sans matériau d'enveloppe.

### **7.4.1 Essai de pénétration de colorant**

Voir CEI 62217.

### **7.4.2 Essai de pénétration d'eau**

Voir CEI 62217.

## **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 normale.

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.

### **7.3.2 Accelerated weathering test**

See IEC 62217.

### **7.3.3 Tracking and erosion test**

See IEC 62217.

Only the 1 000 h salt fog test shall be applied.

### **7.3.4 Flammability test**

See IEC 62217.

## **7.4 Tests on the tube material**

See IEC 62217 (Tests on the core material).

The tests shall be carried out on specimens either with or without housing material.

### **7.4.1 Dye penetration test**

See IEC 62217.

### **7.4.2 Water diffusion test**

See IEC 62217.

## **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 normal ambient 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 at 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 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 choisis (distance entre ferrures) ne doit pas être inférieure à 800 mm. La charge appliquée doit être ajustée en fonction de la longueur de l'isolateur afin d'obtenir l'état de contrainte voulu.

Les ferrures doivent être identiques à celles utilisées sur les isolateurs de la ligne de production. Les spécimens retenus pour les essais peuvent être avec ou sans revêtement. Dans le cas d'utilisation de spécimens sans revêtement, le cycle thermique du procédé d'application du revêtement doit être appliqué au tube avant les essais.

## 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 8.5.1 (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  $\Omega$  et longueur inférieure ou égale à 12 mm). Le revêtement, s'il existe, 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

- à l'extérieur du tube;
- avec une jauge parallèle et l'autre perpendiculaire à l'axe du tube;
- à mi-distance entre les pièces d'extrémités. Pour les tubes coniques, les jauges doivent être fixées là où la contrainte maximale est prévue.

Le spécimen doit être placé en position verticale, si possible. Les extrémités du spécimen seront munies de couvercles étanches adaptés. Celui-ci, un gaz ou un liquide, ne doit affecter le tube d'aucune manière autre que mécanique.

NOTE 1 Dans le cas où l'essai ne se fait pas en position verticale, la masse du contenant pressurisé à une influence sur la contrainte appliquée au tube.

NOTE 2 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.

### b) Pour l'essai de flexion

Pour cet essai les jauges de contrainte doivent être placées

- à l'extérieur du tube;
- parallèlement à l'axe du tube;
- elles doivent être positionnées soit près de la ferrure fixée au sol, généralement à 30 mm du bord de la ferrure, soit là où les contraintes maximales sont prévues ;
- dans le plan de la force de flexion, l'une diamétralement opposée à l'autre.

NOTE 3 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.

## 8.2 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. The applied load shall be adjusted for insulator length to obtain the required stress.

Both end fittings shall be the same as used on production line insulators. The insulator specimens used for these tests shall be with or without housing. Where the tests are made without housing, the thermal cycle of housing application shall be applied to the tube prior to testing.

## 8.3 Preparation of the test specimen

One specimen shall be subjected to an internal pressure test, the other to a bending test in accordance with 8.4.1 and 8.5.1, 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  $\Omega$ , length less than or equal to 12 mm). The housing, if present, shall be removed locally to allow installation of the gauges to the outside of the tube.

### a) *For the internal pressure test*

The position of the strain gauges shall be

- 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. In the case of a tapered tube, the gauges shall be installed at the location where the maximum stress is expected.

The internal pressure test specimen shall be mounted in an upright position, if possible. The ends of the test specimens shall be fitted with suitable end covers and seals. The inner pressure medium shall be a gas or a liquid and shall not affect the tube in any way, other than mechanically.

NOTE 1 When not testing in an upright position, the mass of the pressure medium has an influence on the stress applied to the tube.

NOTE 2 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.

### b) *For the bending test*

The position of the strain gauges shall be

- outside on the tube;
- parallel to the axis of the tube;
- positioned either near the fixed end of the insulator, generally with its centre 30 mm from the edge of the end fitting or at the location where the maximum stress is expected;
- in the plane of the bending force and diametrically opposite from each other.

NOTE 3 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 bending test specimen shall be securely fixed. The bending force shall be applied at approximately 90° to the axis of the test specimen on the other fitting. The bending 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 Essai de pression interne**

Un spécimen est soumis à un essai de pression interne. Cet essai est réalisé en deux ou trois phases, le cas échéant. Il n'est pas nécessaire de faire cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression. Le contenu pressurisé doit être maintenu à l'intérieur du tube durant les trois étapes, ainsi que durant la calibration (point zéro) des jauges.

### **8.4.1 Méthode d'essai**

#### **8.4.1.1 Phase 1: essai à $2,0 \times \text{PMS}$**

La pression interne doit être augmentée rapidement mais sans à-coups de zéro à  $2,0 \times \text{PMS}$  à la température ambiante normale. Quand  $2,0 \times \text{PMS}$  est atteint, cette pression doit être maintenue pendant 5 min. La pression est ensuite diminuée graduellement. La mesure des déformations résiduelles doit être faite entre 3 min et 5 min après dépressurisation.

#### **8.4.1.2 Phase 2: essai à $4,0 \times \text{PMS}$**

Après l'essai précédent, on doit appliquer une pression de  $4,0 \times \text{PMS}$  pendant au moins 5 min. La pression doit être ensuite diminuée graduellement.

#### **8.4.1.3 Phase 3: essai à un niveau de pression interne spécifié (si $\text{PIS} > 4 \times \text{PMS}$ )**

Si on le demande comme information supplémentaire, la méthode de la phase 2 doit être utilisée et la PIS doit être appliquée pendant 5 min. Tous les résultats doivent être notés.

### **8.4.2 Critères d'acceptation**

#### **8.4.2.1 Phase 1: essai à $2,0 \times \text{PMS}$**

Si l'état de contrainte du tube est, selon l'indication des jauges de contraintes, le même à  $\pm 5 \%$  de la contrainte maximale (phase élastique réversible) avant et après l'essai de pression, on doit en déduire qu'il n'y a pas eu d'endommagement (voir Annexe C).

NOTE Une valeur plus importante de  $\pm 5 \%$  peut être tolérée pour des valeurs de déformation très faibles et peu critiques.

#### **8.4.2.2 Phase 2: essai à $4,0 \times \text{PMS}$**

Après application de la pression, les déformations résiduelles peuvent être supérieures à 5 % (voir Annexe C) mais on doit s'assurer visuellement qu'il n'y a pas eu de dégradation.

#### **8.4.2.3 Phase 3: essai au niveau de pression interne spécifié**

Un endommagement visible peut avoir lieu et, est acceptable.

## **8.5 Essai de flexion**

### **8.5.1 Méthode d'essai**

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

#### **8.5.1.1 Phase 1: essai à la charge mécanique maximale**

La charge de flexion doit être augmentée graduellement de zéro à la CMM en 30 s. Une fois atteinte, la CMM doit être maintenue pendant 30 s. Pendant ce temps, la déflexion de la pièce d'extrémité mobile doit être mesurée. La charge de flexion doit être complètement relâchée et les déformations résiduelles, entre 3 min et 5 min après la suppression de la charge, doivent être notées.

## 8.4 Internal pressure test

One specimen is subjected to an 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. The pressure medium shall be inside the sealed tube during all three test stages including the adjustment of the zero reference strain.

### 8.4.1 Test procedure

#### 8.4.1.1 Stage 1: 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 normal 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. The residual strain measurement shall be taken between 3 min and 5 min after pressure release.

#### 8.4.1.2 Stage 2: 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.

#### 8.4.1.3 Stage 3: test at specified internal pressure level (if SIP > 4 x MSP)

If required for additional information, the Stage 2 procedure shall be used and SIP is applied for 5 min. Any findings shall be noted.

### 8.4.2 Acceptance criteria

#### 8.4.2.1 Stage 1: test at $2,0 \times$ maximum service pressure

The tube before and after pressure application shall be in the same strain condition within  $\pm 5$  % of the maximum strain indicated by strain gauges. It shall be inferred that no damage has occurred (see Annex C).

NOTE A larger value than  $\pm 5$  % may be tolerated for very low, non critical strain values.

#### 8.4.2.2 Stage 2: test at $4,0 \times$ maximum service pressure

After pressure application the residual strain is allowed to be greater than  $\pm 5$  % of the maximum strain (see Annex C) but it shall be determined that no visible damage has occurred.

#### 8.4.2.3 Stage 3: test at specified internal pressure level

Visible damage may arise and is allowed.

## 8.5 Bending test

### 8.5.1 Test procedure

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

#### 8.5.1.1 Stage 1: 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, taken between 3 min and 5 min after load release, shall be recorded.

### **8.5.1.2 Phase 2: essai à 1,5 × CMM**

La charge de flexion doit de nouveau être augmentée graduellement jusqu'à 1,5 × CMM au plus en 30 s et doit être maintenue à cette valeur pour au moins 60 s. Pendant ce temps, la déflexion de la pièce d'extrémité doit être mesurée. La charge doit alors être relâchée graduellement et les déformations résiduelles, entre 3 min et 5 min après la suppression de la charge, doivent être notées.

### **8.5.1.3 Phase 3: essai à 2,5 × CMM**

A la suite de la Phase 2, la charge de flexion doit être de nouveau appliquée. Elle doit être appliquée graduellement de 0 à 2,5 × MML en 90 s minimum. Une fois atteinte, cette valeur doit être maintenue au moins 60 s. La charge sera ensuite graduellement relâchée.

Après application des charges, on doit ensuite vérifier qu'aucun endommagement visible ne s'est produit (voir Annexe C). Les mesures de la déflexion ainsi que des déformations résiduelles, bien qu'intéressantes, ne sont pas nécessaires à cette étape.

### **8.5.1.4 Phase 4: essai à la rupture (optionnel)**

Afin d'obtenir plus d'information, la charge peut être augmentée jusqu'à la rupture de l'isolateur. Les valeurs de charge de rupture et les modes de défaillance doivent être enregistrés.

## **8.5.2 Critères d'acceptation**

### **8.5.2.1 Phase 1: essai à la charge mécanique maximale**

L'essai est réussi, si :

- il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube,
- on n'observe pas d'endommagements visibles sur les ferrures,
- les déflexions ne dépassent pas les valeurs exigées, définies par le fabricant,
- la valeur de la déflexion résiduelle n'excède pas la valeur retenue par le fabricant et le client.

### **8.5.2.2 Phase 2: essai à 1,5 × CMM**

L'essai est réussi, si

- il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube,
- on n'observe pas d'endommagements visibles sur les ferrures,
- après application de la charge, les valeurs des déformations résiduelles sont comprises dans une fourchette de ± 5 % de la déformation maximale ; et si l'on vérifie qu'il n'y a pas d'endommagements visibles sur le tube (voir Annexe C),
- les déflexions ne dépassent pas les valeurs exigées par le fabricant,
- la valeur de la déflexion résiduelle n'excède pas la valeur prescrite par le fabricant et le client.

NOTE Une valeur plus importante que ±5 % peut être tolérée pour des valeurs de déformation très faibles et peu critiques.

### **8.5.2.3 Phase 3: essai à 2,5 × CMM**

L'essai est réussi si

- il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube.

### 8.5.1.2 Stage 2: 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, taken between 3 min and 5 min after load release, shall be recorded.

### 8.5.1.3 Stage 3: test at $2,5 \times$ maximum mechanical load

Following completion of Stage 2, 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 shall be determined that no visible damage has occurred (see Annex C). Residual strain and deflection measurements, although of interest, are not necessary at this stage.

### 8.5.1.4 Stage 4: test to failure (optional)

In order to obtain more information, the load may be increased until failure of the insulator. The failing load value and the failure mode shall be recorded.

## 8.5.2 Acceptance criteria

### 8.5.2.1 Stage 1: test at maximum mechanical load

The test is passed if

- no fracture or pull out of the tube occurred;
- no visible damage of the end fittings was observed;
- the measured deflection does not exceed the value defined by the manufacturer;
- the residual deflection does not exceed the value agreed between the manufacturer and the user, when applicable.

### 8.5.2.2 Stage 2: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load

The test is passed if

- no fracture or pull out of the tube occurred;
- no visible damage of the end fittings was observed;
- after this load application the residual strain is not allowed to be greater than  $\pm 5$  % of the maximum strain, and it is determined that no visible damage to the tube has occurred (see Annex C);
- the measured deflection does not exceed the value defined by the manufacturer;
- the residual deflection does not exceed the value agreed between the manufacturer and the user, when applicable.

