

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60438**

Première édition
First edition
1973-01

**Essais et dimensions des isolateurs
pour hautes tensions continues**

**Tests and dimensions for high-voltage
d.c. insulators**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60438: 1973

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60438**

Première édition
First edition
1973-01

**Essais et dimensions des isolateurs
pour hautes tensions continues**

**Tests and dimensions for high-voltage
d.c. insulators**

© IEC 1973 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

G

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE.	4

SECTION UN — INTRODUCTION

Articles

1. Objet	6
2. Domaine d'application	6

SECTION DEUX — ESSAIS

3. Généralités	6
4. Essai au choc de foudre.	6
5. Essai au choc de manœuvre	8
6. Essai de pollution	8
7. Essai de surtension sous pluie	10
8. Essai de perforation	10
9. Essai de perturbations radioélectriques	10

SECTION TROIS — DIMENSIONS

10. Ligne de fuite	12
11. Autres dimensions	12

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — INTRODUCTION

Clause

1. Object	7
2. Scope	7

SECTION TWO — TESTS

3. General	7
4. Lightning impulse test	7
5. Switching impulse test	9
6. Pollution test.	9
7. Wet overvoltage test	11
8. Puncture test	11
9. Radio interference test	11

SECTION THREE — DIMENSIONS

10. Creepage distance.	13
11. Other dimensions	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS ET DIMENSIONS DES ISOLATEURS
POUR HAUTES TENSIONS CONTINUES**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes N° 36 de la C E I: Isolateurs.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Téhéran en 1969. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 36(Bureau Central)45, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1971.

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

Afrique du Sud	Norvège
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Pologne
Corée (République démocratique populaire de)	Portugal
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Iran	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Japon	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TESTS AND DIMENSIONS
FOR HIGH-VOLTAGE D.C. INSULATORS**

FOREWORD

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

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 36: Insulators.

A first draft was discussed at the meeting held in Tehran in 1969. As a result of this meeting, a final draft, document 36(Central Office)45, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Norway
Czechoslovakia	Poland
Denmark	Portugal
France	South Africa
Germany	Sweden
Iran	Switzerland
Israel	Turkey
Italy	Union of Soviet
Japan	Socialist Republics
Korea (Democratic People's	United Kingdom
Republic of)	United States of America
Netherlands	

ESSAIS ET DIMENSIONS DES ISOLATEURS POUR HAUTES TENSIONS CONTINUES

SECTION UN — INTRODUCTION

1. Objet

Le présent rapport fait état des connaissances actuelles sur la question des dimensions et des essais des isolateurs pour hautes tensions continues. Le rapport doit être considéré comme une première étape du travail à accomplir avant de publier une recommandation sur ce sujet, et il peut constituer une base pour des études ultérieures.

Note. — La corrosion et d'autres effets de vieillissement dus au courant continu peuvent être particulièrement importants. Cependant, au stade actuel il semble prématuré d'introduire des essais concernant ces effets.

2. Domaine d'application

Toutes les considérations présentées ci-après sont applicables aux isolateurs soumis dans des conditions normales à une tension continue pouvant présenter une ondulation inférieure à 5 % de la valeur moyenne de cette tension.

SECTION DEUX — ESSAIS

3. Généralités

Les modalités de montage et d'essai spécifiées dans les publications suivantes sont applicables : Publication 137 de la C E I (1962) : Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V ; Publication 168 de la C E I (1964) : Essais des supports isolants et éléments de colonnes d'intérieur et d'extérieur, destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V ; Publication 383 de la C E I (1972) : Essais des isolateurs en matière céramique ou en verre destinés aux lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V.

4. Essai au choc de foudre

Pour définir le comportement d'un isolement en courant continu à haute tension sous une décharge due à la foudre, un essai de tenue au choc de foudre à sec est nécessaire.

L'onde de choc de foudre doit être l'onde normale 1,2/50.

Les commentaires suivants peuvent être faits sur cet essai :

Grâce aux propriétés remarquables des redresseurs (pour éliminer les défauts), le temps d'élimination des défauts dans des réseaux en courant continu peut être rendu très bref. De plus, les courants de suite peuvent être maîtrisés par les convertisseurs et maintenus à des valeurs très faibles. Cela réduira le risque d'être endommagé par l'arc, risque que courent le matériel d'équipement et spécialement les isolateurs.

TEST AND DIMENSIONS FOR HIGH-VOLTAGE D.C. INSULATORS

SECTION ONE — INTRODUCTION

1. Object

This report summarizes the present knowledge on the problem of dimensions and tests for high-voltage d.c. insulators. The report is to be considered as a first stage of the work to be done before a recommendation on this subject can be issued, and may serve as a basis for further studies.

