

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC REPORT

Publication 507

Première édition - First edition

1975

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

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



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

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

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

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

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

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

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

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

Revision of this publication

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

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

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

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

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

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC REPORT

Publication 507

Première édition - First edition

1975

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

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



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
SECTION UN — INTRODUCTION	
1. Objet	8
2. Généralités	8
SECTION DEUX — ESSAIS	
3. Domaine d'application	10
4. Disposition de l'isolateur en vue de l'essai	10
5. Tension d'essai	10
SECTION TROIS — MÉTHODE DU BROUILLARD SALIN	
6. Définitions	12
7. Solution saline	12
8. Système de pulvérisation	16
9. Modalités d'essai	16
10. Préconditionnement de l'isolateur	18
11. Essai de tenue	18
SECTION QUATRE — MÉTHODE DE LA COUCHE SOLIDE	
12. Définitions	18
13. Nettoyage	18
14. Application de la couche de pollution	18
14.1 Mélange à utiliser pour le procédé a)	20
14.2 Mélange à utiliser pour le procédé b)	20
15. Humidification de la couche de pollution	22
16. Mesure de la conductance de la couche	22
17. Détermination de la conductivité de la couche	24
18. Modalités d'essai	24
18.1 Procédé a)	24
18.2 Procédé b)	24
19. Essai de tenue	24
SECTION CINQ — CARACTÉRISTIQUES DE TENUE DES ISOLATEURS	
20. Détermination des caractéristiques de tenue des isolateurs	26
20.1 Détermination de la salinité maximale tenue à une tension donnée	26
20.2 Détermination de la tension maximale tenue à une conductivité de référence donnée de la couche	26
21. Caractéristiques de tenue d'isolateurs de suspension pris comme référence	30
SECTION SIX — LOIS DE COMPORTEMENT DES ISOLATEURS	
22. Lois de comportement	30
SECTION SEPT — REMARQUES TECHNIQUES	
23. Source de tension d'essai pour les essais sous pollution artificielle	30
24. Méthode de preconditionnement	32
25. Caractéristiques de la pollution d'un isolateur	32
26. Accessoires et contraintes capacitatives	32
FIGURES	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
SECTION ONE — INTRODUCTION	
1. Object	9
2. General	9
SECTION TWO — TESTS	
3. Scope	11
4. Arrangement of insulator for test	11
5. Test voltage	11
SECTION THREE — SALT-FOG METHOD	
6. Definitions	13
7. Salt solution	13
8. Spraying system	17
9. Test procedures	17
10. Preconditioning process	19
11. Withstand test	19
SECTION FOUR — SOLID-LAYER METHOD	
12. Definitions	19
13. Cleaning	19
14. Application of the pollution layer	19
14.1 Composition to be used with procedure a)	21
14.2 Composition to be used with procedure b)	21
15. Wetting of the pollution layer	23
16. Measurement of the layer conductance	23
17. Determination of the layer conductivity	25
18. Test procedures	25
18.1 Procedure a)	25
18.2 Procedure b)	25
19. Withstand test	25
SECTION FIVE — WITHSTAND CHARACTERISTICS OF INSULATORS	
20. Determination of withstand characteristics of insulators	27
20.1 Determination of the maximum withstand salinity at a given applied voltage	27
20.2 Determination of the maximum withstand voltage at a given reference layer conductivity	27
21. Withstand characteristics of reference suspension insulators	31
SECTION SIX — LAWS OF BEHAVIOUR OF INSULATORS	
22. Laws of behaviour	31
SECTION SEVEN — TECHNICAL REMARKS	
23. Test voltage source for artificial pollution tests	31
24. Preconditioning process	33
25. Insulator pollution characteristics	33
26. Fittings and capacitive stress control	33
FIGURES	34

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS SOUS POLLUTION ARTIFICIELLE DES ISOLATEURS POUR HAUTE TENSION DESTINÉS AUX RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Téhéran en 1969. A la suite de cette réunion, le projet, document 36(Bureau Central)43, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1971.

Trois votes négatifs ayant été formulés, un projet de modifications, document 36(Bureau Central)52, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en novembre 1972.

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

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Norvège
Australie	Pologne
Corée (République démocratique populaire de)	Portugal
Etats-Unis d'Amérique	Roumanie
Finlande	Royaume-Uni
France	Suisse
Iran	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie

Le Comité national danois a émis un vote négatif parce qu'il estime que le rapport ne comprend pas d'informations suffisantes pour permettre à l'utilisateur:

- de choisir la méthode d'essai la plus appropriée pour une certaine condition de service;
- d'évaluer le comportement de l'isolateur en s'appuyant sur les résultats des essais.

Le Comité national de l'U.R.S.S. a émis un vote négatif parce qu'il estime qu'un certain nombre de méthodes pratiques d'essai, proposées dans ce rapport, conduisent à des résultats essentiellement différents. Pour l'instant, selon l'opinion du Comité national de l'U.R.S.S., le rapport devrait indiquer seulement les méthodes générales pour effectuer les essais et pour contrôler les paramètres fondamentaux des modalités d'essai.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ARTIFICIAL POLLUTION TESTS ON HIGH-VOLTAGE INSULATORS
TO BE USED ON A.C. SYSTEMS**

FOREWORD

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

PREFACE

This 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, the draft, document 36(Central Office)43, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1971.

Since three votes were received against publication, an amendment draft, document 36(Central Office)52, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in Novembre 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Norway
Czechoslovakia	Poland
Finland	Portugal
France	Romania
Germany	South Africa (Republic of)
Iran	Switzerland
Israel	Turkey
Italy	United Kingdom
Korea (Democratic People's Republic of)	United States of America

The Danish National Committee cast a negative vote because it considered that the report does not include sufficient information to enable the user to:

- select the most appropriate test method for a given service condition;
- evaluate the performance of the insulator on the basis of the test results.

The U.S.S.R. National Committee cast a negative vote because it felt that a number of the practical test methods proposed in the present report lead to essentially different results. At the present time, in the opinion of the U.S.S.R. National Committee, the report should give only the general methods for carrying out the tests and for controlling the main parameters in the test procedures.

On désire ici attirer l'attention des laboratoires qui utiliseront les méthodes d'essais présentées dans le présent rapport sur le fait qu'il est important de poursuivre de nouvelles études sur certains points, dont on donne ci-après une liste non limitative:

- effet des caractéristiques de la source de la tension d'essai (courant de court-circuit, rapport résistance/réactance) sur les résultats des essais sous pollution artificielle (article 5);
- effet de l'uniformité de la couche sur les résultats obtenus par les méthodes de la couche solide; opportunité de spécifier des tolérances pour la vérification de l'uniformité, et possibilité de normaliser les techniques de mesure pour contrôler cette uniformité (article 14, note 1);
- effet de l'emploi d'autres méthodes d'application de la couche solide sur la surface de l'isolateur (article 14, note 2), par exemple le procédé de pollution liquide prédéposée;
- opportunité de spécifier, pour les suspensions polluantes utilisées avec les méthodes de la couche solide, des compositions caractérisées par des matériaux bien définis du point de vue physique et chimique (paragraphes 14.1 et 14.2);
- effet de la méthode d'humidification sur les résultats des essais effectués suivant le procédé a) (article 15, notes 1 et 2);
- détérioration de la couche solide au cours d'un essai, et possibilité d'utiliser la même couche pour plusieurs essais consécutifs (paragraphes 18.1 et 20.2);
- effet de la vitesse de montée de la tension appliquée quand on utilise les méthodes de la couche solide (paragraphes 18.1 et 18.2).

Un questionnaire sera diffusé deux ans après la publication du présent rapport pour évaluer les résultats obtenus dans l'application des méthodes d'essais indiquées dans le rapport et pour permettre au Comité d'Etudes N° 36 de décider de l'avenir de la publication.

Attention of the laboratories which will utilize the test methods given in this report is drawn to the importance of carrying out further investigation on some points, which are partially listed here:

- effect of the test voltage source characteristics (short-circuit current, ratio resistance/reactance) on the results of artificial pollution tests (Clause 5);
- effect of the uniformity of the layer on the results obtained with the solid-layer methods; it is opportune to specify tolerances within which the uniformity shall be verified and it is possible to standardize measuring techniques to check this uniformity (Clause 14, Note 1);
- effect of using other procedures for applying the solid pollution layer on the insulator surface (Clause 14, Note 2), for instance the flow coating procedures;
- it is opportune to specify, for the polluting suspensions used with the solid-layer methods, compositions characterized by physically and chemically well-defined materials (Sub-clauses 14.1 and 14.2);
- effect of the wetting method on the results of tests performed with procedure a) (Clause 15, Notes 1 and 2);
- deterioration of the solid layer during a test and possibility of using the same layer during successive tests (Sub-clauses 18.1 and 20.2);
- effect of the rate-of-rise of the applied voltage when using the solid-layer test procedures (Sub-clauses 18.1 and 18.2).

A questionnaire will be circulated two years after publication of this report for the evaluation of the results achieved by applying the test method given in the report, in order to enable Technical Committee No. 36 to decide on the future of the publication.

ESSAIS SOUS POLLUTION ARTIFICIELLE DES ISOLATEURS POUR HAUTE TENSION DESTINÉS AUX RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF

SECTION UN — INTRODUCTION

1. Objet

Le comportement des isolateurs sous pollution est très souvent le facteur décisif pour déterminer le type d'isolateurs à utiliser et ses dimensions.

Ce rapport présente des propositions concernant des essais sous pollution artificielle applicables aux isolateurs pour lignes aériennes, aux isolateurs pour sous-stations ainsi qu'aux traversées. L'objet du rapport est de diffuser les détails de quelques méthodes fondamentales d'essais pour recueillir plus d'expérience afin de vérifier si ces essais ou quelques-uns d'entre eux sont aptes à être inclus comme essais de type dans d'éventuelles futures publications.