NOTE A larger value than  $\pm 5$  % may be tolerated for very low, non relevant absolute strain values.

### 8.5.2.3 Stage 3: test at $2,5 \times$ maximum mechanical load

The test is passed if

- no fracture or pull out of the tube occurred.

## 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 subi avec succès les essais individuels décrits en 10.1. Sauf spécification contraire, le nombre d'échantillons doit être conforme au Tableau 4.

**Tableau 4 – Tailles d'échantillon**

Nombre ( <i>n</i> ) 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 100	Un
101 à 200	Deux
201 à 300	Trois
301 à 500	Quatre
501 ou plus	Le nombre entier égal ou immédiatement supérieur à $4 + \frac{1,5 n}{1000}$

Si les essais sont non destructifs, les isolateurs peuvent être remis dans le lot et utilisés en service.

### 9.2 Essais

Les échantillons doivent subir les séquences d'essais suivantes:

- vérification des dimensions (9.3) ;
- essais mécaniques (9.4) ;
- essai de galvanisation (9.5) ;
- vérification de l'interface entre les pièces d'extrémités et l'enveloppe (9.6).

### 9.3 Vérification des dimensions

#### 9.3.1 Méthode d'essai

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 exigences contraires, les tolérances données à l'Annexe A doivent être utilisées.

Pour d'autres dimensions *d* sans tolérances dans le dessin, les tolérances suivantes sont acceptables:

$\pm(0,04 \times d + 1,5)$  mm      lorsque  $d \leq 300$  mm;

$\pm(0,025 \times d + 6)$  mm lorsque  $d > 300$  mm, avec une tolérance maximale de 50 mm.

## 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 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 100	One
101 to 200	Two
201 to 300	Three
301 to 500	Four
501 or more	The whole number equal to or next greater than $4 + \frac{1,5 n}{1000}$

The insulator(s) submitted to the tests may be returned to the batch and used in service, if non-destructive tests are used.

### 9.2 Testing

The selected insulator shall be subjected to the following sequence of tests:

- verification of dimensions (9.3);
- mechanical tests (9.4);
- galvanizing test (9.5);
- check of the interface between end fittings and housing (9.6).

### 9.3 Verification of dimensions

#### 9.3.1 Test procedure

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.

For other dimensions *d* without tolerances in the drawing, the following tolerances are acceptable :

$\pm(0,04 \times d + 1,5)$  mm when  $d \leq 300$  mm;

$\pm(0,025 \times d + 6)$  mm when  $d > 300$  mm with a maximum tolerance of 50 mm.

Les plans peuvent indiquer les points entre lesquels la ligne de fuite est spécifiée.

La mesure de la ligne de fuite doit être liée aux dimensions de conception déterminées à partir du dessin de l'isolateur, même si cette dimension peut être supérieure à la valeur à l'origine spécifiée par l'acheteur. Lorsque la ligne de fuite est spécifiée comme une valeur minimale, la tolérance négative est zéro.

### 9.3.2 Critères d'acceptation

Les isolateurs ont réussi ces essais si :

- les dimensions de l'isolateur sont conformes aux dessins.

## 9.4 Essais mécaniques

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

### 9.4.1 Méthode d'essai

#### 9.4.1.1 Phase 1: essai à $2,0 \times \text{PMS}$

L'isolateur est soumis à une pression interne. On doit monter rapidement mais sans à-coups la pression interne de la pression ambiante à  $2,0 \times \text{PMS}$ . 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.

#### 9.4.1.2 Phase 2: essai à la charge mécanique maximale

Ce même isolateur est alors soumis à des charges de flexions séquentielles à température ambiante, selon la procédure donnée à la Figure 2. La charge de flexion doit être augmentée rapidement mais progressivement de 0 à 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.

#### 9.4.1.3 Phase 3: essai à $1,5 \times \text{CMM}$

Après avoir terminé l'essai de la Phase 2, on utilise la même procédure pour contraindre l'isolateur à  $1,5 \times \text{CMM}$ .

### 9.4.2 Critères d'acceptation

Les isolateurs ont passé les essais si

- aucune fracture ou arrachement complet du tube ou fracture d'une armature métallique ne se produit;
- les déflexions ne dépassent pas les valeurs exigées, définies par le fabricant;
- la longueur, la concentricité et le parallélisme sont conformes au dessin.

NOTE Tout isolateur qui satisfait au critère d'acceptation peut être remis dans le lot.

## 9.5 Galvanisation

Cet essai doit être réalisé sur toutes les parties galvanisées conformément à la CEI 62155.

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.

### 9.3.2 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- the dimensions of the insulators conform with the drawing.

## 9.4 Mechanical tests

All the selected insulators shall be subjected to the following test, made in three stages, at normal ambient temperature.

### 9.4.1 Test procedure

#### 9.4.1.1 Stage 1: 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.

#### 9.4.1.2 Stage 2: test at maximum mechanical load

The same insulator is then subjected to a sequential bending load according to the directions given in Figure 2 at normal 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.

#### 9.4.1.3 Stage 3: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load

Following completion of Stage 2, the same procedure is then repeated for the insulator at a load of  $1,5 \times$  MML.

### 9.4.2 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- no fracture or pull out of the tube or fracture of the end fittings occur;
- the deflections do not exceed the predetermined level, as defined by the manufacturer;
- the length, concentricity and parallelism conform to the drawing.

NOTE Any insulator that meets the acceptance criteria may be returned to the batch.

## 9.5 Galvanizing test

This test shall be performed on all galvanized parts in accordance with IEC 62155.

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

Aucun essai n'est requis pour les isolateurs sans enveloppe.

### 9.6.1 Méthode d'essai

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. Les essais doivent être réalisés dans l'ordre suivant:

- 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.

### 9.6.2 Critères d'acceptation

Les isolateurs ont réussi les essais si :

- aucune fissure de l'enveloppe ou des interfaces n'est détectée par l'essai de pénétration de colorant.

## 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 mécanique (9.4)	B
Essai de galvanisation	B
Interface test (9.6)	B

#### a) Procédure de contre-épreuve 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 ces exigences doit être rejeté.

#### b) Procédure de contre-épreuve 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 ne sont pas satisfaisants, tout le lot doit être rejeté.

## 9.6 Check of the interface between end fittings and the housing

This test is not required for insulators without housing.

### 9.6.1 Test procedure

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.

### 9.6.2 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- no cracks on the housing or interfaces occur, indicated by the dye penetration.

## 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. 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)
Mechanical test (9.4)	B
Galvanizing test (9.5)	B
Interface test (9.6)	B

#### 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 each composite hollow insulator in the batch is to be re-examined for the non-conforming requirement(s). Any units which do not meet these requirements shall be rejected.

#### b) Re-test procedure B

If a single hollow insulator fails to pass 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 shall be rejected.

## 10 Essais individuels

### 10.1 Généralités

Les essais individuels de série sont dépendants de l'application et 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).

### 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:

- sur l'enveloppe, défauts superficiels d'aire supérieure à 25 mm<sup>2</sup> (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;
- des défauts sur la partie interne du tube d'une profondeur supérieure à 1 mm, et de superficie supérieure à 25 mm<sup>2</sup>. Cependant, si le tube a un voile interne, par exemple, mat de polyester, les défauts d'une profondeur supérieure à l'épaisseur du voile interne ne sont pas permis ;
- fissures à la base des ailettes;
- 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.

### 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 normale, un essai individuel de pression hydraulique ou de gaz (par exemple : air, SF<sub>6</sub>, hélium) de 2,0 × PMS pendant 1 min.

Les isolateurs qui ne satisfont pas à l'essai doivent être rejetés.

### 10.4 Essai individuel mécanique

Cet essai est applicable aux isolateurs fonctionnant principalement sous contrainte de flexion ou autres charges mécaniques en service. Il est aussi applicable aux isolateurs fonctionnant sans pression.

L'essai mécanique est effectué à température ambiante normale.

La procédure d'essai doit reproduire la contrainte maximale prévue en service.

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

## 10 Routine tests

### 10.1 General

The routine tests are application dependant and comprise

- visual examination (10.2);
- routine pressure test (10.3);
- routine mechanical test (10.4);
- routine tightness test (10.5).

### 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:

- on the housing, superficial defects of an area greater than 25 mm<sup>2</sup> (the total defective area shall not exceed 0,2 % of the total insulator surface) or depth or height greater than 1 mm;
- internal tube defects of a depth greater than 1 mm, and of an area greater than 25 mm<sup>2</sup>. However, if the tube has an internal liner e.g. polyester–mat, defects of a depth exceeding the internal liner thickness are not permitted;
- crack at the root of the shed;
- 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 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 normal ambient temperature to a routine hydraulic or gas (e.g. air, SF<sub>6</sub>, helium) test pressure corresponding to 2,0 × MSP for at least 1 min.

Failed insulators shall be rejected.

### 10.4 Routine mechanical test

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

The mechanical test is performed at normal ambient temperature.

The test method shall reproduce the maximum stress expected from service.

Failed insulators shall be rejected.

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 (voir Figures 4c et 4d). De plus, cet essai peut ne pas être effectué pour les isolateurs composites creux dont la conception et le procédé de fabrication sont tels qu'ils excluent tout scellement et défaut d'étanchéité par l'interface.

On doit prouver l'étanchéité de la jonction du tube et des pièces d'extrémités à la PMS en utilisant une pression de gaz (par exemple: air, SF6 ou hélium). Cette pression interne doit être maintenue pendant au moins 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..

## **11 Documentation**

Le fabricant doit conserver les données de toute production en série d'isolateurs composites creux conformes à cette norme pendant une durée d'au moins 10 ans. Ces données doivent comprendre

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

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

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 (see Figures 4c and 4d). In addition, the test may be omitted for composite hollow insulators whose design and manufacturing process are such to exclude any sealing and tightness action of the interface.

The tightness of the interface between tube and end fitting shall be checked at MSP using gas (e.g. air, SF<sub>6</sub> or helium) pressure. The internal pressure shall be maintained for at least 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.

## 11 Documentation

The manufacturer shall maintain records of all serially produced composite hollow insulators in accordance with this standard for a minimum of 10 years. These records shall contain the following information:

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

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

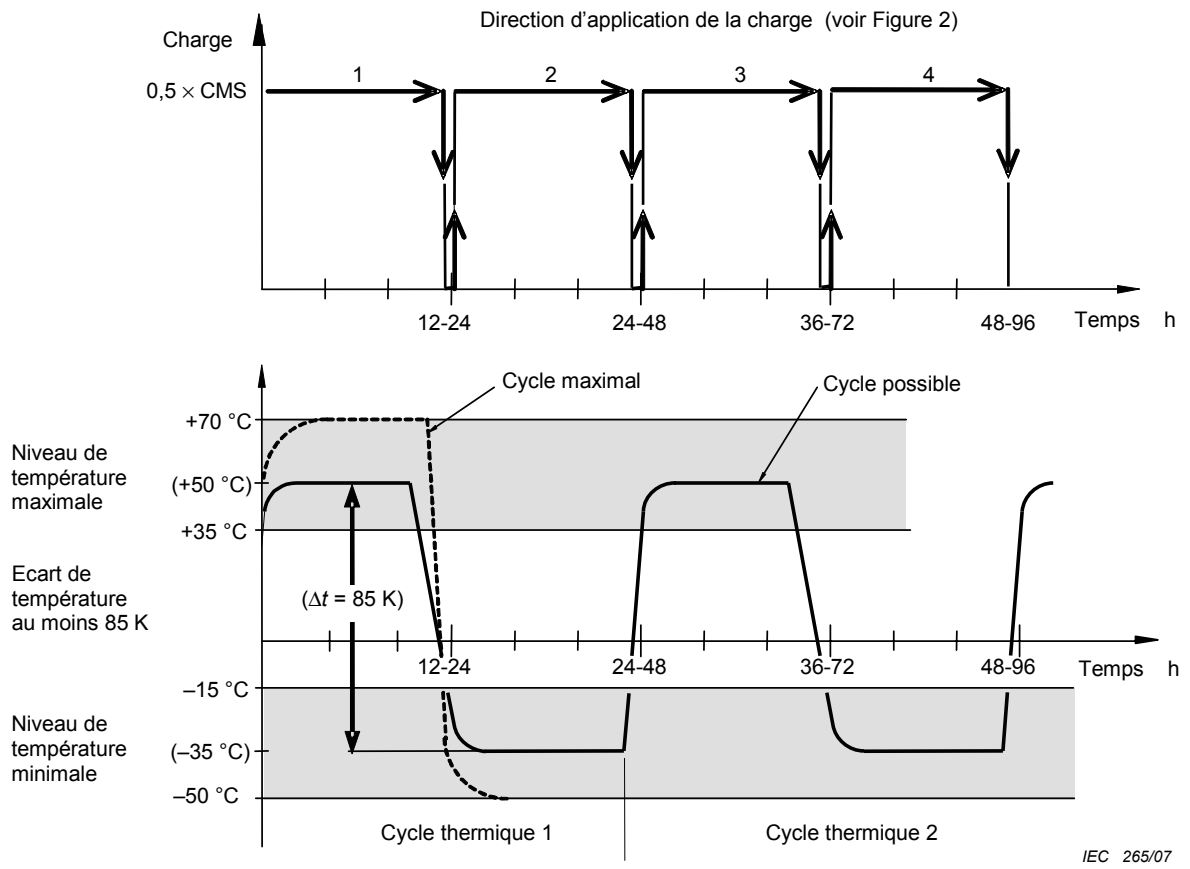


Figure 1 – Essai de précontrainte thermo-mécanique – Cycles types

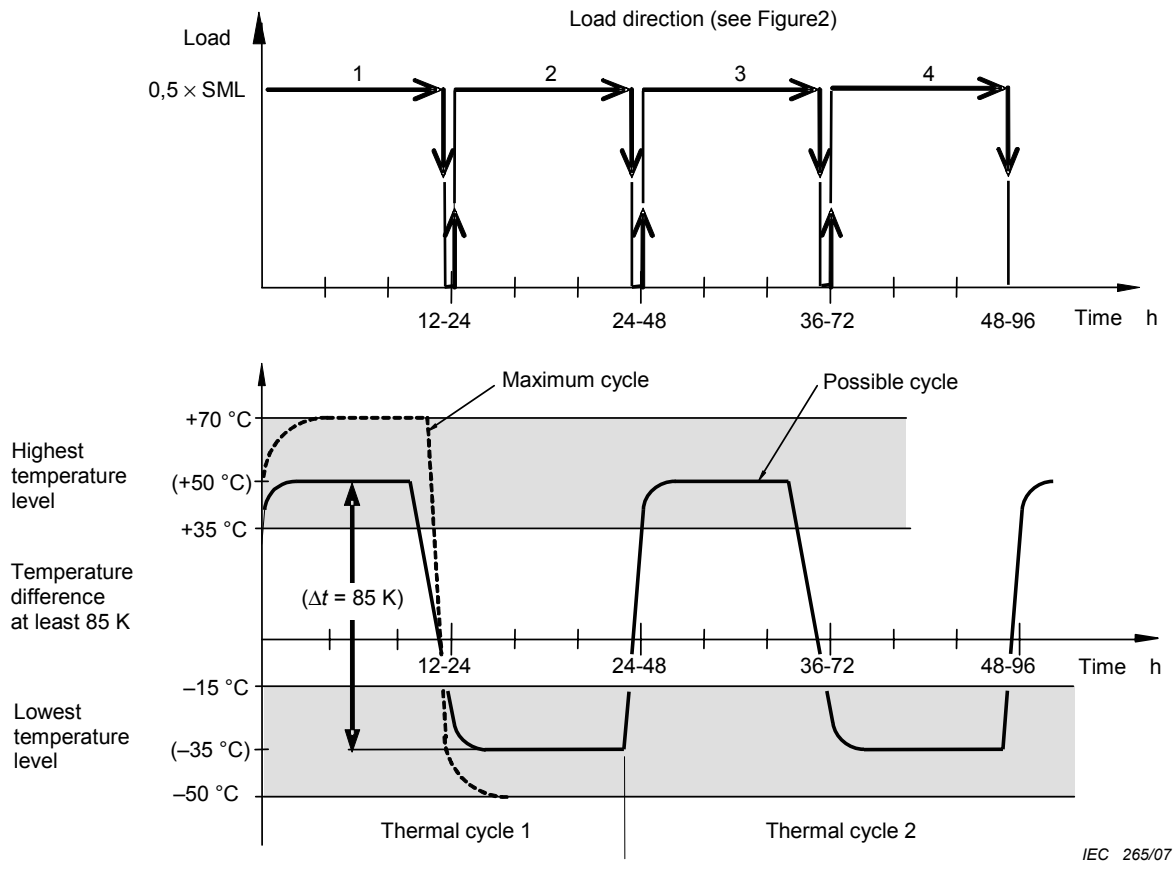
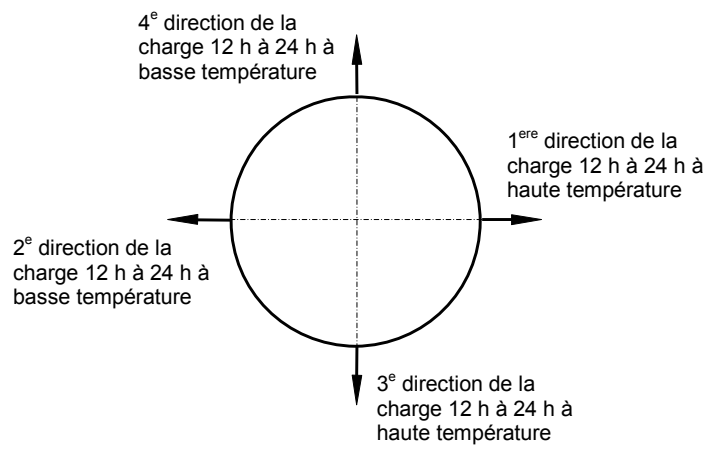
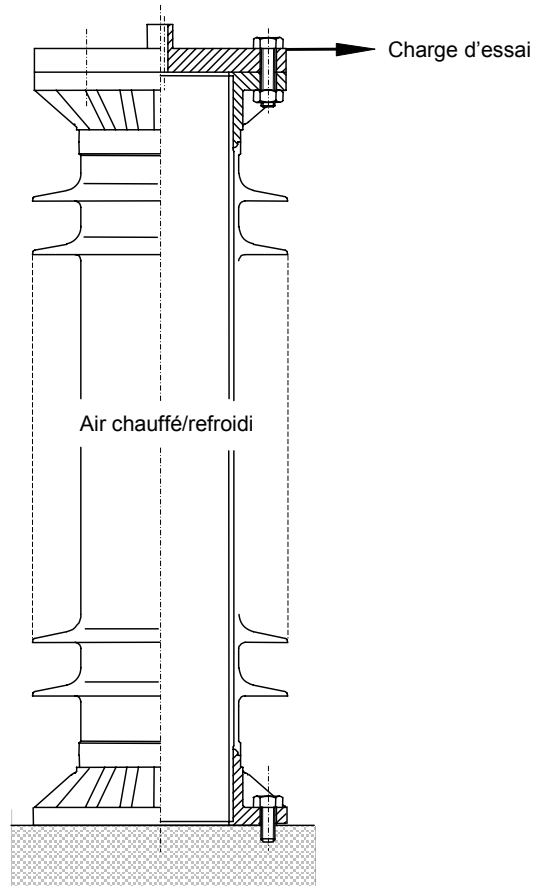
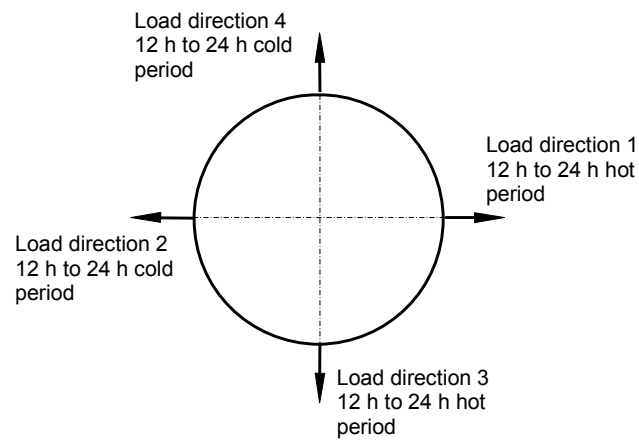
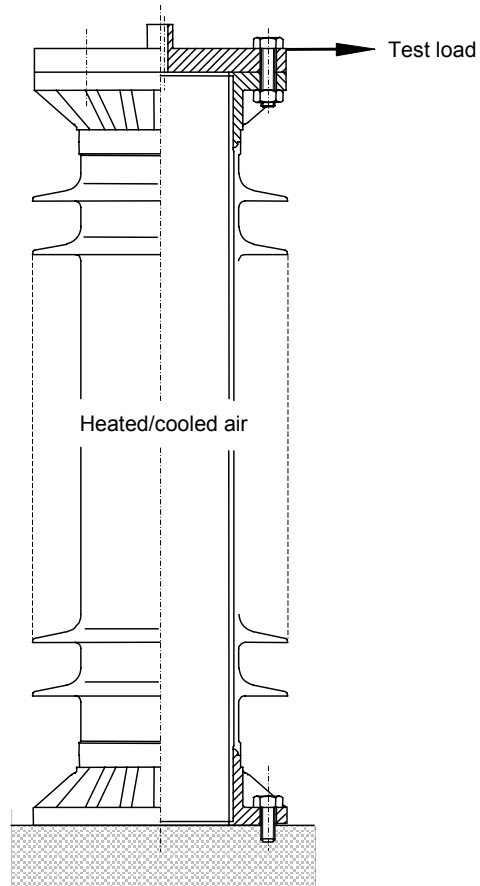