Note. — Corrosion and other ageing effects due to the direct current may be particularly important. However, it seems premature at the present stage to introduce tests for these effects.

2. Scope

All the considerations which are summarized below apply to insulators normally energized by direct voltage with a ripple of less than 5% of the mean voltage.

SECTION TWO — TESTS

3. General

Mounting arrangements and test procedures given in I E C Publication 137 (1962): Bushings for Alternating Voltages above 1 000 V; I E C Publication 168 (1964): Tests on Indoor and Outdoor Post Insulators for Systems with Nominal Voltages Greater than 1 000 V; I E C Publication 383 (1972): Tests on Insulators of Ceramic Material or Glass for Overhead Lines with a Nominal Voltage Greater than 1 000 V, are applicable.

4. Lightning impulse test

To define the lightning performance of high-voltage d.c. insulation, a dry impulse withstand test is necessary.

The lightning impulse shall be the 1.2/50 standard impulse.

The following comments are made on this test:

Due to the favourable fault-clearing properties of rectifiers, the fault-clearing time can be made very short in d.c. systems. Furthermore, the follow currents can be controlled by the converters and kept to very low values. This will reduce the risk of equipment, especially insulators, being damaged by the arc.

Une probabilité relativement élevée de contournement dû à des surtensions de foudre peut donc être acceptable pour des lignes à haute tension continue et, par conséquent, des niveaux relativement faibles d'isolement au choc de foudre peuvent être spécifiés.

5. Essai au choc de manœuvre

Un essai au choc de manœuvre à sec pour des installations intérieures, et sous pluie pour des installations d'extérieur, est jugé nécessaire pour les tensions continues égales ou supérieures à ± 250 kV. L'onde de choc de manœuvre peut être l'onde normale $250 \pm 50/2$ 500 ± 1 500.

Note. — Si on estime que la forme d'onde normalisée est inadaptée ou incorrecte, l'onde $500 \pm 100/2$ 500 ± 1 500 peut être utilisée.

Les commentaires suivants peuvent être faits sur cet essai :

Les contraintes dues aux surtensions de manœuvre dans les réseaux à haute tension en courant continu sont relativement faibles si on les compare à celles que l'on trouve dans les réseaux à haute tension en courant alternatif. En fait, si aucun défaut ne se produit sur l'équipement convertisseur, on peut charger la ligne sans à-coups en faisant varier l'angle de contrôle de la grille de commande des redresseurs de sorte qu'en pratique aucune surtension ne se produit (les valeurs maximales de ces surtensions devraient être à peu près de 1,1 fois la tension de service normale, en courant continu, du réseau).

Couper la ligne ne produit pratiquement pas non plus de surtensions de manœuvre.

Si des défauts se produisent dans l'équipement convertisseur, on peut rencontrer des surtensions de manœuvre allant jusqu'à environ 1,4 à 1,5 p.u. ; seuls quelques cumuls très improbables de défauts, qui ne devraient pas être pris en considération lorsque l'on étudie une isolation autoregénératrice, pourraient produire des valeurs de surtensions de manœuvre allant jusqu'à environ 1,8 à 2 p.u.

On doit faire remarquer que dans le cas des lignes bipolaires, un niveau de surtension de manœuvre d'environ 1,8 p.u. peut être atteint sur l'un des conducteurs lorsqu'un défaut « ligne-terre » se produit sur l'autre, la surtension ayant pour origine un couplage mutuel entre les conducteurs. Cependant, on considère que ce cas devrait être résolu en limitant les surtensions du réseau plutôt qu'en augmentant le niveau d'isolement.

Pour toutes ces raisons, des niveaux de choc de manœuvre ne dépassant pas 1,5 à 1,7 fois la tension de service normal peuvent être prescrits pour des isolateurs destinés à être utilisés dans des réseaux en courant continu.

6. Essai de pollution

La tenue à la tension de service normale sous pollution devient une caractéristique très importante pour un isolement à haute tension en courant continu, et par conséquent un essai de pollution à la tension maximale de service en courant continu doit être considéré comme d'importance fondamentale.

Au stade actuel des techniques de laboratoire, l'introduction d'un essai de pollution en courant continu semble être prématuré. En attendant l'introduction d'un essai de pollution satisfaisant en courant continu, l'essai de pollution en courant alternatif peut donner quelques indications pour les isolateurs destinés à être employés dans des réseaux à haute tension en courant continu dans des zones polluées ; si on effectue un essai en courant alternatif, on peut suggérer d'utiliser une tension d'essai de valeur efficace égale à la tension de service en courant continu. De plus, des caractéristiques peuvent être spécifiées pour la longueur de la ligne de fuite.