2. Généralités

Les méthodes d'application de la pollution qui ont été mises au point à travers le monde peuvent être classées dans deux grandes catégories : l'une consiste à placer l'isolateur dans un environnement spécifié, et l'autre consiste à essayer de créer sur l'isolateur une couche assez uniforme de pollution solide ayant une conductivité définie.

Il est possible de proposer des essais pour chacune de ces deux catégories.

Les seules méthodes d'essais acceptables pour une normalisation sont celles qui prévoient que la tension est maintenue constante pendant au moins quelques minutes. D'autres méthodes qui prévoient que la tension est augmentée graduellement jusqu'au contournement ne sont pas proposées pour une normalisation mais peuvent être utilisées dans des cas spéciaux.

L'action simulée d'un autonettoyage par la pluie pourrait être ajoutée comme modification à chacune des techniques d'essais, mais il est considéré que cette technique ne devrait pas être incluse dans ces propositions, dans l'attente d'autres informations.

2.1 Pour la première catégorie des méthodes d'application de la pollution, l'essai sous brouillard salin est proposé. Pour cet essai, l'isolateur, soumis à la tension de service, est placé dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité de l'essai.

Pour la seconde catégorie, il existe plusieurs variantes possibles, mais, dans tous les cas, la couche de pollution est appliquée avant l'essai, par exemple par trempage ou par pulvérisation. La couche de pollution peut soit garder l'humidité, soit être humidifiée par un brouillard ou de l'eau pulvérisée; la conductivité de la couche détermine la sévérité de l'essai. Deux variantes fondamentales sont proposées dans cette catégorie, l'une utilisant une couche séchée puis humidifiée avec un brouillard non polluant, l'autre utilisant une couche contenant de l'eau. D'autres variantes sont aussi considérées, mais avec moins de détails.

2.2 L'importance des différences entre les deux catégories d'essais sous pollution artificielle et la mesure dans laquelle ces essais sont capables de reproduire les phénomènes effectivement rencontrés en service seront déterminées par comparaison avec des résultats d'essais sous pollution naturelle.

La validité de chacune des deux catégories d'essais sous pollution artificielle est encore en cours d'examen. Une certaine corrélation a déjà été démontrée, en particulier entre le comportement des isolateurs utilisés dans un milieu de pollution naturelle en bord de mer et celui des isolateurs essayés sous pollution artificielle avec brouillard salin.

Il y a des différences de conception, et peut-être même de validité, entre les deux catégories d'essais. Bien qu'il soit souhaitable d'arriver à un seul essai pour tous les cas ordinaires de pollution, on ne peut savoir si cela sera possible car, pour l'instant, on dispose encore de données insuffisantes.

ARTIFICIAL POLLUTION TESTS ON HIGH-VOLTAGE INSULATORS TO BE USED ON A.C. SYSTEMS

SECTION ONE — INTRODUCTION

1. Object

The performance of insulators in pollution is in many cases the limiting factor in determining the size and type of insulators which should be used.

This report presents proposals for artificial pollution tests applicable to overhead-line insulators, sub-station insulators and bushings. The object of the report is to disseminate the details of some basic test procedures so that more experience can be accumulated to indicate whether these tests or some of them are suitable for inclusion as type tests into possible future publications.

2. General

The methods of application of pollution which have been developed throughout the world can be classified in two broad categories: one in which the insulator is subjected to a defined ambient condition, and the other in which the aim is to produce a fairly uniform layer of solid pollution of defined conductivity over the insulator surface.

It is possible to propose tests in each of these two categories.

Only those methods of tests in which the voltage is held constant for a period of time lasting at least several minutes are considered suitable for standardization. Other methods in which the voltage is raised gradually to flashover are not proposed for standardization but may be used for special purposes.

The simulation of rain washing might be added to modify any of the test techniques, but it is considered that it should not be included into these proposals, pending further information.

2.1 In the first category of methods of application of pollution, the salt-fog test is proposed. In this test, the insulator, energized at working voltage, is subjected to a salt-water fog, the salinity of which defines the severity of the test.

In the second category, there are a number of variants in all of which the pollution layer is applied before the test, for example by dipping or spraying. The pollution layer may either retain moisture or be wetted by fog or water spray, the conductivity of the layer defining the severity of the test. Two main variants of tests are proposed in this category, one using a dried layer wetted by clean fog, and the other using a water-containing layer. Other variants are also considered, but less details are given.

2.2 The importance of the differences between the two categories of artificial pollution tests and the extent to which the tests are successful in reproducing the phenomena actually encountered in service will be determined from natural pollution test data.

The validity of both categories of artificial pollution tests is still being investigated. A certain degree of correlation has already been shown, particularly between the performance of insulators in natural coastal pollution and in the salt-fog artificial pollution test.

There are differences in concept and possibly in validity between the two categories of tests. Although it would be desirable to arrive at a single test for all common types of pollution, the information available at the moment is inadequate to decide whether or not this will be possible.

2.3 Les essais sous pollution artificielle impliquent l'usage d'équipements onéreux et sont relativement longs. La source de tension pour ces essais doit avoir un courant nominal supérieur à celui qui est demandé pour d'autres types d'essais sur les isolateurs. L'essai sous brouillard salin nécessite l'emploi d'une salle résistante à la corrosion, de gicleurs de pulvérisation et d'un équipement mélangeant l'eau salée.

L'essai avec couche de pollution solide à humidification séparée exige une salle de pulvérisation ainsi qu'un équipement et une enceinte d'humidification. L'essai avec couche de pollution solide sans humidification supplémentaire nécessite le même équipement de pulvérisation plus une salle à humidité contrôlée. Pour l'essai sous brouillard salin, le temps de préparation est court, mais la durée de l'essai est longue; pour les autres types d'essais, le temps de préparation est long mais la durée de l'essai est plus courte.

SECTION DEUX — ESSAIS

3. Domaine d'application

Ces essais sont applicables aux isolateurs en céramique ou en verre, sans traitements de surface (par exemple graissage), ayant une tension nominale supérieure à 1 kV, utilisés à l'extérieur et exposés à des atmosphères polluées.

Notes 1. — Ces essais ne s'appliquent pour l'instant qu'à des isolateurs destinés à des réseaux dont la tension la plus élevée n'excède pas 765 kV. Si l'on désire utiliser ces méthodes d'essais pour des réseaux de tensions supérieures, une expérimentation complémentaire devient nécessaire.

2. — Pour l'instant, ces essais ne s'appliquent qu'aux tensions alternatives et sont destinés à vérifier le comportement des isolateurs dans les conditions normales de service. Des essais sous des tensions continues, des chocs de manœuvres et des surtensions de courte durée pourront être considérés dans l'avenir.

Deux méthodes d'essais de pollution artificielle sont proposées; la méthode du brouillard salin et celle de la couche de pollution solide.

4. Disposition de l'isolateur en vue de l'essai

L'isolateur complet, avec les accessoires métalliques qui lui sont associés de façon immuable, sera placé dans la chambre d'essai, en position verticale. Cette position est celle qui donne les résultats les plus faibles et qui convient à la comparaison des différents types d'isolateur. Des essais dans d'autres positions (inclinée, horizontale) reproduisant des conditions réelles de service seront effectués sur demande spéciale. Lorsqu'on aura affaire à des isolateurs pour lesquels il existe des raisons particulières de ne pas les essayer en position verticale, on ne devra prendre en considération que la position de service.

Dans le cas d'un essai avec la méthode du brouillard salin, la distance minimale entre tout point de l'isolateur et tout objet relié à la terre, mis à part les jets et la structure qui supporte l'isolateur, ne devra pas être inférieure à 0,5 m par 100 kV de tension d'essai et, en tout cas, jamais inférieure à 2 m.

En ce qui concerne la méthode utilisant une couche de pollution solide, la distance minimale entre tout point de l'isolateur et tout objet relié à la terre, mis à part la structure qui supporte l'isolateur, ne devra pas être inférieure à 0,5 m par 100 kV de tension d'essai.

5. Tension d'essai

Pendant toute la durée de l'essai, l'isolateur sera continuellement soumis à la tension d'essai spécifiée qui correspond en général à la tension ligne-terre la plus élevée du réseau sur lequel l'isolateur est appelé à être utilisé.

La fréquence sera comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

Le courant minimal de court-circuit de la station d'essai à la tension d'essai dépend du rapport résistance/réactance (R/X) de la source de la tension d'essai. Le tableau I donne les limites du courant de court-circuit de la station d'essai (I_{cc}) qui sont recommandées pour les différentes valeurs du rapport R/X .

2.3 Artificial pollution testing involves the use of expensive equipment and is relatively lengthy. The test voltage source must have a higher current rating than is required for other types of tests on insulators. The salt-fog test needs a corrosion-resistant chamber, spray nozzles and salt-water mixing equipment.

The solid-layer test with separate wetting needs a spraying room and a test area with wetting equipment. The test using a solid layer without additional wetting needs the same spraying equipment and a room with humidity control. For the salt-fog test, the preparation time is short but the test period long; for the other types of tests, the preparation time is long but the test period shorter.

SECTION TWO — TESTS

3. Scope

These tests are applicable to ceramic or glass insulators without surface treatments (e.g. greasing) for nominal voltages greater than 1 kV which are used outdoors and exposed to polluted atmospheres.

Notes 1. — These tests are so far limited to insulators for systems with highest voltage not greater than 765 kV. Further experience is needed if the test methods are to be applied to higher system voltages.

2. — These tests are at present limited to a.c. voltage and are intended to check the performance of insulators under normal operating conditions. Tests with d.c. voltage, switching impulses and short duration overvoltages may be considered in the future.

Two artificial pollution testing methods are proposed: the salt-fog method and the solid-layer method.