Figure 1 – Thermal-mechanical pre-stressing test – Typical cycles



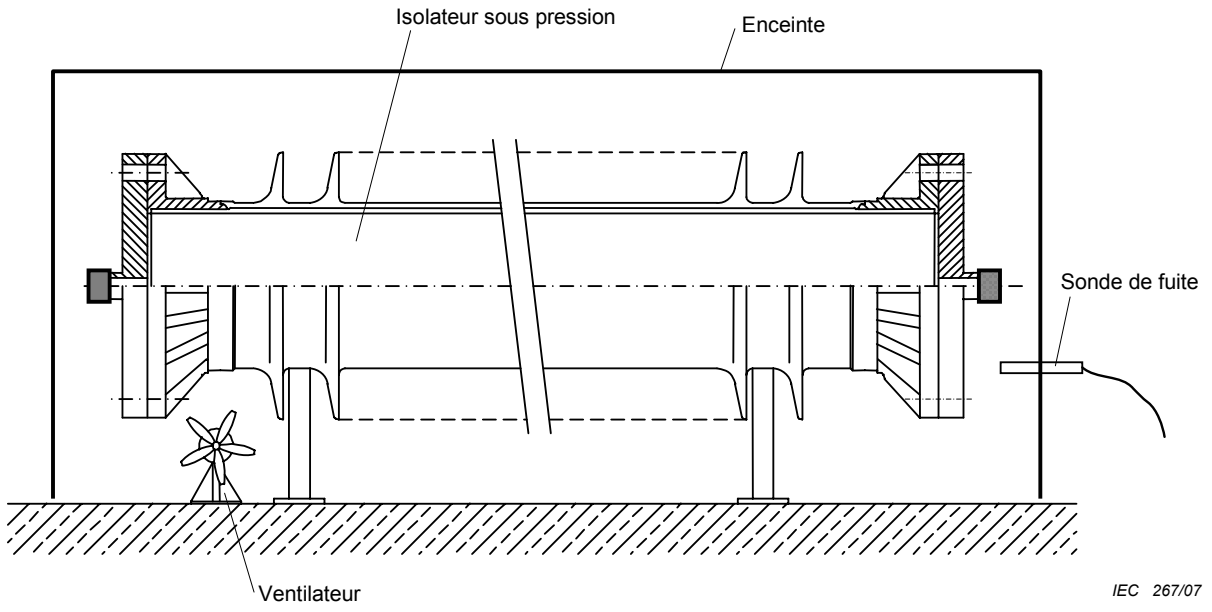
IEC 266/07

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

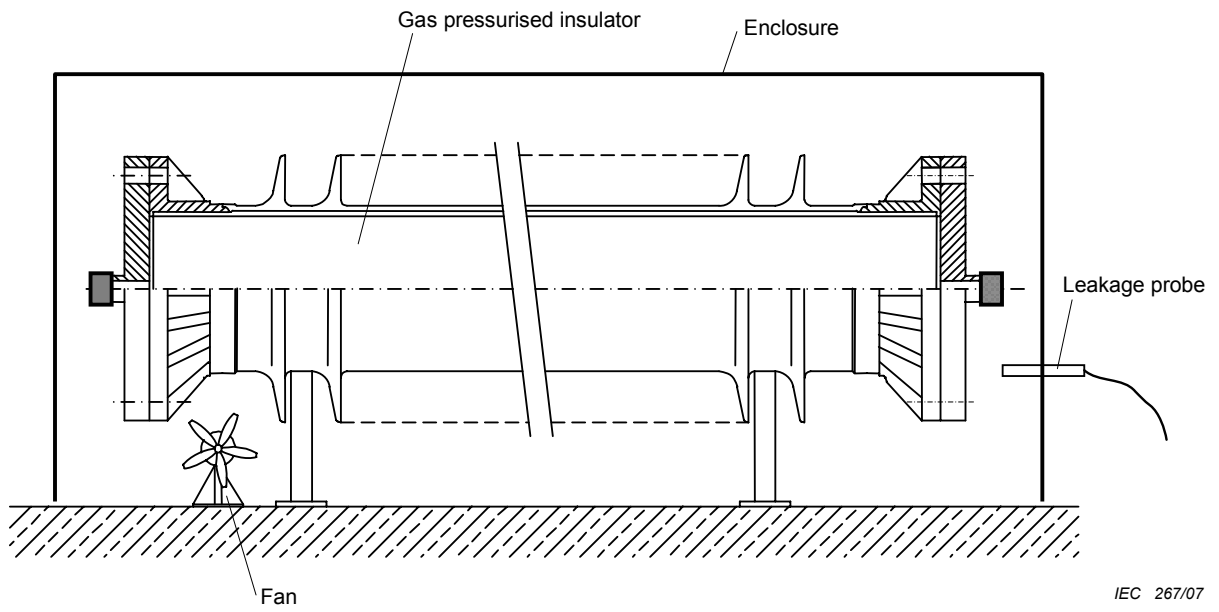


IEC 266/07

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



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



**Figure 3 – Test arrangement for the leakage rate test**

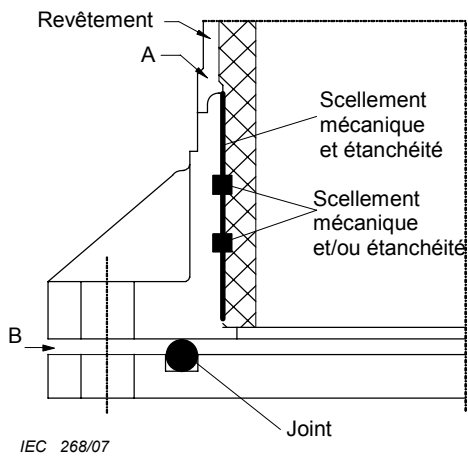


Figure 4a

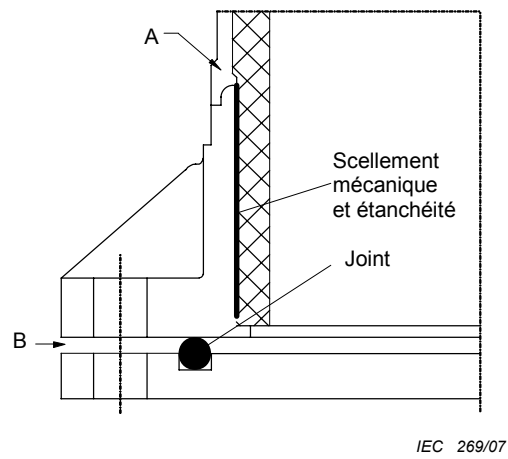


Figure 4b

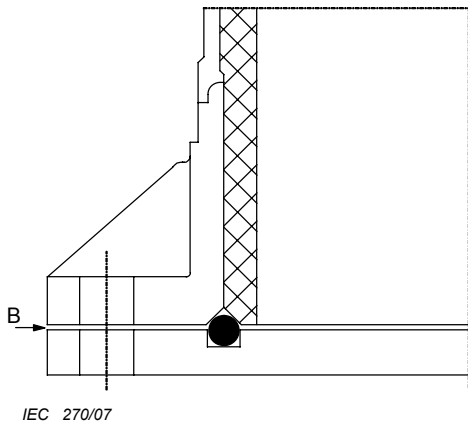


Figure 4c

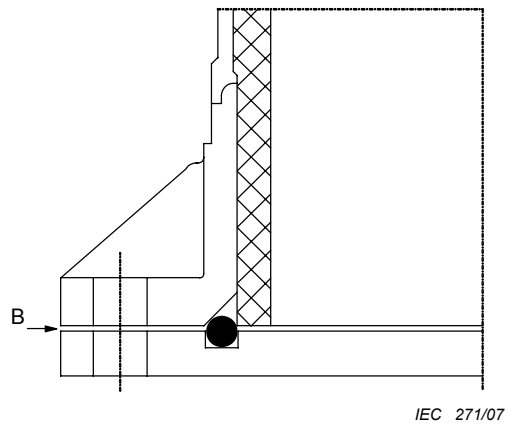


Figure 4d

**Key:**  
A Etanchéité d'assemblage  
B Etanchéité du joint

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

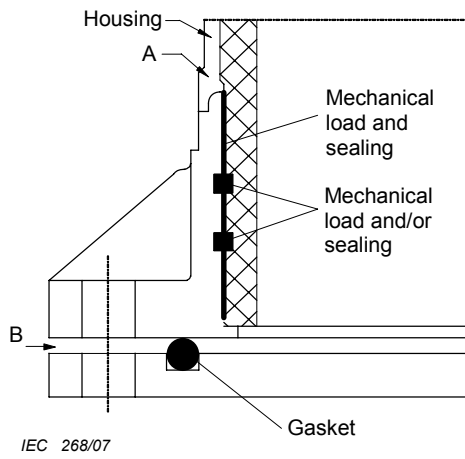


Figure 4a

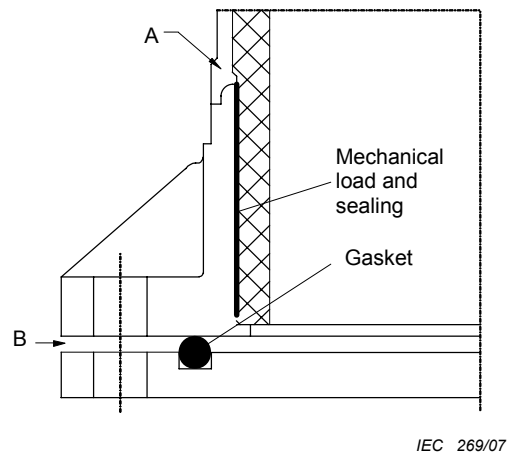


Figure 4b

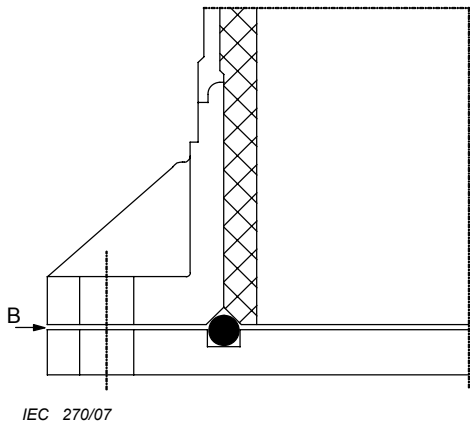


Figure 4c

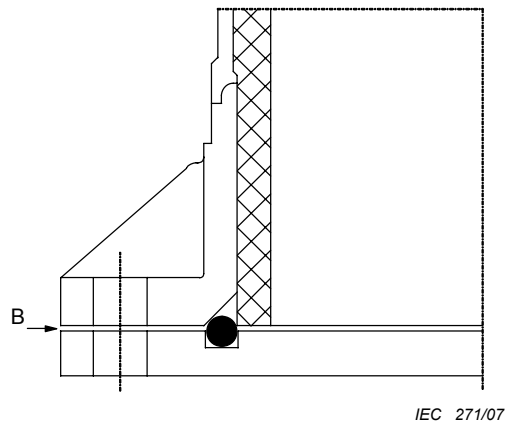


Figure 4d

**Key:**  
 A Joint tightness  
 B Gasket tightness

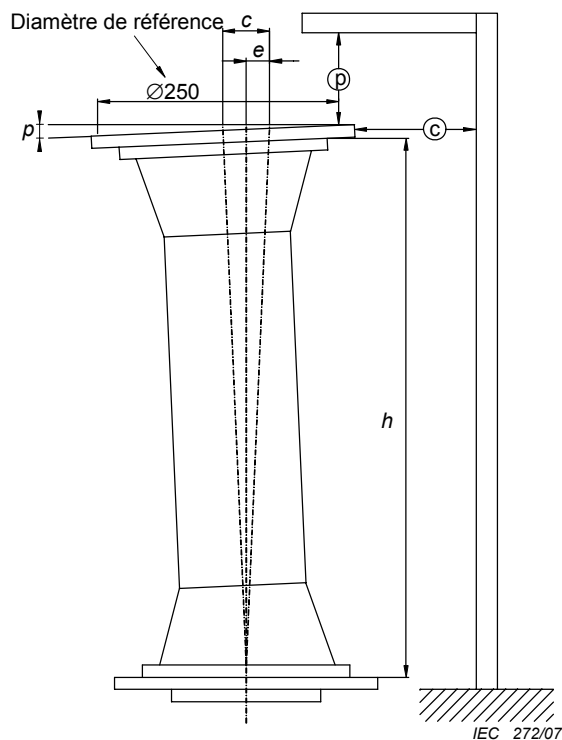
**Figure 4 – Examples of sealing systems for composite hollow insulators**

**Annexe A**  
(normative)

**Tolérances de forme et de position**

Les Figures A.1 à A.3 donnent des tolérances de forme et de position des isolateurs composites creux. La Figure A.1 montre un montage typique pour la mesure du parallélisme, de la coaxialité, de la concentricité et de l'excentricité ainsi que leurs tolérances. Les Figures A.2 et A.3 montrent deux méthodes de mesure différentes de la déviation angulaire des trous de fixation; la Figure A.4 donne un sommaire des tolérances applicables selon les méthodes de dessin normalisées (ISO 1101).

Des lignes directrices concernant les méthodes de mesure sont données dans l'Annexe A de la CEI 60168.



**Légende**

Parallélisme des faces d'extrémité :

pour  $h \leq 1$  m,  $p \leq 0,5$  mm  
pour  $h > 1$  m,  $p \leq 0,5 h$  mm  
avec "h" en mètres

Les tolérances du parallélisme sont basées sur un diamètre de 250 mm.

Coaxialité et concentricité:  $C = 2 \times e$

Excentricité:  $e \leq 2 (1+h)$  mm avec "h" en mètres.

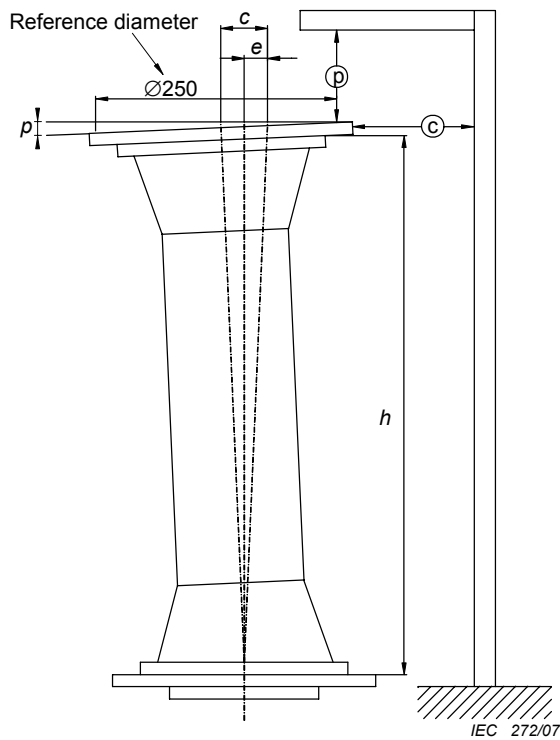
**Figure A.1 – Parallélisme, coaxialité et concentricité**

## 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, concentricity 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 Annex A of IEC 60168.