A relatively high flashover probability in respect of lightning overvoltages may therefore be acceptable for high-voltage d.c. systems and, as a consequence, relatively low lightning impulse insulation levels may be specified.

5. Switching impulse test

A switching impulse test, dry for indoor and wet for outdoor installations, is considered necessary for d.c. voltage levels equal to or higher than ± 250 kV. The switching impulse could be the $250 \pm 50 / 2\ 500 \pm 1\ 500$ standard impulse.

Note. — In cases when the standard impulse alone is not considered to be appropriate or adequate, the $500 \pm 100 / 2\ 500 \pm 1\ 500$ impulse may be used.

The following comments are made on this test:

The switching-surge stresses in high-voltage d.c. systems are relatively low compared with the switching-surge stresses in high-voltage a.c. systems. Actually, if no fault occurs on the converting equipment, line energizing can be done very smoothly by variation of the control angle of the grid-control rectifiers, so that in practice no overvoltage will occur (the maximum values of these overvoltages should be about 1.1 times the normal d.c. operating voltage of the system).

Also line de-energizing does not produce switching overvoltage in practice.

If faults occur in the converting equipment, switching overvoltages up to approximately 1.4 to 1.5 p.u. can be met; only some most unlikely combination of faults, which should not be considered in designing self-restoring insulation, would produce higher switching surge values, up to approximately 1.8 to 2 p.u.

It should be pointed out that in the case of bipolar lines, a switching overvoltage level of approximately 1.8 p.u. may be reached on one conductor when a line-to-ground fault occurs on the other, due to mutual coupling between the conductors. However, it is considered that this case should be solved by limiting system overvoltages rather than by increasing the insulation level.

For all these reasons, switching impulse levels not higher than 1.5 to 1.7 times the normal operating voltage may be laid down for insulators intended to be used on d.c. systems.

6. Pollution test

The requirement to withstand normal service voltage under polluted conditions is normally very important for high-voltage d.c. insulation and therefore a pollution test at maximum d.c. operating voltage is to be considered of fundamental importance.

At the present stage of laboratory techniques, the introduction of a d.c. pollution test appears to be premature. Until a satisfactory d.c. pollution test is introduced, the a.c. pollution test may give some guidance for insulators to be used on high-voltage d.c. systems in polluted areas; if an a.c. test is used, an r.m.s. test voltage equal to the d.c. service voltage may be suggested. In addition, requirements for the creepage distance may be specified.

7. Essai de surtension sous pluie

La bonne tenue de l'isolateur sous pollution est principalement fonction de la longueur de la ligne de fuite et de quelques caractéristiques de forme des isolateurs tandis que la bonne tenue sous pluie dépend de différentes caractéristiques comme les distances d_h et d_v telles qu'elles sont définies dans la Publication 305 (1969) de la C E I : Caractéristiques des éléments de chaînes d'isolateurs du type capot et tige. C'est pourquoi lorsqu'aucun essai au choc de manœuvre sous pluie n'est prescrit, comme dans le cas des tensions de réseau inférieures à ± 250 kV, un essai de surtension sous pluie est jugé nécessaire pour définir le comportement des isolateurs sous pluie aussi bien pour la tension de service normale que pour des surtensions entretenues.

Dans la mesure où il s'agit de surtensions entretenues, les informations rassemblées semblent indiquer des niveaux d'environ 1,3 à 1,4 p. u. et des durées inférieures à 1 s si on néglige les surtensions qui n'ont aucun intérêt pratique pour l'étude des isolations autorégénératrices.

Les surtensions entretenues sont généralement un mélange de tensions continues et de tensions alternatives avec quelquefois des harmoniques.

Bien que l'on ne connaisse pas encore parfaitement le comportement des isolateurs vis-à-vis de ces surtensions, il apparaît que l'essai de tenue sous pluie du type traditionnel d'une minute en courant alternatif devrait être satisfaisant (et ce point de vue est probablement pessimiste) si la valeur efficace de la tension appliquée est égale à 1,4 à 1,5 fois la tension maximale de service en courant continu du réseau.

C'est pourquoi, pour les isolateurs destinés à être employés sur des réseaux en courant continu de tensions inférieures à ± 250 kV, il est suggéré de leur faire subir soit un essai de tenue sous pluie d'une minute sous une tension alternative dont la valeur efficace est de 1,4 à 1,5 fois la tension de service maximale du réseau, soit un essai similaire.

Pour des réseaux de tensions plus élevées, cet essai n'est très probablement pas nécessaire puisque l'essai au choc de manœuvre sous pluie couvre aussi bien les contraintes relatives aux surtensions entretenues que celles dues à la tension de service normale sous pluie.