4. Arrangement of insulator for test

The insulator, complete with metal fittings which are invariably associated with it, shall be erected in the test chamber in a vertical position. This position gives the lowest performance and is suitable for comparison of different insulator types. Tests in other positions (inclined, horizontal) duplicating actual service conditions will be carried out when specially requested. When dealing with insulators for which there are special reasons not to test in the vertical position, only the service position should be considered.

For the salt-fog method, the minimum distance between any part of the insulator and any earthed object other than the jets and the structure which supports the insulator shall be not less than 0.5 m per 100 kV of the test voltage and, in any case, not less than 2 m.

For the solid-layer method, the minimum distance between any part of the insulator and any earthed object other than the structure which supports the insulator shall be not less than 0.5 per 100 kV of the test voltage.

5. Test voltage

Throughout the test, the insulator shall be continuously energized at the specified test voltage which generally is the highest line-to-earth voltage of the system in which the insulator is to be used.

The frequency shall lie between 48 Hz and 62 Hz.

The minimum short-circuit current of the testing plant at the test voltage depends on the ratio resistance/reactance (R/X) of the test voltage source. Table I gives the limits of the short-circuit current of the testing plant (I_{sc}) which are recommended for different values of R/X .

TABLEAU I

R/X		I_{∞} min (valeur efficace)
Méthode du brouillard salin	Méthode de la couche solide	
< 0,05	< 0,05	5
0,05-0,15	0,05-0,15	7
0,15-0,5	0,15-0,3	10
0,5 -1,5	0,3 -0,5	15

Note. — Les valeurs du tableau I sont fondées sur des recherches récentes faites sur un petit nombre d'isolateurs. Ces valeurs représentent la meilleure proposition qui puisse être faite actuellement, mais elles pourront être modifiées lorsqu'on aura plus d'expérience (voir l'article 23).

SECTION TROIS — MÉTHODE DU BROUILLARD SALIN

6. Définitions

La *salinité* est la concentration de la solution saline, exprimée par la masse de sel en kilogrammes divisée par le volume de la solution en mètres cubes.

La *salinité tenue spécifiée* est la salinité spécifiée du liquide servant à produire le brouillard que l'isolateur doit supporter dans au moins trois essais sur quatre à la tension d'essai spécifiée et dans les conditions spécifiées à l'article 11.

7. Solution saline

La solution saline obtenue à partir de sel (NaCl de pureté commerciale) et d'eau du robinet devra avoir la salinité demandée.

La concentration de la solution saline employée doit avoir l'une des valeurs suivantes: 2,5, 3,5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 56, 80, 112, 160 et 224 kg/m³.

L'erreur maximale admissible dans la concentration en sel est de $\pm 5\%$ de la valeur nominale.

Note. — Des valeurs intermédiaires de la concentration de la solution saline peuvent être utilisées pour des recherches.

Il est recommandé de déterminer la concentration soit en mesurant la masse volumique, soit en mesurant la conductivité électrique, et en faisant une correction de température.

Le tableau II donne les valeurs de la conductivité électrique et de la masse volumique pour les valeurs spécifiées de salinité.

L'usage de la masse volumique pour mesurer la salinité à des concentrations inférieures ou égales à 20 kg/m³ n'est pas recommandé à cause des mesures de grande précision qui sont nécessaires pour obtenir des valeurs à l'intérieur de la tolérance spécifiée.

TABLE I

R/X		I_{sc} min (r.m.s. value)
Salt-fog method	Solid-layer method	A
< 0.05	< 0.05	5
0.05-0.15	0.05-0.15	7
0.15-0.5	0.15-0.3	10
0.5 -1.5	0.3 -0.5	15

Note. — The values in Table I are based on recent investigations on a small number of insulators. They represent the best suggestion that can be given for the present time, but may be modified in the light of future experience (see Clause 23).

SECTION THREE — SALT-FOG METHOD

6. Definitions

Salinity is the salt-solution concentration, expressed by the mass of salt in kilograms divided by the volume of solution in cubic metres.

Specified withstand salinity is the specified salinity of the liquid making up a fog which the insulator must endure in at least three tests out of four, at the specified test voltage and under the conditions specified in Clause 11.

7. Salt solution

The salt solution shall be made to the required salinity from salt (NaCl of commercial purity) and tap water.

The salt-solution concentration to be used shall be one of the values: 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 56, 80, 112, 160 and 224 kg/m³.

The maximum permissible error in salt concentration is $\pm 5\%$ of the nominal value.

Note. — Intermediate values of salt-solution concentration may be used for research purposes.

It is recommended that the concentration be determined either by measuring the density or by measuring the electric conductivity, with a correction for temperature.

Table II gives the values of electrical conductivity and density for the specified values of salinity.

The use of density for measuring salinity at concentrations of 20 kg/m³ or below is not recommended in view of the great accuracy of measurement required to obtain values within the specified tolerance.

TABLEAU II

Salinité à 20 °C (S_a) kg/m ³	Conductivité à 20 °C (σ_{20}) μ S/cm	Masse volumique à 20 °C (A_{20}) kg/m ³
2,5	4 340	(999,9)
3,5	6 000	(1 000,7)
5	8 327	(1 001,7)
7	11 520	(1 003,1)
10	15 910	(1 005,2)
14	21 690	(1 008,0)
20	29 860	(1 012,4)
28	40 970	1 018,0
40	55 940	1 025,9
56	75 630	1 037,3
80	100 800	1 052,7
112	130 100	1 074,6
160	167 300	1 104,5
224	202 600	1 140,0

Note. — La résistivité ρ à 20 °C peut être calculée à partir de la conductivité par la formule suivante:

$$\rho = 10000/\sigma \text{ (}\rho \text{ étant exprimé en } \Omega \cdot \text{m et } \sigma \text{ en } \mu\text{S/cm).}$$

Les valeurs du tableau II se rapportent à une température de solution de 20 °C.

Quand la température de la solution n'est pas de 20 °C, les valeurs de conductivité peuvent être corrigées à l'aide de la formule suivante:

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - b (t - 20)]$$

dans laquelle:

t = température de la solution, °C

σ_t = conductivité à la température de t °C (μ S/cm)

σ_{20} = conductivité à la température de 20 °C (μ S/cm)

b = facteur dont les valeurs sont les suivantes:

0,03675 où $t = 0$ °C

0,02817 où $t = 10$ °C

0,02277 où $t = 20$ °C

0,01905 où $t = 30$ °C.

Note. — Pour d'autres valeurs de la température t , la constante b peut être obtenue par interpolation.

Quand la température de la solution n'est pas de 20 °C, la masse volumique peut être corrigée à l'aide de la formule suivante:

$$A_{20} = A_t [1 + \alpha (t - 20)]$$

dans laquelle:

t = température de la solution, t °C

A_t = masse volumique à la température de t °C (kg/m³)

A_{20} = masse volumique à la température de 20 °C (kg/m³)

et

α = facteur déterminé par la relation

$$\alpha = 0,0002 + 0,0000013 S_a$$

dans laquelle:

S_a = salinité en kg/m³ à 20 °C.

Cette formule de correction est valable pour les températures comprises entre 5 °C et 30 °C et pour les salinités supérieures à 20 kg/m³.

TABLE II

Salinity at 20 °C (S_a) kg/m ³	Conductivity at 20 °C (σ_{20}) μ S/cm	Density at 20 °C (Δ_{20}) kg/m ³
2.5	4 340	(999.9)
3.5	6 000	(1000.7)
5	8 327	(1001.7)
7	11 520	(1003.1)
10	15 910	(1005.2)
14	21 690	(1008.0)
20	29 860	(1012.4)
28	40 970	1018.0
40	55 940	1025.9
56	75 630	1037.3
80	100 800	1052.7
112	130 100	1074.6
160	167 300	1104.5
224	202 600	1140.0

Note. — The resistivity ρ at 20 °C may be obtained from the conductivity using the following formula:

$$\rho = 10000/\sigma \text{ (where } \rho \text{ is given in } \Omega \cdot \text{m and } \sigma \text{ in } \mu\text{S/cm)}.$$

The values in Table II refer to a solution temperature of 20 °C.

When the solution temperature is not at 20 °C, conductivity values can be corrected using the following formula:

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - b(t - 20)]$$

where:

t = solution temperature, °C

σ_t = conductivity at temperature of t °C (μ S/cm)

σ_{20} = conductivity at temperature of 20 °C (μ S/cm)

b = factor with the following values:

0.03675 where $t = 0$ °C

0.02817 where $t = 10$ °C

0.02277 where $t = 20$ °C

0.01905 where $t = 30$ °C.

Note. — For other values of temperature t , the constant b can be obtained by interpolation.

When the solution temperature is not at 20 °C, the density can be corrected using the following formula:

$$\Delta_{20} = \Delta_t [1 + \alpha(t - 20)]$$

where:

t = solution temperature, t °C

Δ_t = density at temperature of t °C (kg/m³)

Δ_{20} = density at temperature of 20 °C (kg/m³)

and

α = factor determined from the relationship

$$\alpha = 0.0002 + 0.0000013 S_a$$

where:

S_a = salinity in kg/m³ at 20 °C.

This correction formula is valid for temperatures in the range between 5 °C and 30 °C and salinities over 20 kg/m³.

8. Système de pulvérisation

Le brouillard est produit dans la chambre d'essai à l'aide d'un nombre spécifié de pulvérisateurs qui atomisent la solution grâce à un courant d'air comprimé qui souffle perpendiculairement à l'ajutage de solution. Les ajutages sont constitués de tubes résistant à la corrosion; le diamètre intérieur de l'ajutage d'air est de 1,2 mm et le diamètre intérieur de l'ajutage de solution est de 2,0 mm. Les deux ajutages devront avoir un diamètre extérieur de 3,0 mm, et les extrémités des ajutages devront être coupées perpendiculairement à l'axe et bien polies. Les tolérances concernant les diamètres des ajutages d'air et de solution sont les suivantes: à l'intérieur $\pm 0,02$ mm, à l'extérieur $\pm 0,05$ mm. L'extrémité de l'ajutage de solution sera située sur l'axe de l'ajutage d'air avec une tolérance de $\pm 0,05$ mm. La distance entre l'extrémité de l'ajutage d'air comprimé et la ligne centrale de l'ajutage de solution sera de $3 \pm 0,05$ mm. Le débit de solution alimentant chaque pulvérisateur sera de $0,5 \text{ dm}^3/\text{min} \pm 10\%$ pendant la durée de l'essai, et la tolérance sur le débit global alimentant l'ensemble des jets sera de $\pm 5\%$ de la valeur nominale.