#### Legend

Parallelism of the end faces:

for  $h \leq 1$  m,  $p \leq 0,5$  mm

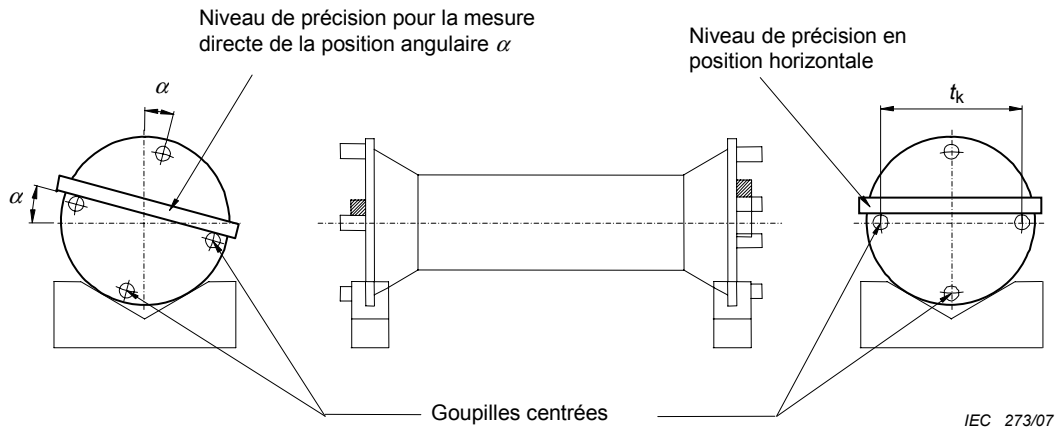
for  $h > 1$  m,  $p \leq 0,5 h$  mm with " $h$ "  
in meters

The tolerances of the parallelism are related to a diameter of 250 mm.

Coaxiality and concentricity:  $C = 2 \times e$

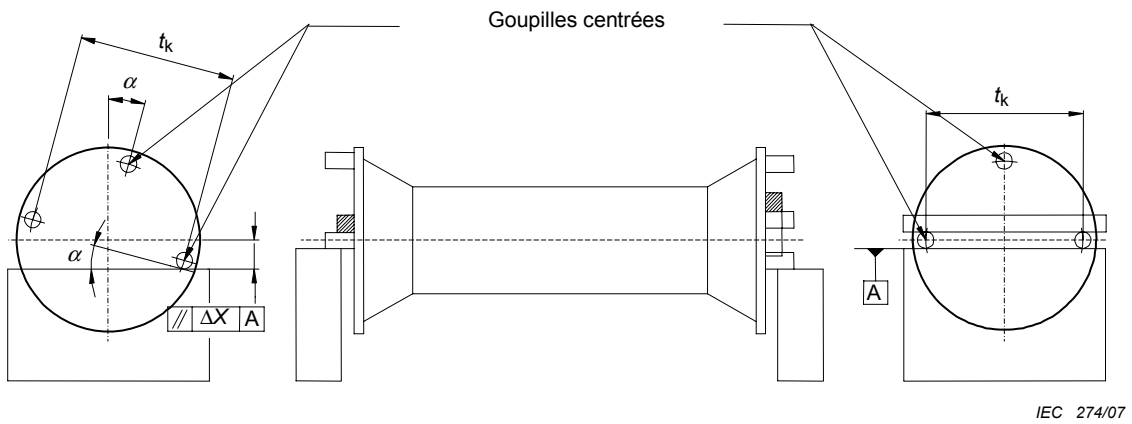
Eccentricity:  $e \leq 2 (1+h)$  mm with " $h$ " in metres.

Figure A.1 – Parallelism, coaxiality and concentricity



Tolérance de la déviation :  $\alpha \leq \pm 1^\circ$

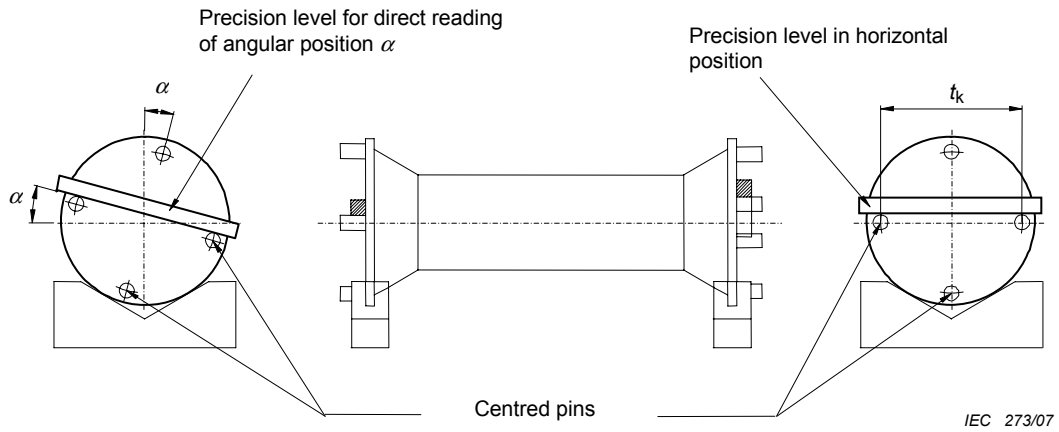
**Figure A.2 – Déviation angulaire des trous de fixation: Exemple 1**



$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta x}{t_k} \right)$$
 où  $t_k$  est la distance entre les centres de deux broches opposées.

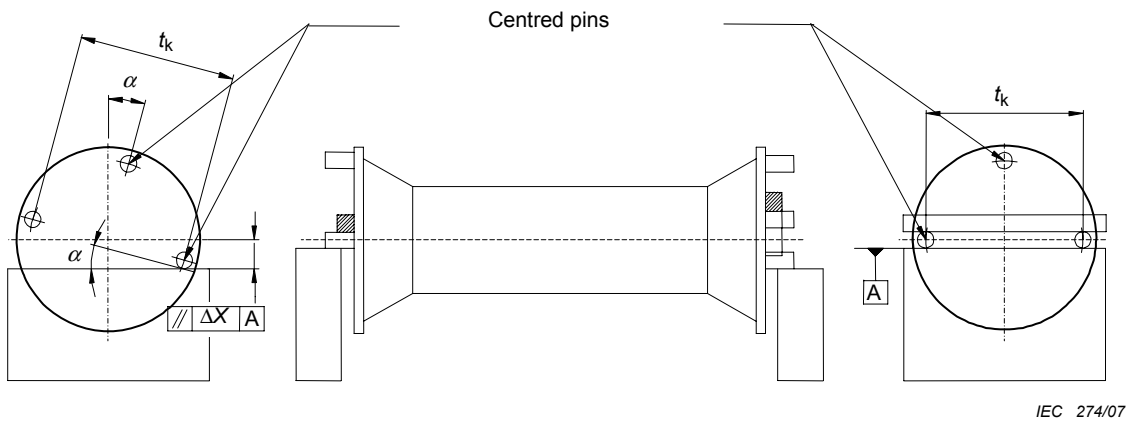
Tolérance de la déviation :  $\alpha \leq \pm 1^\circ$

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



Tolerance of the deviation:  $\alpha \leq \pm 1^\circ$

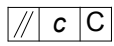
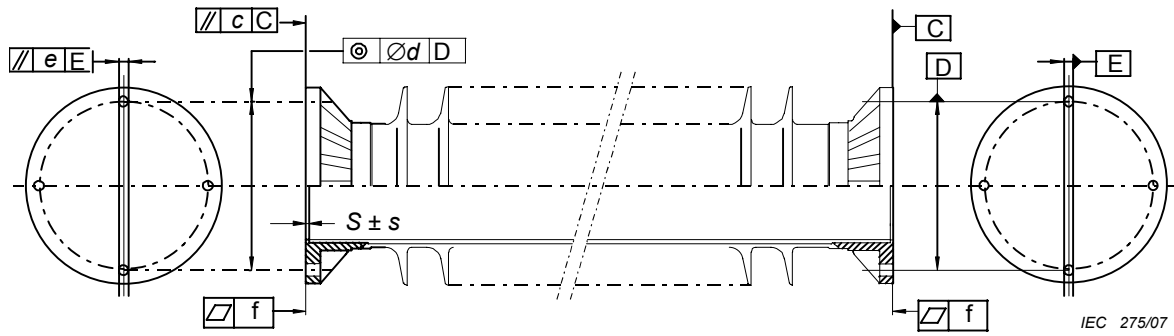
**Figure A.2 – Angular deviation of fixing holes: Example 1**



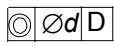
$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta x}{t_k} \right) \text{ where } t_k \text{ is the distance between the centres of two opposite pins.}$$

Tolerance of the deviation:  $\alpha \leq \pm 1^\circ$

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



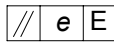
Parallélisme: la face du plan supérieur est parallèle au plan de référence inférieur C dans les tolérances indiquées.



Coaxialité et concentricité: les axes des trous de fixation pour l'installation supérieure doivent se situer à l'intérieur d'un cylindre d'un diamètre indiqué par la valeur numérique.



Régularité : la valeur numérique indique l'irrégularité maximale admissible de la face.

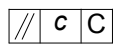
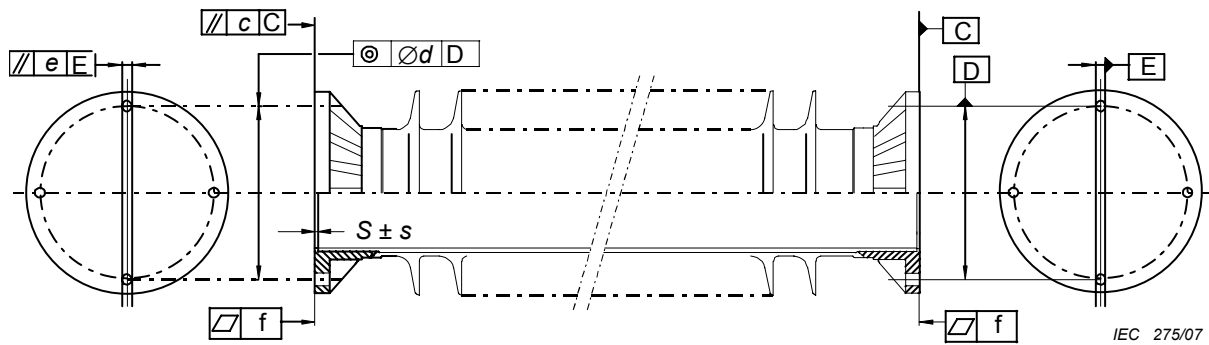


Alignement des trous de fixation: la ligne entre deux axes opposés de trous de l'installation supérieure doit être alignée avec la ligne correspondante de l'installation inférieure avec deux parallèles de distance spécifiée "e".

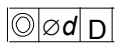
$S \pm s$

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**



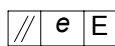
Parallelism: the upper face plane is parallel to the lower reference plane C within the indicated tolerances.



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 fitting faces.

**Figure A.4 – Tolerances according to standard drawing practice**

## **Annexe B** (informative)

### **Recommandations générales pour la conception et la construction**

#### **B.1 Lignes directrices pour la conception**

Les lignes directrices de conception des isolateurs composites creux sous pression pour des équipements haute tension décrits dans cette annexe prennent 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 composite, 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 soignée des matériaux pour le corps isolant est aussi nécessaire. (voir la CEI 62039, comme ligne directrice);
- 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 Lignes directrices concernant la pression maximale 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 Conseils pour les essais sur les échantillons de tube**

Les informations suivantes ont pour but de donner des lignes directrices aux fabricants et aux clients quant aux procédures d'essais permettant de vérifier la qualité des matériaux utilisés pour la fabrication des tubes.

Le spécimen d'essai est prélevé dans les chutes de la fabrication du tube de l'isolateur composite creux.