8. Essai de perforation

Il est admis que l'essai habituel de perforation sous une tension alternative pourrait être également conservé pour les isolateurs destinés aux hautes tensions continues; un essai de perforation sous une tension continue pourrait être pris en considération pour des objets ayant une capacité particulièrement élevée, par exemple les traversées.

9. Essai de perturbations radioélectriques

Le niveau des perturbations radioélectriques d'un isolateur propre soumis à une tension continue est inférieur au niveau des perturbations radioélectriques du même isolateur soumis à une tension alternative ayant une valeur de crête égale à la tension continue.

Le circuit de mesure et les méthodes d'essais utilisées pour les essais de perturbations radioélectriques en courant alternatif peuvent aussi être utilisés pour le courant continu, mais l'essai ne semble pas être important.

Pour ce qui concerne les perturbations radioélectriques, on a peu d'informations relatives à l'influence de la pollution sur le comportement des isolateurs soumis à une haute tension continue et d'autres études sont nécessaires pour définir des essais de perturbations radioélectriques sous pollution.

7. Wet overvoltage test

The insulator performance under polluted conditions is mainly related to the creepage distance and to some shape characteristics of insulators, while the performance in rain depends on different characteristics, such as the distances d_h and d_v as defined in I E C Publication 305 (1969): Characteristics of String Insulator Units of the Cap and Pin Type. Therefore, when no switching impulse wet test is laid down, as is the case for system voltages lower than ± 250 kV, a wet overvoltage test is considered necessary to characterize the performance of insulators in rain at normal service voltage as well as in respect of sustained overvoltages.

As far as sustained overvoltages are concerned, the information collected seems to indicate overvoltage levels of about 1.3 to 1.4 p.u. and durations less than 1 s if overvoltages which are of no practical interest for the purpose of designing self-restoring insulation are neglected.

Sustained overvoltages are generally a mixture of d.c., a.c. and sometimes of harmonics.

Although the insulator performance in respect of these overvoltages is not yet completely known, it appears that the traditional a.c. one-minute wet withstand test should be satisfactory (and most likely on the conservative side), if the r.m.s. value of the applied voltage is taken equal to 1.4 to 1.5 times the maximum operating d.c. voltage of the system.

For these reasons, an a.c. one-minute wet withstand test with an r.m.s. voltage 1.4 to 1.5 times the maximum operating voltage of the system or a similar test is provisionally suggested for insulators intended to be used on d.c. systems with operating voltages less than ± 250 kV.

For higher system voltages, this test is most probably not necessary, since the switching impulse wet test would also cover the requirements related to sustained overvoltages as well as to the normal service voltage under rain conditions.

8. Puncture test

It is considered that the usual a.c. voltage puncture test could be maintained also for high-voltage d.c. insulators; a d.c. voltage puncture test may be considered for special high capacitance objects, for example bushings.

9. Radio interference test

The level of radio interference (R.I.) from a clean insulator energized by d.c. voltage is less than the R.I. level from the same insulator energized by an a.c. voltage with a peak value equal to the d.c. voltage.

The measuring circuit and test methods used for R.I. tests at a.c. can also be used at d.c., but the test is not likely to be important.

Little is known about the effect of pollution on the R.I. performance of insulators energized at high-voltage d.c., and R.I. tests under polluted conditions need further study.

SECTION TROIS — DIMENSIONS

10. Ligne de fuite

Etant donné que les exigences concernant les tenues aux chocs de foudre et de manœuvre (c'est-à-dire, celles qui dépendent principalement de la longueur de l'isolateur) sont en général moins sévères pour les isolateurs destinés au courant continu à haute tension que pour les isolateurs destinés au courant alternatif à haute tension, les exigences relatives à la tenue sous pollution (c'est-à-dire celles relatives à la longueur de la ligne de fuite) prennent une importance relativement plus grande pour des isolateurs destinés au courant continu à haute tension.

Il apparaît donc avantageux pour des réseaux en courant continu d'employer des isolateurs ayant des longueurs de ligne de fuite relativement grandes afin de maintenir dans la mesure du possible les longueurs des isolateurs dans les limites déterminées par les autres essais.

En première approximation, on considère que la valeur spécifiée du rapport entre la longueur de la ligne de fuite d'un isolateur et la longueur¹⁾ de cet isolateur pourrait être de 2,5 à 3 mm/mm. Cette valeur tient compte des possibilités actuelles des fabricants.

11. Autres dimensions

Même en spécifiant des lignes de fuite plus longues, les autres dimensions des isolateurs en courant continu devraient dans la mesure du possible être les mêmes que celles déjà normalisées pour les isolateurs destinés au courant alternatif.

¹⁾ La longueur correspond au pas dans le cas des éléments de chaînes d'isolateurs et à la distance minimale dans l'air entre les parties métalliques de l'isolateur pour tous les autres types d'isolateurs.