La figure 1, page 34 montre une construction type de pulvérisateur de brouillard.

Les pulvérisateurs doivent être disposés sur deux colonnes parallèles à l'isolateur, et de chaque côté de celui-ci, qui devra avoir son axe dans le même plan que les colonnes, c'est-à-dire qu'un isolateur vertical sera essayé avec des colonnes verticales et un isolateur horizontal avec des colonnes horizontales. Dans le cas d'un isolateur incliné (voir la figure 2, page 35), le plan contenant l'isolateur et les colonnes doit couper le plan horizontal suivant une ligne située à angles droits par rapport à l'axe de l'isolateur; dans ce cas, l'axe des ajutages de solution est vertical. La distance entre les ajutages de solution et l'axe de l'isolateur sera de $3 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$. Les pulvérisateurs doivent être espacés à des intervalles de 0,6 m, chaque pulvérisateur envoie son jet perpendiculairement à l'axe de la colonne vers le pulvérisateur correspondant de l'autre colonne et dans un angle de 1° par rapport au plan formé par les pulvérisateurs. On peut vérifier cet alignement pour des pulvérisateurs verticaux en abaissant l'ajutage de solution, en injectant de l'eau par l'ajutage d'air et en l'orientant vers le pulvérisateur opposé; puis on relève l'ajutage de solution jusqu'à la position de fonctionnement. Il sera préférable de faire en sorte que le milieu de l'isolateur se trouve au point milieu des colonnes de pulvérisateurs. Les deux colonnes de pulvérisateurs devront se prolonger d'au moins 0,6 m au-delà des deux extrémités de l'isolateur. Pour des isolateurs verticaux, les pulvérisateurs du bas seront au moins à 0,6 m au-dessus du sol de la chambre d'essai.

Le nombre minimal N de pulvérisateurs par colonne doit être pour une longueur L de l'isolateur,

$$N = \frac{L}{0,6} + 3 \text{ (} L \text{ en mètres)}$$

Les pulvérisateurs doivent être alimentés avec un air filtré ne contenant pas d'huile, sous une pression de 7,0 bars ($\pm 4\%$).

9. Modalités d'essai

Avant d'essayer un isolateur pour la première fois, ses parties métalliques et le scellement doivent être peints avec une peinture résistant à l'eau salée, si l'on pense que cela paraît nécessaire pour être certain qu'aucun produit corrosif ne se dépose au cours de l'essai sur les surfaces isolantes de l'isolateur. On nettoiera très soigneusement l'isolateur pour que toute trace de poussières ou de graisse disparaisse. L'isolateur sera nettoyé une fois installé en position d'essai puis ne devra plus être manipulé. On peut utiliser du phosphate trisodique, après quoi l'isolateur doit être rincé soigneusement à l'eau du robinet. L'essai doit commencer alors que l'isolateur est encore complètement mouillé. Entre chaque essai, l'isolateur doit être à nouveau nettoyé soigneusement, uniquement à l'eau du robinet, afin d'ôter toute trace de sel.

Au début de l'essai, l'isolateur doit être en équilibre thermique avec l'air de la chambre d'essai. La température ambiante au début de l'essai ne doit pas être inférieure à 5°C , ni supérieure à 30°C .

L'isolateur est mis sous tension, la pompe de la solution saline et le compresseur d'air sont mis en marche; on estime que l'essai est commencé dès que l'air comprimé a atteint la pression de fonctionnement normale à la sortie des ajutages.

8. Spraying system

The fog is produced in the test chamber by means of the specified number of sprays which atomize the solution by a stream of compressed air flowing at right angles to the solution nozzle. The nozzles consist of corrosion resistant tubes, the internal diameter of the air nozzle being 1.2 mm and the internal diameter of the solution nozzle being 2.0 mm. Both nozzles should have an outside diameter of 3.0 mm and the ends of the nozzles should be square-cut and polished. The tolerances on the air and solution nozzle diameters are as follows: internal ± 0.02 mm, external ± 0.05 mm. The end of the solution nozzle shall lie on the axis of the air nozzle to within ± 0.05 mm. The distance between the end of the compressed air nozzle and the central line of the solution nozzle shall be 3 ± 0.05 mm. The flow of solution to each spray shall be $0.5 \text{ dm}^3/\text{min} \pm 10\%$ for the period of the test, and the tolerance on the total flow to all sprays shall be $\pm 5\%$ of the nominal value.

Figure 1, page 34, shows a typical construction of the fog spray.

The sprays shall be in two columns parallel to and on opposite sides of the insulator which shall have its axis in the same plane as the columns, i.e. a vertical insulator will be tested with vertical columns and a horizontal insulator with horizontal columns. In the case of an inclined insulator (see Figure 2, page 35), the plane containing the insulator and the columns shall intersect the horizontal plane in a line at right angles to the insulator axis; in this case, the axis of the solution nozzles is vertical. The distance between the solution nozzles and the insulator axis shall be $3 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$. The sprays shall be spaced at 0.6 m intervals, each spray pointing at right angles to the column axis towards its counterpart on the other column and within an angle of 1° to the plane of the sprays. This alignment can be checked for vertical sprays by lowering the solution nozzle, passing water through the air nozzle and directing it towards the opposing spray; afterwards, raising the solution nozzle to the operating position. The mid-point of the insulator shall be preferably in line with the mid-points of the columns of sprays. Both columns shall extend beyond the insulator at both ends by at least 0.5 m. For vertical insulators, the bottom sprays shall be at least 0.6 m above the floor of the test chamber.

The minimum number N of sprays per column shall be, for a length L of the insulator,

$$N = \frac{L}{0.6} + 3 \quad (L \text{ in metres})$$

The sprays shall be supplied with filtered, oil-free air at a pressure of 7.0 bars ($\pm 4\%$).

9. Test procedures

Before an insulator is tested for the first time, the metalwork and cement shall be painted with a salt-water resistant paint, if found to be necessary, to ensure that no corrosion products wash down onto the insulating surfaces during a test. The insulator shall be carefully cleaned so that all traces of dirt and grease are removed. The insulator shall be cleaned after installation in its test position, and thereafter not touched by hand. Trisodium phosphate may be used, after which the insulator is to be thoroughly rinsed with tap water. The test must start while the insulator is still completely wet. Before every subsequent test, the insulator shall be thoroughly washed with tap water only to remove all traces of salt.

The insulator shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber at the start of the test. The ambient temperature at the start of the test shall be not less than 5°C nor greater than 30°C .

The insulator is energized, the salt-solution pump and air compressor are switched on, and the test is deemed to have started as soon as the compressed air has reached the normal operating pressure at the nozzles.

10. Préconditionnement de l'isolateur

L'isolateur, préparé de façon habituelle, est soumis au taux de salinité spécifié à la tension d'essai spécifiée pendant une durée de 20 min, ou jusqu'à ce qu'il se produise un contournement de l'isolateur; s'il n'y a pas de contournement de l'isolateur, la tension est augmentée toutes les 5 min, par paliers de 10% de la tension spécifiée, jusqu'au contournement.

Après le contournement, la tension est de nouveau appliquée et augmentée aussi rapidement que possible jusqu'à 90% de la tension ayant entraîné le contournement. Puis on augmente la tension toutes les 5 min, par paliers de 5% de la tension de contournement initiale, jusqu'à ce que l'isolateur contourne. Cette dernière opération est exécutée à nouveau deux fois, c'est-à-dire que l'on augmente rapidement la tension jusqu'à 90% de la tension de contournement initiale, puis par paliers de 5%, jusqu'au contournement. Après les quatre contournements, on dissipe le brouillard, on nettoie l'isolateur à l'eau du robinet et l'on effectue l'essai de tenue (voir l'article 11).

11. Essai de tenue

Cet essai a pour objet de vérifier la salinité tenue spécifiée à la tension d'essai spécifiée. L'isolateur est conforme à la présente spécification si aucun contournement ne se produit au cours des trois essais consécutifs, chaque essai ayant une durée de 1 h. Si un seul contournement a lieu, un quatrième essai doit être effectué. L'isolateur remplit les conditions de l'essai s'il n'y a pas de contournement au cours de ce quatrième essai.

Avant d'entreprendre l'essai de tenue, le preconditionnement décrit à l'article 10 doit être appliqué.

SECTION QUATRE — MÉTHODE DE LA COUCHE SOLIDE

12. Définitions

La *couche de pollution* est une couche conductrice électrolytique mise sur la surface de l'isolateur et constituée de composants solubles et insolubles.

La *conductance de la couche* de dépôt de contamination sur l'isolateur est la conductance de la couche de pollution telle qu'elle est mesurée selon l'article 16.

La *conductivité de la couche* est la valeur de la conductance de la couche multipliée par le facteur de forme (voir l'article 17).

La *conductivité de référence de la couche* est la valeur de la conductivité de la couche utilisée pour caractériser l'essai.

Pour le *procédé a)* (voir le paragraphe 18.1), la conductivité de référence de la couche est la valeur maximale de la conductivité de la couche mesurée avant le premier essai sur cette même couche.

Pour le *procédé b)* (voir le paragraphe 18.2), la conductivité de référence de la couche est la valeur de la conductivité de la couche mesurée immédiatement avant l'essai sur cette même couche.