Au choix une ou deux procédures de la CEI 62217 peuvent être utilisées pour vérifier la qualité des fibres imprégnées des tubes.

- ressuage ;
- pénétration d'eau.

De plus, on pourra contrôler la température minimale de transition vitreuse grâce à la procédure décrite dans la CEI 61006.

NOTE Pour évaluer la performance de l'isolateur complet, il est aussi important de prendre en compte la température de conception minimale de vitrification de la colle utilisée pour l'assemblage ferrures-tube.

## **Annex B** (informative)

### **General recommendations for design and construction**

#### **B.1 Guidance for design**

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 (see IEC 62039, as a guideline);
- 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 on sample testing of tube material**

The following information is intended to guide the manufacturer and user of FRP tubes with a testing procedure to verify the quality of the tube material.

A test specimen is taken from the surplus of the tube from which the composite hollow insulator is manufactured.

One or both of the following methods of IEC 62217 may be used to check the quality of impregnation of the FRP tube:

- dye penetration;
- water diffusion.

In addition, to verify the minimum design value of the glass transition temperature,  $T_g$ , of the FRP tube, the  $T_g$  measurement method described in IEC 61006 can be used.

NOTE To evaluate the performance of the complete insulator, it is relevant to also verify the minimum design value of the  $T_g$  of the glue used to fasten the end fittings onto the FRP tube.

#### **B.4 Lignes directrices concernant la température requise par le fabricant de l'équipement**

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

#### **B.5 Lignes directrices 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 composites, l'importance relative de chacun de ces efforts peut être différente de celle assignée au même effort sur un isolateur creux en céramique équivalent proposé par la CEI 62155.

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

- charges d'extrémité: CEI 62271-100;
- charges dues au vent: CEI 62271-100 et CEI 60694;
- charges dues à la glace: CEI 62271-100 et CEI 60694;
- charges dues au courts-circuits: CEI 60865-2;
- charges dues aux séismes: CEI 61166.

#### **B.4 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.5 Guidance for the mechanical loads required by the equipment manufacturer**

The equipment manufacturer specifies the mechanical loads for the composite hollow 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 ceramic hollow insulators as suggested in IEC 62155.

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

- terminal loads: IEC 62271-100;
- wind loads: IEC 62271-100 and IEC 60694;
- ice loads: IEC 62271-100 and IEC 60694;
- short-circuit loads: IEC 60865-2;
- seismic loads: IEC 61166.

## B.6 Sommaires 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 <sup>a)</sup>	sans <sup>b)</sup>	
7.2.2	Contournement à fréquence industrielle à sec de référence	Electrique, $U_{réf}$	+	+	Essai de conception
7.2.3	Précontrainte thermique-mécanique	CMS, flexion en 4 directions, $\Delta\theta = 85$ K, 2 cycles de 24 h à 48 h	+	+	
7.2.4	Précontrainte d'immersion dans l'eau	Voir CEI 62217	+	+	
7.2.5.2	Onde de choc à front raide	Electrique, choc de 1 000 kV/ $\mu$ 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 .1	Pression interne, étape 1, fuite de gaz	Pression 0,25 $\times$ PIS 60 min, gaz ( $SF_6$ )	+	N/A	
7.2.5.4 .2	Pression interne, étape 2, fuite d'eau	Pression PIS 5 min, eau	+	N/A	
7.3	Essais du matériau d'ailette et d'enveloppe	Voir CEI 62217	+	+	
7.4	Essais sur le matériau de fût	Voir CEI 62217	+	+	
8.4.1.1	Essai de pression interne, étape 3	Pression 2,0 $\times$ PMS pendant 5 min	+	N/A	
8.4.1.2	Essai de pression interne, étape 2	Pression 4,0 $\times$ PMS pendant au moins 5 min	+	N/A	
8.4.1.3	Essai de pression interne, étape 3 (option)	Pression PIS pendant 5 min	+	N/A	
8.5.1.1	Essai de courbure – étape 1	Flexion CMM, $\geq 30$ s	+	+	
8.5.1.2	Essai de courbure – étape 2	Flexion 1,5 $\times$ CMM, $\geq 60$ s	+	+	
8.5.1.3	Essai de courbure – étape 3	Flexion 2,5 $\times$ CMM, $\geq 60$ s	+	+	
8.5.1.4	Essai de courbure – étape 4 (option)	Essai à la rupture	+	+	
9.4.1.1	Essai mécanique, étape 3	Pression 2,0 $\times$ PMS, $\geq 5$ min	+	N/A	Essai sur prélèvements
9.4.1.2	Essai mécanique, étape 3	Flexion CMM, total 90 s, dans quatre directions	+	+	
9.4.1.3	Essai mécanique, étape 3	Flexion 1,5 $\times$ CMM, total 90 s, dans quatre directions	+	+	
9.5	Galvanisation	Voir CEI 60168	+	+	
9.6	Vérification de l'interface entre les extrémités et l'enveloppe	Pénétration du colorant, voir ISO 3452	+	+	
10.3	Essai individuel de pression	Pression 2,0 $\times$ PMS, $\geq 1$ min	+	N/A	Essais individuels
10.4	Essai individuel mécanique	Suivant accord	N/A ou + <sup>c)</sup>	+	
10.5	Essai d'étanchéité	Pression PMS, gaz > 5 min	+	N/A	

a) 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.

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

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

## B.6 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 <sup>a)</sup>	without <sup>b)</sup>	
7.2.2	Reference dry power frequency flashover	Electrical, $U_{ref}$	+	+	Design tests
7.2.3	Thermal mechanical pre-stressing	$0,5 \times$ SML bending in four directions, $\Delta\theta = 85$ K, two 24 h – 48 h cycles	+	+	
7.2.4	Water immersion pre-stressing	See IEC 62217	+	+	
7.2.5.2	Steep-front impulse high voltage	Electrical, 1 000 kV/ $\mu$ s impulse voltage, 25 impulses $\pm$	+	+	
7.2.5.3	Dry power frequency voltage	Electrical, 80 % $U_{ref}$ , 30 min	+	+	
7.2.5.4 .1	Internal pressure – stage 1 – gas leakage	Pressure $0,25 \times$ SIP, at least 60 min, gas ( $SF_6$ )	+	N/A	
7.2.5.4 .2	Internal pressure – stage 2 – water leakage	Pressure SIP 5 min, water	+	N/A	
7.3	Tests on shed and housing material	See IEC 62217	+	+	
7.4	Tests on the tube material	See IEC 62217	+	+	
8.4.1.1	Internal pressure test – stage 1	Pressure $2,0 \times$ MSP for 5 min	+	N/A	
8.4.1.2	Internal pressure test – stage 2.	Pressure $4,0 \times$ MSP for $\geq 5$ min	+	N/A	
8.4.1.3	Internal pressure test – stage 3 (optional)	Pressure SIP for 5 min	+	N/A	
8.5.1.1	Bending test – stage 1	Bending MML, $\geq 30$ s	+	+	
8.5.1.2	Bending test – stage 2	Bending $1,5 \times$ MML, $\geq 60$ s	+	+	
8.5.1.3	Bending test – stage 3	Bending $2,5 \times$ MML, $\geq 60$ s	+	+	
8.5.1.4	Bending test – stage 4 (optional)	Test to failure	+	+	
9.4.1.1	Mechanical test – stage 1	Pressure $2,0 \times$ MSP, $\geq 5$ min	+	N/A	Sample tests
9.4.1.2	Mechanical test – stage 2	Bending MML, total 90 s, in four directions	+	+	
9.4.1.3	Mechanical test – stage 3	Bending $1,5 \times$ MML, total 90 s, in four directions	+	+	
9.5	Galvanizing test	See IEC 60168	+	+	
9.6	Check of the interface between fittings/housing	Dye penetration, see ISO 3452	+	+	
10.3	Routine pressure test	Pressure $2,0 \times$ MSP, $\geq 1$ min	+	N/A	
10.4	Routine mechanical test	By agreement	N/A or <sup>c)</sup>	+	Routine tests
10.5	Routine tightness test	Pressure MSP, gas $> 5$ min	+	N/A	

a) 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.

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

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

Le Tableau B.2 présente une application pratique de valeurs de pression et de charges mécaniques.

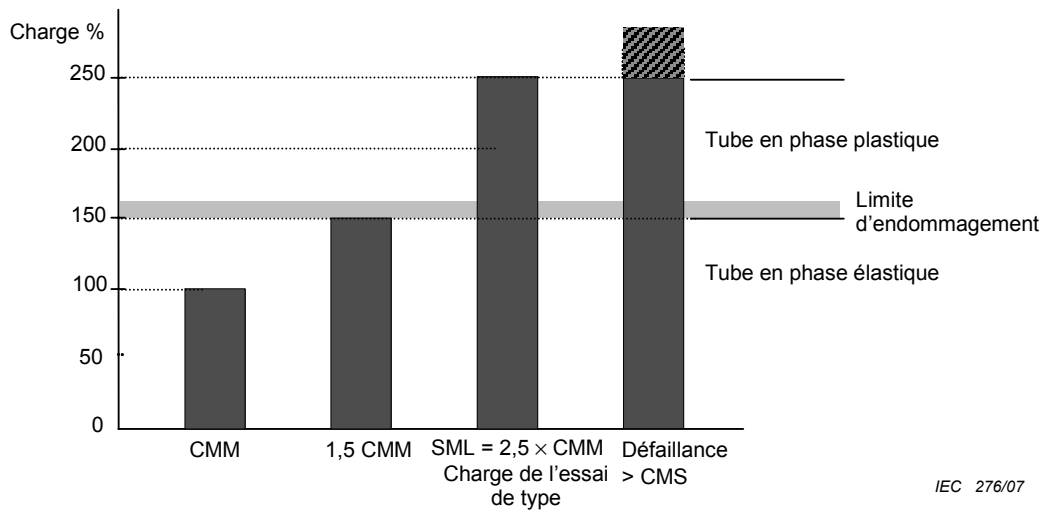
**Tableau B.2 – Exemple de niveaux de pression/flexion – Relation usuelle entre les niveaux**

	Tube en phase
<p><b>Exemples de niveaux</b></p> <p>Pression maximale de service, PMS = 1,00 MPa (conception) Pression interne spécifiée PIS = 4,5 MPa</p> <p>Charge mécanique maximale, CMM = 2 000 N (conception) Charge mécanique spécifiée CMS = 5 000 N</p>	<p>Elastique Plastique</p> <p>Elastique Plastique</p>
<p><b>Essais de conception</b></p> <p><i>Pression</i></p> <p>0,25 × PIS étanchéité gaz = 0,25 × 4,5 = 1,12 MPa 1,0 × PIS étanchéité eau = 1,0 × 4,5 = 4,5 MPa</p> <p><i>Flexion</i></p> <p>0,5 × CMS, 4 directions, Δθ = 85 K, = 0,5 × 5 000 = 2 500 N</p>	<p>Elastique Plastique</p> <p>Elastique</p>
<p><b>Essai de type</b></p> <p><i>Pression</i></p> <p>2,0 × PMS = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa 4,0 × PMS = 4,0 × 1,0 = 4,0 MPa 1,0 × PIS = 1,0 × 4,5 = 4,5 MPa</p> <p><i>Flexion</i></p> <p>1,0 × CMM = 1,0 × 2 000 = 2 000 N 1,5 × CMM = 1,5 × 2 000 = 3 000 N 2,5 × CMM = 2,5 × 2 000 = 5 000 N</p>	<p>Elastique Plastique Plastique</p> <p>Elastique Elastique Plastique</p>
<p><b>Essais sur prélèvements</b></p> <p><i>Pression</i></p> <p>2,0 × PMS = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa</p> <p><i>Flexion</i></p> <p>1,0 × CMM, quatre directions = 1,0 × 2 000 = 2 000 N 1,5 × CMM, quatre directions = 1,5 × 2 000 = 3 000 N</p>	<p>Elastique</p> <p>Elastique Elastique</p>
<p><b>Essais individuels</b></p> <p><i>Pression</i></p> <p>2,0 × PMS = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa 1,0 × PMS étanchéité gaz = 1,0 × 1,0 = 1,0 MPa</p>	<p>Elastique Elastique</p>

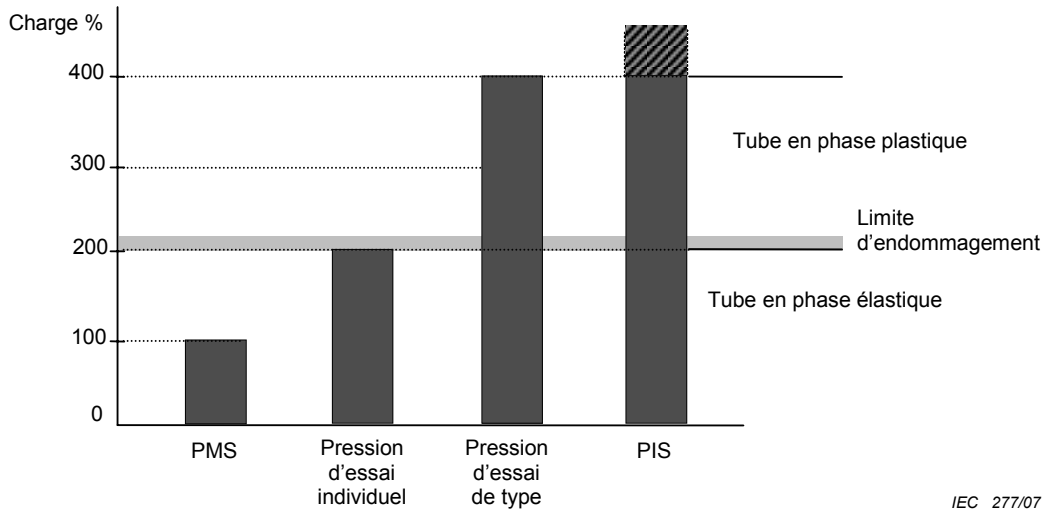
Table B.2 shows a practical application of the values for pressure and mechanical loads.