La *conductivité tenue spécifiée de la couche* est la conductivité de référence spécifiée de la couche avec laquelle un isolateur doit tenir la tension d'essai spécifiée dans au moins trois essais sur quatre et dans les conditions décrites à l'article 19.

13. Nettoyage

L'isolateur doit être nettoyé très soigneusement pour supprimer toute trace de graisse. On peut utiliser du phosphate trisodique, après quoi l'isolateur doit être rincé soigneusement à l'eau du robinet. On estime que la surface de l'isolateur est suffisamment propre et nette de toute graisse si de grandes surfaces entièrement mouillées sont visibles.

Note. — Pour la méthode de la couche solide, il n'est pas nécessaire d'effectuer un preconditionnement comme pour la méthode d'essai au brouillard salin.

14. Application de la couche de pollution

On préparera une solution en utilisant les mélanges décrits au paragraphe 14.1 pour le *procédé a)* (voir le paragraphe 18.1) et au paragraphe 14.2 pour le *procédé b)* (voir le paragraphe 18.2), puis on l'appliquera sur l'isolateur qui devra être sec et propre afin d'obtenir une couche raisonnablement uniforme.

10. Preconditioning process

The insulator, prepared in the normal way, is subjected to the specified salinity rate at the specified test voltage for 20 min, or until the insulator flashes over; if the insulator does not flash over, the voltage is raised in steps of 10% of the specified voltage every 5 min until flashover.

After flashover, the voltage is reapplied and raised as quickly as possible to 90% of the flashover voltage, and thereafter increased in steps of 5% of the initial flashover voltage every 5 min until flashover. The last process is repeated two further times; that is the voltage is raised rapidly to 90% of the initial flashover voltage and then in steps of 5% until flashover. After the four flashovers, the fog is cleared, the insulator washed down with tap water and the withstand test (see Clause 11) carried out.

11. Withstand test

The object of this test is to confirm the specified withstand salinity at the specified test voltage. The insulator complies with this specification if no flashover occurs during three consecutive tests, each having a duration of 1 h. If only one flashover occurs, a fourth test shall be performed and the insulator then passes the test if no flashover occurs.

Before performing the withstand test, the preconditioning process as specified in Clause 10 shall be applied.

SECTION FOUR — SOLID-LAYER METHOD

12. Definitions

Pollution layer is a conducting electrolytic layer on the insulator surface, composed of soluble and insoluble components.

Layer conductance of the contamination deposit on the insulator is the conductance of the pollution layer as measured in accordance with Clause 16.

Layer conductivity is the value of the layer conductance multiplied by the form factor (see Clause 17).

Reference layer conductivity is the value of layer conductivity used to characterize a test.

For *procedure a*) (see Sub-clause 18.1), the reference layer conductivity is the maximum value of layer conductivity measured prior to the first test on that layer.

For *procedure b*) (see Sub-clause 18.2), the reference layer conductivity is the value of layer conductivity measured immediately prior to the test on that layer.

Specified withstand layer conductivity is the specified reference layer conductivity with which an insulator shall withstand the specified test voltage in at least three tests out of four, under the conditions described in Clause 19.

13. Cleaning

The insulator shall be carefully cleaned so that all traces of grease are removed. Trisodium phosphate may be used, after which the insulator surface shall be thoroughly rinsed with tap water. The surface of the insulator is deemed to be sufficiently clean and free from any grease if large continuous wet areas are observed.

Note. — A preconditioning process, as specified for the salt-fog test, is not necessary with the solid-layer method.

14. Application of the pollution layer

A suspension shall be prepared using the compositions described in Sub-clause 14.1 for *procedure a*) (see Sub-clause 18.1) and in Sub-clause 14.2 for *procedure b*) (see Sub-clause 18.2), and shall then be applied on the clean and dry insulator to obtain a reasonably uniform layer.

Notes 1. — L'uniformité de la couche n'est pas essentielle, et l'expérience a montré que la couche peut être appliquée d'une manière satisfaisante par un opérateur raisonnablement expérimenté. Un examen visuel est en général suffisant pour vérifier l'uniformité de la couche.

2. — La couche artificielle peut être appliquée sur la surface de l'isolateur par pulvérisation de la suspension préparée, à l'aide d'un ou de deux ajutages du type pulvérisateur commercial. L'orientation des ajutages doit être réglée de manière que la couche soit répartie uniformément sur l'ensemble de la surface de l'isolateur. Une distance d'environ 20 cm à 40 cm entre la sortie de l'ajutage et le bord de l'ailette de l'isolateur a été jugée convenable.

L'isolateur, placé en position horizontale ou verticale, peut être animé d'une vitesse de rotation convenable. Des vitesses de l'ordre de 30 à 250 tr/min se sont avérées satisfaisantes.

Dans certains cas, un revêtement déposé par intermittence a été jugé avantageux.

Des diamètres d'ajutages compris entre 0,5 mm et 2 mm ont donné satisfaction.

Il peut être utile de disposer de moyens permettant de connaître la quantité de suspension appliquée.

Il est souhaitable d'agiter constamment la suspension.

L'épaisseur voulue de la couche peut être obtenue grâce à des applications répétées.

3. — Les techniques suggérées pour l'application de la couche de pollution (voir la note 2) peuvent être utilisées avec les mélanges convenables pour les *procédés a)* et *b)* (voir paragraphes 14.1 et 14.2). Pour le *procédé a)*, on peut réduire le temps de revêtement en préchauffant l'objet à essayer ou bien en séchant la couche entre les applications successives. Pour le *procédé b)*, une méthode simple de trempage peut également être utilisée pour les petits isolateurs.

D'autres techniques peuvent aussi être utilisées. En particulier le procédé de pollution liquide prédéposée peut être particulièrement utile pour les isolateurs très longs; il peut être utilisé avec des mélanges utilisant du kaolin et du bioxyde de silicium très dispersé comme composants principaux.

14.1 Mélange à utiliser pour le procédé a)

Le mélange suivant doit être utilisé pour la suspension destinée à la pollution, si l'on adopte le *procédé a)* (voir le paragraphe 18.1):

100 g de kieselguhr (terre d'infusoires, diatomées);

10 g de bioxyde de silicium très dispersé, dimension des particules 2-20 μm ;

1 000 g d'eau.

La conductivité de cette suspension sera réglée grâce à l'addition d'une quantité adéquate de sel (NaCl ou CaCl_2) afin d'obtenir, pour une épaisseur correcte de la couche, une conductivité de référence de la couche choisie parmi celles qui sont indiquées dans le tableau suivant:

Conductivité de référence de la couche, à 20 °C, en μS (tolérance: $\pm 15\%$)	5	10	20	40
Valeurs correspondantes de conductivité de la suspension préparée, à 20 °C, en $\mu\text{S}/\text{cm}$	1 500	3 000	6 000	12 000

D'autres mélanges de suspension qui contiennent du sel, de l'eau et un matériau qui forme une couche inerte absorbante sur la surface de l'isolateur peuvent être considérés pour le *procédé a)*, à condition que l'on obtienne une couche raisonnablement uniforme et que les valeurs de la conductivité de référence de la couche soient obtenues à l'intérieur des tolérances spécifiées (par exemple 40 g de kaolin, 1 000 g d'eau et sel). En outre, comme variante à la conductivité de la couche, on peut utiliser la densité équivalente du dépôt salin pour caractériser la sévérité de l'essai.

14.2 Mélange à utiliser pour le procédé b)

Le mélange suivant doit être utilisé pour la suspension destinée à la pollution si l'on adopte le *procédé b)* (voir le paragraphe 18.2):

30 g de méthylcellulose;

25 g de poussière très fine de craie;

1 000 g d'eau.

Notes 1. — The uniformity of the layer is not critical and experience has shown that the layer can be applied satisfactorily by a reasonably experienced operator. Visual examination is in general sufficient for checking uniformity.

2. — The artificial layer may be applied on the insulator surface by spraying the prepared suspension through one or two nozzles of a commercial type spray gun. The direction of the spray nozzles shall be adjusted to ensure a reasonably uniform layer on the whole insulator surface. A distance of about 20 cm to 40 cm between the spray nozzle outlet and the rim of the insulator shed has been found satisfactory.

The insulator may be rotated in horizontal or vertical position at a convenient speed. Speeds between 30 and 250 rev/min have been found satisfactory.

Intermittent coating has been found advantageous in some cases.

Nozzle diameters between 0.5 mm and 2 mm have been found satisfactory.

It may be convenient to have means by which the amount of applied suspension can be indicated.

It is desirable to keep the suspension stirred.

The required layer thickness may be obtained by repeated applications.

3. — The techniques suggested for application of the pollution layer (see Note 2) can be adopted with the compositions suitable for *procedures a)* and *b)* (see Sub-clauses 14.1 and 14.2). With *procedure a)*, the coating time can be reduced by preheating the test object or by drying the layer between successive applications. With *procedure b)*, a simple dipping process may be used for small insulators.

Other suitable techniques may be used as well. In particular the "flow-on" procedure, which may be particularly suitable for very long insulators, may be applied to compositions using kaolin and highly-dispersed silicon dioxide as main components.

14.1 Composition to be used with procedure a)

The following composition of the polluting suspension should be used when *procedure a)* (see Sub-clause 18.1) is adopted;

- 1000 g kieselguhr (diatomaceous earth, diatomite);
- 10 g highly-dispersed silicon dioxide, particle size 2-20 μm ;
- 1000 g water.

The conductivity of this suspension shall be adjusted by adding a suitable amount of salt (NaCl or CaCl_2) to obtain, with the correct layer thickness, a reference layer conductivity chosen from those in the following table:

Reference layer conductivity at 20°C in μS (tolerance: $\pm 15\%$)	5	10	20	40
Corresponding conductivity values of the prepared suspension at 20°C in $\mu\text{S/cm}$	1500	3000	6000	12000

Other compositions of the suspension containing salt, water and a material which will form an inert absorbent layer on the surface of the insulator may be considered for *procedure a)*, provided that a reasonably uniform layer is obtained and the values of the reference layer conductivity are reached within the specified tolerances (e.g. 40 g kaolin, 1000 g water and salt). Furthermore, as an alternative to the layer conductivity, the equivalent salt deposit density may be used to characterize the severity of the test.