**Table B.2 – Example of pressure/bending values –  
Practical relationship of the values**

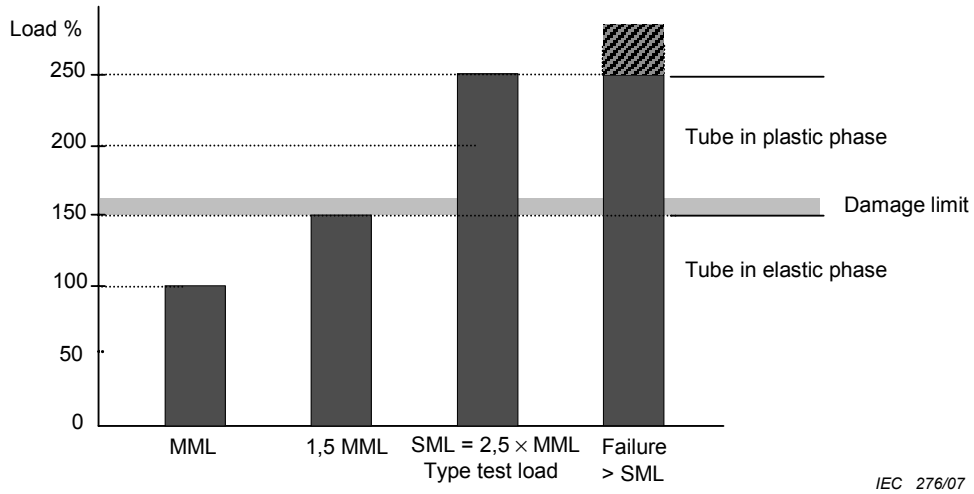
	Tube in phase
<p><b>Example values</b></p> <p>Maximum service pressure MSP = 1,00 MPa (design pressure) Specified internal pressure SIP = 4,5 MPa</p> <p>Maximum mechanical load MML = 2 000 N (design load) Specified mechanical load SML = 5 000 N</p>	Elastic Plastic  Elastic Plastic
<p><b>Design tests</b></p> <p><i>Pressure</i></p> <p>0,25 × SIP gas leakage = 0,25 × 4,5 = 1,12 MPa 1,0 × SIP water tightness = 1,0 × 4,5 = 4,5 MPa</p> <p><i>Bending</i></p> <p>0,5 × SML, four directions, Δθ = 85 K, = 0,5 × 5 000 = 2 500 N</p>	Elastic Plastic  Elastic
<p><b>Type tests</b></p> <p><i>Pressure</i></p> <p>2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa 4,0 × MSP = 4,0 × 1,0 = 4,0 MPa 1,0 × SIP = 1,0 × 4,5 = 4,5 MPa</p> <p><i>Bending</i></p> <p>1,0 × MML = 1,0 × 2 000 = 2 000 N 1,5 × MML = 1,5 × 2 000 = 3 000 N 2,5 × MML = 2,5 × 2 000 = 5 000 N</p>	Elastic Plastic Plastic  Elastic Elastic Plastic
<p><b>Sample tests</b></p> <p><i>Pressure</i></p> <p>2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa</p> <p><i>Bending</i></p> <p>1,0 × MML, four directions = 1,0 × 2 000 = 2 000 N 1,5 × MML, four directions = 1,5 × 2 000 = 3 000 N</p>	Elastic  Elastic Elastic
<p><b>Routine tests</b></p> <p><i>Pressure</i></p> <p>2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa 1,0 × MSP gas tightness = 1,0 × 1,0 = 1,0 MPa</p>	Elastic Elastic



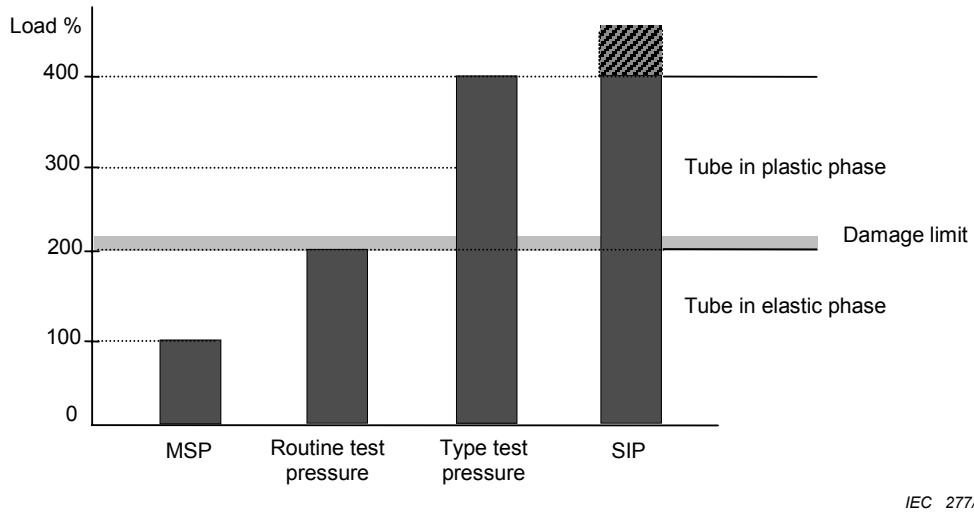
**Figure B.1 – Relation entre les charges de flexion**



**Figure B.2 – Relation entre les pressions**



**Figure B.1 – Relationship of bending loads**



**Figure B.2 – Relationship of pressures**

## Annexe C (informative)

### Principes de la limite d'endommagement et de l'utilisation des déformations réversibles et irréversibles causées par la pression interne et/ou les efforts de flexion sur les isolateurs composites creux

#### C.1 Remarques préliminaires

Le temps nécessaire pour aboutir à la rupture des isolateurs en composites soumis à des charges mécaniques comme un effort de traction, dépend de la valeur de la charge appliquée. Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la charge de rupture de l'isolateur, le temps nécessaire pour aboutir à la rupture diminue. Cependant, l'expérience acquise dans le domaine des isolateurs composites soumis, en service, à des charges mécaniques, a montré qu'il existe une charge sous laquelle les isolateurs ne connaissent pas de dommages et ceci indépendamment du temps d'application de la charge. En effet, pour des charges égales ou inférieures, aucun endommagement n'est observé. Ces résultats ont été confirmés par des essais en laboratoire. Ce niveau de charge est connu comme la limite d'endommagement.

Des jauges de déformations sont utilisées afin de vérifier si, pour une charge donnée appliquée à un isolateur composite creux, il existe un endommagement du tube. On considère que la limite d'endommagement n'est pas atteinte si les déformations résiduelles sont comprises entre  $0 \pm 5\%$  de la valeur maximale des déformations mesurées lors de l'essai. Si les contraintes résiduelles ne sont pas comprises dans cette fourchette, on considère qu'il y a eu endommagement.

#### C.2 Définition

Mesures d'allongement avec des jauges de contrainte selon la Figure C.1 (voir 8.4.1 et 8.4.2).

- Il n'y a pas de dommage et la déformation est réversible si, à la fin de l'essai, lorsque la charge est nulle, l'allongement est aussi  $0 \pm 5\%$  de l'allongement maximal (voir Figure C.2). Dans ce cas, on considère que le tube est en phase élastique.
- Il y a dommages et la déformation est irréversible si, à la fin de l'essai, lorsque la charge est nulle, l'allongement est plus grand que  $0 \pm 5\%$  de l'allongement maximal (voir Figure C.3). Dans ce cas, on considère que le tube est en phase plastique irréversible. Souvent les dommages ne sont pas détectables visuellement.

Les raisons de l'application d'une tolérance de  $\pm 5\%$  de l'allongement maximal est due à la possibilité d'imprécisions découlant de mesures attribuables

- à l'équipement d'essai,
- aux jauges de contrainte,
- à la méthode de la précision et fixation des jauges de contrainte,
- aux mauvais contacts électriques,
- à l'état initial du tube,
- au relâchement de contraintes avec le temps.

#### C.3 Exemple d'évaluation de la tolérance d'élongation

Si l'élongation maximale (100 %) est 2 000  $\mu\text{m}/\text{m}$ , alors:

$$\text{tolérance} = 2\,000 \mu\text{m}/\text{m} \times 5\% = 100 \mu\text{m}/\text{m}$$

NOTE Une valeur supérieure à  $\pm 5\%$  peut être tolérée pour des valeurs de déformation très faibles et peu critiques.

## Annex C (informative)

### Principles of damage limit and use of reversible and irreversible strain caused by internal pressure and/or bending loads on composite hollow insulator tubes

#### C.1 Introductory remarks

It is known that the time to failure of a composite insulator under a mechanical load such as a tension load depends on the load level. As the load approaches the ultimate strength of the insulator, the time to failure is reduced. However, the vast experience gained with composite insulators stressed by mechanical loads in service has shown that there is a load below which the insulator will not fail no matter how long the load is applied because that load does not damage the insulator. These findings are confirmed by laboratory tests. This load level is known as the damage limit.

Strain gauges are used to verify if a given load applied to a composite hollow insulator under test has damaged the tube of the insulator. The damage limit of the tube has not been exceeded when the residual strain is  $0 \pm 5\%$  of the maximum strain measured during the test. If the residual strain is higher, it can be assumed that damage has occurred.

#### C.2 Definition

Strain measurement with strain gauges as shown in Figure C.1 (see 8.4.1 and 8.4.2):

- A reversible process without damage to the tube occurs, if, at the end of the test, the load is zero and the strain is also  $0 \pm 5\%$  of the maximum strain (see Figure C.2). In this case, the tube is considered to be in the elastic phase.
- An irreversible process with damage to the tube occurs, if, at the end of the test, the load is zero and the strain is greater than  $0 \pm 5\%$  of the maximum strain (see Figure C.3). In this case, the tube is considered to be in the irreversible plastic phase. Visible damage may not be apparent.