14.2 Composition to be used with procedure b)

The following composition of the polluting suspension should be used when *procedure b)* (see Sub-clause 18.2) is adopted:

- 30 g methylcellulose;
- 25 g floated chalk;
- 1000 g water.

On règle la conductivité de cette suspension grâce à l'addition d'une quantité adéquate de sel (NaCl ou CaCl₂) afin d'obtenir, pour une épaisseur correcte de la couche, une conductivité de référence de la couche choisie parmi celles qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Conductivité de référence de la couche, à 20°C, en μS (tolérance $\pm 5\%$)	5	10	20	40
Valeurs correspondantes de conductivité de la suspension préparée, à 20°C, en $\mu\text{S}/\text{cm}$	500	1000	2000	4000

Après mélange, la suspension est laissée environ 48 h afin de s'homogénéiser. La viscosité dynamique de cette suspension doit alors être de $2000 \text{ cP} \pm 20\%$ (à 20°C).

Après avoir appliqué la couche sur l'isolateur, celle-ci est vieillie dans une atmosphère contenant plus de 80% d'humidité jusqu'à ce que la couche ait atteint la conductivité requise. La durée du vieillissement doit être d'au moins 30 min.

D'autres mélanges de suspension qui contiennent du sel, de l'eau et un matériau qui forme une couche inerte absorbante sur la surface de l'isolateur peuvent être considérés pour le *procédé b*), à condition que l'on obtienne une couche raisonnablement uniforme et que les valeurs de la conductivité de référence de la couche soient obtenues à l'intérieur des tolérances spécifiées et maintenues pendant l'essai (voir le paragraphe 18.2). Deux mélanges possibles sont, par exemple, les suivants : 40 g de kaolin, 1000 g d'eau et sel ; 20 g de bioxyde de silicium très dispersé, 1 g d'agent mouillant, 1000 d'eau et sel. Avec ces mélanges, les conditions de viscosité, d'homogénéisation et de vieillissement sont différentes de celles spécifiées ci-dessus pour la méthylcellulose.

15. Humidification de la couche de pollution

Quand le *procédé a*) (voir le paragraphe 18.1) est utilisé, l'objet à essayer doit être humidifié au moyen d'un générateur de brouillard qui procure une répartition uniforme du brouillard tout au long et tout autour de l'objet essayé. Au cours de l'humidification de la couche de pollution, on doit éviter que des gouttes d'humidité tombent des bords des ailettes de l'isolateur. La température du brouillard au voisinage de l'objet essayé ne doit pas dépasser 40°C.

Quand le *procédé b*) (voir le paragraphe 18.2) est adopté, on n'humidifie pas la couche à nouveau avant l'essai.

Notes 1. — On peut utiliser du brouillard à base de vapeur pour humidifier la couche. Une tente en matière plastique disposée autour de l'objet essayé peut être utilisée comme chambre d'essai.

Pour obtenir l'humidification nécessaire en un délai raisonnable, une quantité suffisante de vapeur doit être introduite à l'intérieur de la chambre d'essai. À une température ambiante normale, un débit d'approximativement 0,7 kg/heure de vapeur par mètre cube du volume de la chambre est suffisant.

La répartition du brouillard tout au long et tout autour de l'objet à essayer peut être contrôlée par des mesures de température en différents points au voisinage de l'objet à essayer.

Un gradient de température qui ne dépasse pas 1°C/m de longueur de l'isolateur est estimé suffisant pour assurer une répartition uniforme du brouillard.

Si nécessaire, pour obtenir la condition d'humidification uniforme exigée, on peut injecter de la vapeur dans la chambre d'essai à l'aide d'un tube de répartition vertical qui possède des gicleurs répartis à intervalles réguliers. Un dispositif type, qui a déjà fait ses preuves pour des essais jusqu'à des tensions par rapport à la terre d'environ 200 kV, est représenté à la figure 3, page 36. On peut également employer de la vapeur obtenue à partir d'une autre source disponible.

2. — Il paraît possible d'utiliser d'autres méthodes d'humidification (par exemple au moyen de brouillard produit par des pulvérisateurs comme indiqué aux figures 1 et 2, pages 34 et 35) en remplacement de la méthode utilisant de la vapeur, à condition qu'elles permettent d'obtenir une humidification uniforme. Ce problème est encore à l'étude. Quand ces méthodes sont utilisées, il peut être utile de refroidir l'isolateur avant de l'humidifier.

16. Mesure de la conductance de la couche

Pour le *procédé a*) pendant l'humidification (voir l'article 15) et pour le *procédé b*) pendant le vieillissement (voir le paragraphe 14.2) de l'isolateur, la conductance de la couche est vérifiée à plusieurs reprises au moyen de mesures du courant de fuite, la tension étant appliquée juste pendant la durée nécessaire pour la lecture de l'instrument de mesure. La tension alternative qui sert aux mesures sera d'environ 2 kV valeur efficace par mètre de la ligne de fuite de l'isolateur.

Note. — Des tensions plus élevées peuvent être utilisées, mais dans ce cas la durée de la mesure devra être suffisamment courte pour éviter d'importantes erreurs dues à l'échauffement ou à la dessiccation de la couche de pollution.

The conductivity of this suspension is adjusted by adding a suitable amount of salt (NaCl or CaCl₂) to obtain, with the correct layer thickness, a reference layer conductivity chosen from those in the following table:

Reference layer conductivity at 20°C in μS (tolerance: $\pm 5\%$)	5	10	20	40
Corresponding conductivity values of the prepared suspension at 20°C in $\mu\text{S/cm}$	500	1 000	2 000	4 000

After mixing, the suspension shall be left for about 48 h to mature. The dynamic viscosity shall then be 2000 cP $\pm 20\%$ (at 20°C).

After applying the layer to the insulator, it is aged in surroundings with more than 80% of humidity until the required layer conductivity is reached. The ageing time shall be at least 30 min.

Other compositions of the suspension containing salt, water and a material which will form an inert absorbent layer on the surface of the insulator may be considered for *procedure b*), provided that a reasonably uniform layer is obtained and the values of the reference layer conductivity are reached within the specified tolerances and maintained during the test (see Sub-clause 18.2). Two possible compositions are, for instance, the following: 40 g kaolin, 1000 g water and salt; 20 g highly-dispersed silicon dioxide, 1 g wetting agent, 1000 g water and salt. With these compositions, the requirements for viscosity, maturing and ageing are different from those specified above for methylcellulose.

15. Wetting of the pollution layer

When *procedure a*) (see Sub-clause 18.1) is used, the test object shall be wetted by means of a fog generator which provides a uniform fog distribution over the whole length and around the test object. During wetting of the pollution layer, no dripping of moisture from the edges of insulator sheds shall take place. The temperature of the fog in the vicinity of the test object shall not exceed 40°C.

When *procedure b*) (see Sub-clause 18.2) is adopted, the layer is not additionally wetted before testing.

Notes 1. — Steam fog may be used for wetting the layer. A plastic tent surrounding the test object may be used as a test chamber.

To obtain the necessary wetting within a reasonable time, enough steam fog shall be introduced inside the test chamber. At normal ambient room temperature, a rate of flow of approximately 0.7 kg/hour steam per cubic meter of test chamber volume is sufficient.

The fog distribution over the whole length and around the test object may be controlled by measuring the temperature at different locations in the vicinity of the test object.

A temperature gradient not exceeding 1°C/m length of the insulator is deemed sufficient to ensure a uniform fog distribution.

If necessary, to achieve the required uniform wetting condition, steam may be injected into the test chamber using a vertical distribution pipe with nozzles spaced at equal distances. A typical arrangement which has proved satisfactory for testing up to about 200 kV line-to-ground is shown in Figure 3, page 36. It may also be possible to use steam taken from another available source.

2. — It seems possible to use other wetting methods (e.g. by means of fog generated by nozzles as shown in figures 1 and 2, pages 34 and 35) instead of the steam-fog method, provided they give a uniform wetting. This problem is still under consideration. When such methods are used, it may be convenient to cool the insulator before wetting.

16. Measurement of the layer conductance

For *procedure a*) during the wetting (see Clause 15) and for *procedure b*) during the ageing (see Sub-clause 14.2) of the insulator, the layer conductance is checked repeatedly by means of leakage-current measurements, the voltage being applied only for long enough to read the meter. The alternating measuring voltage shall be about 2 kV r.m.s. per meter of the creepage distance of the insulator.

Note. — Higher voltages may be used in which case the measuring time should be short enough so as to avoid serious errors due to heating or drying of the pollution layer.

17. Détermination de la conductivité de la couche

On calcule la conductivité de la couche en multipliant la conductance mesurée selon l'article 16 par le facteur de forme de l'isolateur. On détermine le facteur de forme à partir des dimensions de l'isolateur. Pour l'estimation graphique du facteur de forme, on trace la courbe de l'inverse de la circonférence ($1/b$) en fonction de la longueur de la ligne de fuite s comptée depuis l'extrémité de l'isolateur jusqu'au point considéré. Le facteur de forme est donné par l'aire située sous la courbe et calculée suivant la formule :

$$f = \int_0^s \frac{ds}{b(s)}$$

La conductivité de la couche K doit être rapportée à une température de référence de 20°C en utilisant la formule suivante :

$$K_{20} = K_{\theta} \cdot \frac{1,6}{1 + 0,03 \theta}$$

dans laquelle θ est la température de la surface de l'isolateur, exprimée en degrés Celsius.