The reason for applying a tolerance of  $\pm 5\%$  of the maximum strain is due to the possibility that measurement inaccuracies may arise from

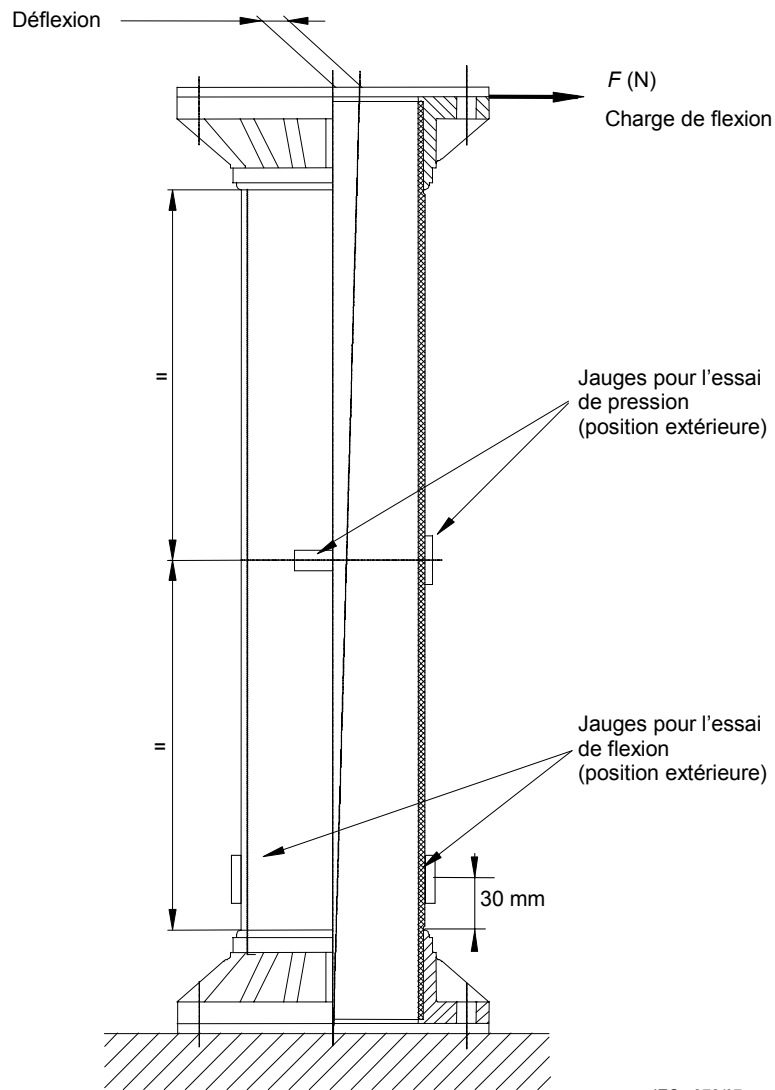
- test equipment inaccuracy;
- strain gauge inaccuracy;
- the method of attachment of accuracy and positioning the strain gauges;
- poor electrical contacts;
- the initial condition of the tube;
- any time-related relaxation.

#### C.3 Example of determining the strain tolerance

If the maximum (100 %) strain is  $2\,000\ \mu\text{m}/\text{m}$ , then

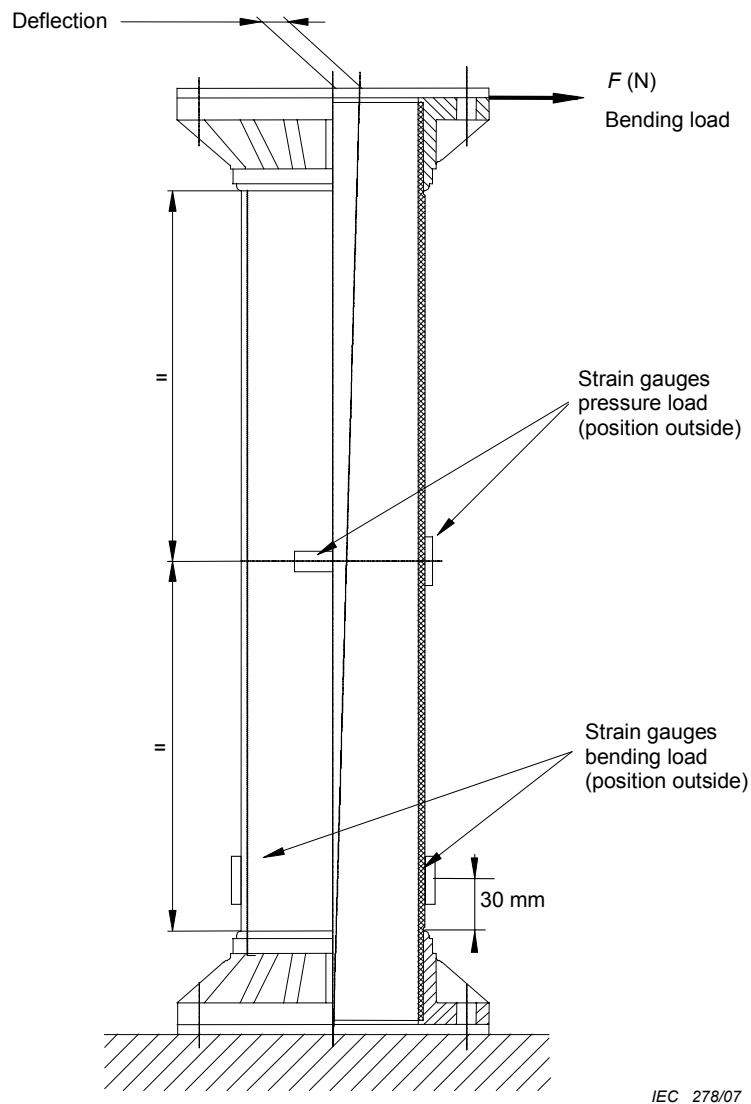
$$\text{tolerance} = 2\,000\ \mu\text{m}/\text{m} \times 5\% = 100\ \mu\text{m}/\text{m}$$

NOTE A larger value than  $\pm 5\%$  may be tolerated for very low, non critical strain values.



IEC 278/07

Figure C.1 – Position des jauges de contrainte pour les essais de pression et de flexion



IEC 278/07

Figure C.1 – Position of strain gauges for pressure load and bending load

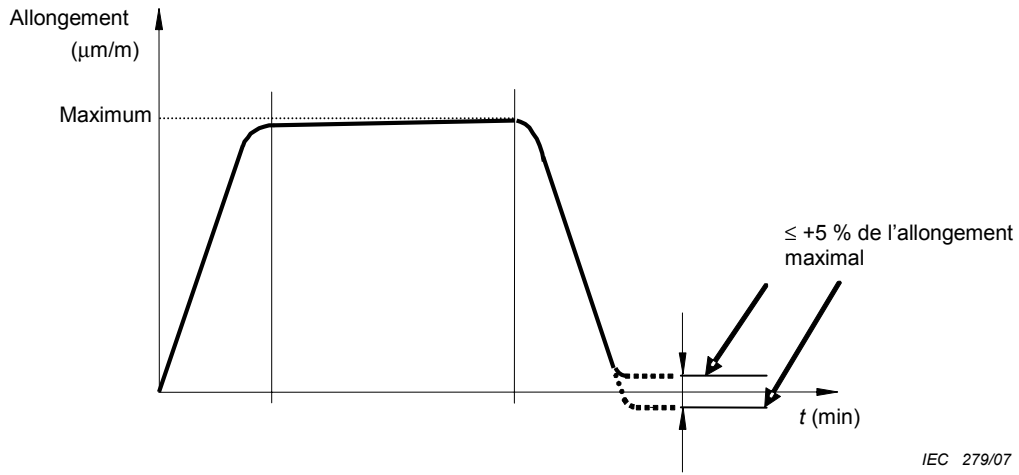


Figure C.2 – Courbe allongement/temps, phase élastique, réversible

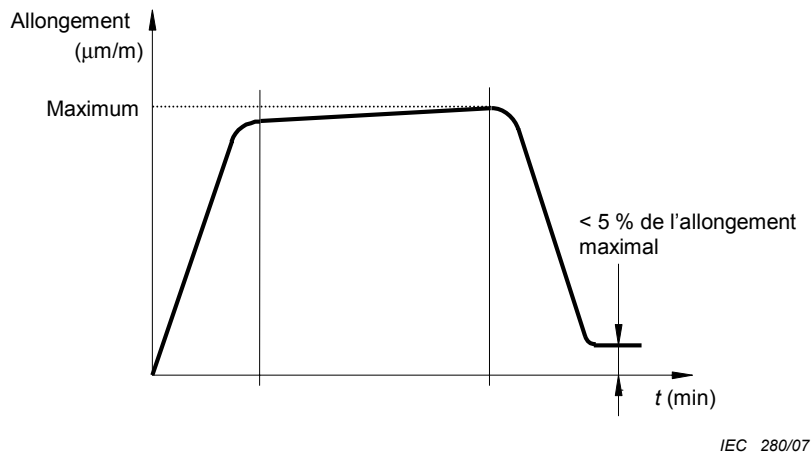
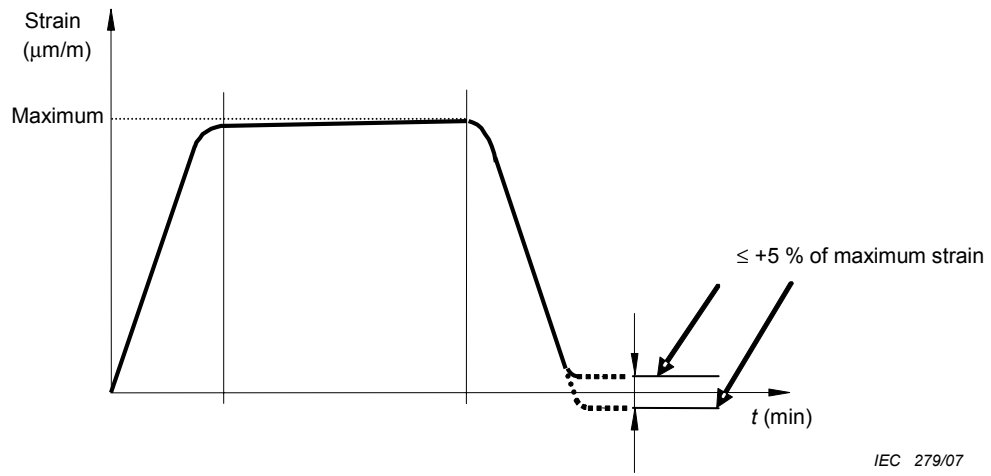
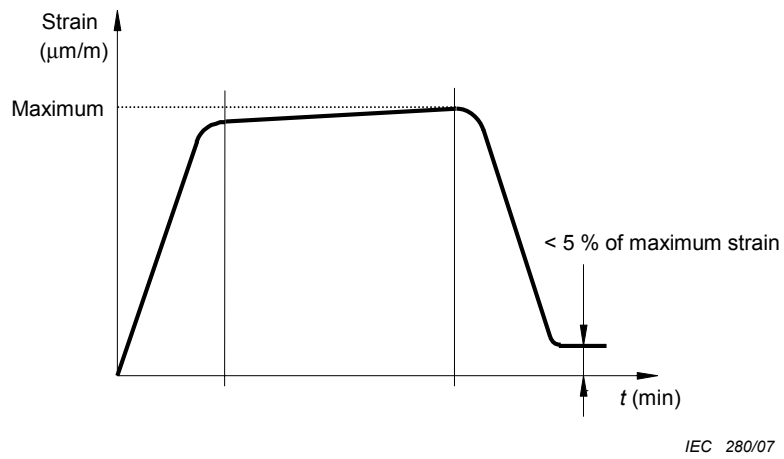


Figure C.3 – Courbe allongement/temps, phase plastique, irréversible, limite d'endommagement



**Figure C.2 – Strain/time curve, reversible elastic phase**



**Figure C.3 – Strain/time curve, irreversible plastic phase, damage limit**

## Bibliographie

CEI 60507, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 60694, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60865-2, *Courants de court-circuit – Calcul des effets*

CEI 61006 :1991, *Matériaux isolants électriques – Méthodes d'essai pour la détermination de la température de transition vitreuse*

CEI 61166:1993, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 62039, *Polymeric materials for outdoor use under HV stress<sup>1</sup>*

CEI 62271-100, *Appareillage à haute tension – Partie 100 : Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

---

---

<sup>1</sup> En préparation.

## Bibliography

IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60865-2, *Short-circuit currents – Calculation of effects*

IEC 61006:1991, *Electrical insulating materials – Methods of test for the determination of the glass transition temperature*

IEC 61166:1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*

IEC 62039, *Polymeric materials for outdoor use under HV stress*<sup>1</sup>

IEC 62271-100, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers*

---

---

<sup>1</sup> In preparation.

ISBN 2-8318-9014-4



9 782831 890142

---

**ICS 29.080.10**

---