18. Modalités d'essai

18.1 Procédé a)

L'isolateur à essayer doit être laissé en position d'essai dans la chambre de brouillard jusqu'à ce que la conductivité de la couche atteigne sa valeur maximale. On applique alors, soit instantanément, soit dans un temps qui n'excède pas 5 s, la tension d'essai que l'on maintient jusqu'à ce que l'isolateur soit contourné, ou pendant 15 min s'il n'y a pas de contournement.

On sort ensuite l'isolateur de la chambre de brouillard et on le laisse sécher. Il est placé une deuxième fois dans la chambre de brouillard jusqu'à ce que la conductivité de la couche atteigne sa valeur maximale. La tension est alors appliquée de nouveau et maintenue jusqu'au contournement, ou pendant 15 min s'il n'y a pas de contournement.

Ce procédé sera répété une troisième fois, puis une quatrième si nécessaire (voir l'article 19).

La conductance de la couche pour cette série d'essais est la valeur maximale mesurée pendant le premier essai, et cette valeur est utilisée pour déterminer la conductivité de référence de la couche.

La conductance maximale de la couche mesurée au cours des essais ultérieurs n'est utilisée que pour vérifier le procédé de réhumidification.

Note. — Une variante possible du *procédé a)* consiste dans l'application de la tension d'essai à l'isolateur encore sec avant de commencer l'humidification. Quand cette variante est utilisée, la sévérité de l'essai peut être caractérisée soit par la densité équivalente du dépôt salin, soit par la conductivité de la couche mesurée sur un isolateur témoin, non soumis à la tension, pollué de la même façon que l'objet en essai, et humidifié jusqu'à saturation.

18.2 Procédé b)

La tension d'essai est appliquée, soit instantanément, soit dans un temps qui n'excède pas 5 s, à l'isolateur qui a été recouvert d'une couche convenable et que l'on a laissé vieillir jusqu'à ce que la conductivité ait atteint la valeur requise.

La tension d'essai doit être appliquée dans les 5 min suivant l'opération de vieillissement et doit être maintenue jusqu'au contournement, ou pendant 15 min s'il n'y a pas de contournement.

L'essai doit être répété le nombre de fois nécessaire (voir l'article 19) et il débutera toujours par un nettoyage de l'isolateur (voir l'article 13).

19. Essai de tenue

Le but de cet essai est de vérifier la conductivité tenue spécifiée de la couche à la tension d'essai spécifiée. L'isolateur est conforme à cette spécification si aucun contournement ne se produit au cours de trois essais consécutifs exécutés de la manière indiquée à l'article 18 selon le *procédé a)* ou *b)*. Si un seul contournement a lieu, un quatrième essai doit être effectué. L'isolateur remplit les conditions de l'essai s'il n'y a pas de contournement au cours de ce quatrième essai.

17. Determination of the layer conductivity

The layer conductivity is calculated by multiplying the layer conductance measured according to Clause 16 by the form factor of the insulator. The form factor shall be determined from the insulator dimensions. For graphical estimation of the form factor, the reciprocal value of the insulator circumference ($1/b$) is drawn against the leakage path s counted from the end of the insulator up to the point reckoned. The form factor is given by the area under this curve and calculated according to the formula:

$$f = \int_0^s \frac{ds}{b(s)}$$

The layer conductivity K shall be referred to a reference temperature of 20°C, using the following formula:

$$K_{20} = K_{\theta} \cdot \frac{1.6}{1 + 0.03 \theta}$$

where θ is the temperature of the insulator surface, expressed in degrees Celsius.

18. Test procedures

18.1 Procedure a)

The insulator under test shall be left in its test position in the fog chamber until the layer conductivity reaches its maximum value. The test voltage is then applied either instantaneously or in a time not exceeding 5 s, and maintained until flashover, or for 15 min if no flashover occurs.

The insulator is then removed from the fog chamber and allowed to dry. It is placed for the second time in the fog chamber until the layer conductivity reaches a maximum value. The voltage is then applied again and maintained until flashover, or for 15 min if no flashover occurs.

This procedure shall be repeated a third time, and also a fourth time if necessary (see Clause 19),

The layer conductance relevant to this series of tests is the maximum value measured during the first test, and this value is used to determine the reference layer conductivity.

The maximum layer conductance measured in subsequent tests is used only to check the rewetting process.

Note. — A possible variant of procedure a) consists in applying the test voltage on the still dry insulator before starting the wetting process. When this variant is used, the severity of the test may be characterized either by the equivalent salt deposit density or by the layer conductivity as measured on a separate insulator, not energized, polluted in the same way as the test object, and wetted to saturation.

18.2 Procedure b)

The test voltage is applied, either instantaneously or in a time not exceeding 5 s, to the insulator which has been provided with a suitable layer and allowed to age until the conductivity reaches the required value.

The test voltage shall be applied within 5 min after completion of the ageing, and shall be maintained until flashover, or for 15 min if no flashover occurs.

The test shall be repeated the necessary number of times (see Clause 19), starting with cleaning the insulator (see Clause 13).

19. Withstand test

The object of this test is to confirm the specified withstand layer conductivity at the specified test voltage. The insulator complies with this specification if no flashover occurs during three consecutive tests performed in accordance with Clause 18, *procedure a)* or *b)*. If only one flashover occurs, a fourth test shall be performed and the insulator then passes the test if no flashover occurs.

SECTION CINQ — CARACTÉRISTIQUES DE TENUE DES ISOLATEURS

20. Détermination des caractéristiques de tenue des isolateurs

Les sections deux, trois et quatre ont pour objet de vérifier la salinité tenue spécifiée ou la conductivité tenue spécifiée de la couche à la tension d'essai spécifiée. Cependant, on peut, en plus, déterminer les caractéristiques d'un isolateur dans une gamme de tensions en mesurant les valeurs de la salinité maximale tenue à un certain nombre de tensions ou les valeurs de tension maximale tenue pour un certain nombre de conductivités de référence de la couche. Les procédés proposés pour effectuer de telles mesures sont décrits ci-dessous (voir les paragraphes 20.1 et 20.2).

20.1 Détermination de la salinité maximale tenue à une tension donnée

L'isolateur doit être soumis à plusieurs essais à une tension donnée avec différentes salinités choisies parmi celles qui sont énumérées à l'article 7. La durée de chaque essai doit être de 1 h, si aucun contournement ne se produit avant l'écoulement de ce laps de temps.

Les essais peuvent être effectués dans n'importe quel ordre à condition que:

- a) au moins deux essais aboutissant à un contournement aient été faits avant que l'on entreprenne l'essai de tenue finale;
- b) lorsque le nombre total des essais aboutissant au contournement pour une salinité donnée atteint deux, aucun autre essai ne doit être effectué à des salinités égales ou supérieures;
- c) lorsque le nombre total des essais aboutissant à la tenue atteint trois, aucun autre essai ne doit être effectué à des salinités égales ou inférieures.

La salinité maximale tenue est la salinité la plus élevée pour laquelle on peut obtenir trois essais de tenue.

Remarque. — Si l'isolateur tient deux essais à la salinité de 224 kg/m³, la tension est augmentée par paliers de 10% de la tension spécifiée toutes les 5 min jusqu'au contournement. Après le contournement, la tension est appliquée à nouveau et augmentée le plus rapidement possible jusqu'à 90% de la tension de contournement, et ensuite augmentée par paliers de 5% de la tension de contournement initiale toutes les 5 min jusqu'au contournement. Ce dernier procédé est répété deux autres fois: c'est-à-dire la tension est augmentée rapidement jusqu'à 90% de la tension de contournement initiale et puis par paliers de 5% jusqu'au contournement. Après les quatre contournements, on dissipe le brouillard, on nettoie l'isolateur à l'eau du robinet et l'on effectue des essais de tenue (voir l'article 11) à une salinité de 224 kg/m³.

Si l'on obtient quatre essais de tenue à la salinité de 224 kg/m³, la salinité maximale tenue doit être considérée comme étant égale ou supérieure à 224 kg/m³. Si l'on obtient un essai de contournement et trois essais de tenue à la salinité de 224 kg/m³, cette salinité doit être considérée comme étant la salinité maximale tenue. Si l'on obtient deux essais de contournement à la salinité de 224 kg/m³, l'isolateur est essayé à nouveau à une salinité inférieure suivant les points a), b) et c) du présent paragraphe.

20.2 Détermination de la tension maximale tenue à une conductivité de référence donnée de la couche

Une série d'essais sera effectuée sur des isolateurs ayant la même valeur de conductivité de référence de la couche, valeur choisie parmi celles qui sont énumérées à l'article 14.

Pour le *procédé a)*, on peut entreprendre jusqu'à cinq essais consécutifs sur un isolateur avec un même revêtement, mais pour le *procédé b)*, un seul essai doit être effectué avec un même revêtement.

Chacun des essais doit être effectué à chacun des niveaux d'une série de tensions dont chaque niveau aura environ 1,05 fois la valeur du niveau immédiatement inférieur.

Chaque essai doit être exécuté conformément à l'article 18 selon le *procédé a)* ou *b)*, suivant le cas.

Ces essais peuvent être entrepris dans n'importe quel ordre à condition que:

- a) lorsque le nombre total des essais aboutissant au contournement pour toute tension atteint deux, aucun autre essai ne doit être effectué à des niveaux de tension égaux ou supérieurs;
- b) lorsque le nombre total des essais aboutissant à la tenue pour une tension donnée atteint trois, aucun autre essai ne doit être effectué à des niveaux de tension égaux ou inférieurs.

La tension maximale tenue est la tension la plus élevée pour laquelle on peut obtenir trois essais de tenue.

SECTION FIVE — WITHSTAND CHARACTERISTICS OF INSULATORS

20. Determination of withstand characteristics of insulators

Sections Two, Three and Four deal with the verification of the specified withstand salinity or specified withstand layer conductivity at the specified test voltage. In addition, however, the characteristics of an insulator over a range of voltage can be determined by measuring the maximum withstand salinity values at a number of voltages or the maximum withstand voltage values at a number of reference layer conductivities. Procedures suggested for such measurements are described below (see Sub-clauses 20.1 and 20.2).

20.1 Determination of the maximum withstand salinity at a given applied voltage.

The insulator shall be subjected to a number of tests at a given applied voltage and at different salinities amongst those listed in Clause 7. The duration of each test shall be 1 h, if no flashover occurs before that time has elapsed.

The tests can be carried out in any sequence providing that:

- a) at least two tests resulting in flashover are made before the final withstand test;
- b) when the total number of flashover tests at any salinity reaches two, no further tests shall be carried out at the same or higher salinities;
- c) when the total number of withstand tests reaches three, no further tests shall be carried out at the same or lower salinities.

The maximum withstand salinity is the highest salinity at which three withstand tests can be obtained.

Remark. — If the insulator withstands two tests at 224 kg/m³ salinity, the voltage is raised in steps of 10% of the specified voltage every 5 min until flashover. After flashover, the voltage is reapplied and raised as quickly as possible to 90% of the flashover voltage, and thereafter increased in steps of 5% of the initial flashover voltage every 5 min until flashover. The last process is repeated two further times: that is the voltage is raised rapidly to 90% of the initial flashover voltage and then in steps of 5% until flashover. After the four flashovers, the fog is cleared, the insulator washed down with tap water and withstand tests (see Clause 11) at 224 kg/m³ salinity are carried out.

If four withstand tests are recorded at 224 kg/m³ salinity, the maximum withstand salinity shall be assumed as being equal to or greater than 224 kg/m³. If one flashover test and three withstand tests are recorded at 224 kg/m³ salinity, this salinity shall be considered as the maximum withstand salinity. If two flashover tests are recorded at 224 kg/m³ salinity, the insulator is retested at a lower salinity in accordance with a), b), and c) of this sub-clause.

20.2 Determination of the maximum withstand voltage at a given reference layer conductivity

A series of tests shall be carried out on insulators having the same value of reference layer conductivity, chosen from those listed in Clause 14.

For *procedure a)*, up to five successive tests may be performed on an insulator with the same coating, but for *procedure b)*, only a single test shall be performed with the same coating.

Each test shall be carried out at any one of a number of voltage levels, each of which shall be about 1.05 times the next lower value.

Each test shall be made in accordance with Clause 18, *procedure a)* or *b)*, as appropriate.

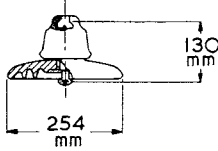
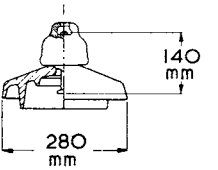
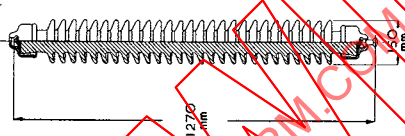
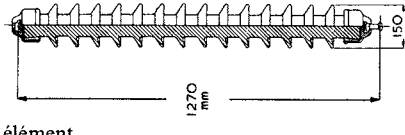
The tests can be carried out in any sequence provided that:

- a) when the total number of flashover tests at any voltage reaches two, no further tests shall be carried out at the same or higher voltage levels;
- b) when the total number of withstand tests at any voltage reaches three, no further tests shall be carried out at the same or lower voltage levels.

The maximum withstand voltage is the highest voltage at which three withstand tests can be obtained.

TABLEAU III

*Valeurs moyennes des caractéristiques de tenue d'isolateurs de suspension pris comme référence
dans les essais sous pollution artificielle
Chaînes simples en disposition verticale*

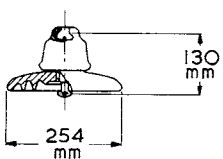
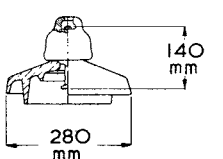
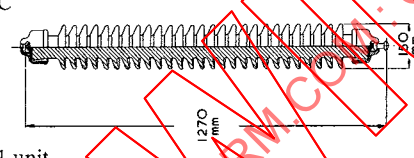
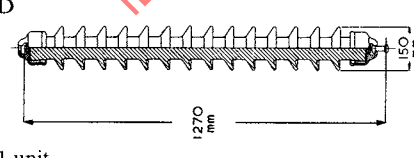
Type de l'isolateur et nombre d'éléments par chaîne	Méthode du brouillard salin		Méthode de la couche solide			
	Tension appliquée (valeur efficace)	Salinité maximale tenue	Procédé a)		Procédé b)	
			Conductivité de référence de la couche	Tension maximale tenue (valeur efficace)	Conductivité de référence de la couche	Tension maximale tenue (valeur efficace)
	kV	g/l	μS	kV	μS	kV
A  10 éléments Longueur totale de la ligne de fuite: 2690 mm	85	10	10	—	10	95
			40	—	40	55
B  9 éléments Longueur totale de la ligne de fuite: 3900 mm	85	160	10	140	10	130
			40	85	40	75
C  1 élément Longueur totale de la ligne de fuite: 2800 mm	85	10	10	80	10	120
			40	55	40	70
D  1 élément Longueur totale de la ligne de fuite: 1890 mm	85	5	10	80	10	105
			40	50	40	65

Note. — Ces isolateurs font l'objet du Rapport C.I.G.R.E. N° 234, Session 1960, Annexe IV.

TABLE III

Average withstand characteristics of reference suspension insulators in artificial pollution tests

Single strings in vertical arrangement

Insulator type and number of units per string	Salt-fog method		Solid-layer method			
	Applied voltage (r.m.s.)	Maximum withstand salinity	Procedure a)		Procedure b)	
			Reference layer conductivity	Maximum withstand voltage (r.m.s.)	Reference layer conductivity	Maximum withstand voltage (r.m.s.)
	kV	g/l	μS	kV	μS	kV
A  10 units Overall leakage path length: 2690 mm	85	10	10	—	10	95
			40	—	40	55
B  9 units Overall leakage path length: 3900 mm	85	160	10	140	10	130
			40	85	40	75
C  1 unit Overall leakage path length: 2800 mm	85	10	10	80	10	120
			40	55	40	70
D  1 unit Overall leakage path length: 1890 mm	85	5	10	80	10	105
			40	50	40	65

Note. — These insulators are dealt with in C.I.G.R.E. Report No. 234, Session 1960, Appendix IV.

21. Caractéristiques de tenue d'isolateurs de suspension pris comme référence

Pour faciliter le contrôle d'équipements de laboratoire existants ou nouveaux destinés aux essais sous pollution artificielle, on donne dans le tableau III des valeurs moyennes des caractéristiques de tenue de quelques isolateurs de suspension pris comme référence. Ces valeurs sont fondées sur les résultats de quelques laboratoires qui utilisent parfois des techniques légèrement différentes de celles qui sont recommandées dans ce rapport. Les valeurs pourront, par conséquent, être modifiées à la lumière d'expériences ultérieures.

Les laboratoires qui commencent les essais sous pollution artificielle peuvent s'attendre à des variations allant jusqu'à $\pm 15\%$ pour les méthodes avec couche solide et jusqu'à $\pm$ deux échelons du tableau de salinité pour la méthode du brouillard salin. Grâce à davantage d'expérience, on peut s'attendre à des réductions de ces variations.

SECTION SIX — LOIS DE COMPORTEMENT DES ISOLATEURS

22. Lois de comportement

Pour permettre d'obtenir plus d'informations à partir d'un nombre réduit d'essais, on donne les trois lois de comportement suivantes qui sont fondées sur des essais utilisant les deux catégories de pollution artificielle.

- 1) Les isolateurs qui se composent de plusieurs parties identiques ayant le même profil ou les chaînes d'isolateurs composées d'éléments identiques auront la même salinité tenue ou conductivité tenue si le rapport entre la tension appliquée et la longueur de la ligne de fuite est le même. On sait que cet énoncé est valable pour une variation de la ligne de fuite dans le rapport de 3 ou 4 à 1 et pour des tensions appliquées allant jusqu'à 450 kV.
- 2) Dans le cas d'isolateurs cylindriques ayant des profils d'ailette identiques, un isolateur ayant un diamètre plus petit aura, pour une même tension, une salinité tenue ou une conductivité tenue au moins égale à celle d'un isolateur ayant un diamètre plus grand et la même ligne de fuite.
- 3) Tout isolateur dont l'axe est vertical ne pourra pas avoir, pour une même tension d'essai, une salinité tenue ou une conductivité tenue supérieure à celle du même isolateur placé dans n'importe quelle autre position (soit inclinée, soit horizontale).

SECTION SEPT — REMARQUES TECHNIQUES

23. Source de tension d'essai pour les essais sous pollution artificielle

La spécification des caractéristiques de la source de tension d'essai est un sujet très important à cause du coût élevé du transformateur et du régulateur, mais, par suite du comportement complexe du circuit, il est très difficile de définir de façon convenable ce qui est nécessaire.

Trois moyens possibles pour spécifier les caractéristiques de la source de tension peuvent être considérés.

- 1) Spécifier un courant de court-circuit minimal.
- 2) Spécifier une limite de la chute de tension observée, chute due aux courants de fuite pendant l'essai.
- 3) Spécifier un procédé impliquant un courant de décharge ayant une forme d'onde semblable à celle observée pendant les essais de l'isolateur, avec une limitation par la variation observée sur la tension.

Les trois méthodes souffrent toutes de la limitation due à ce que l'effet de distorsion de l'onde de tension sur la performance réelle de l'isolateur ne peut pas être exactement prévu. Le contournement ne dépend pas uniquement de l'amplitude de la tension de crête parce que, pour provoquer un contournement, la décharge doit avoir le temps de parcourir la surface de l'isolateur avant que l'amplitude de la tension ne soit réduite à une valeur à laquelle la décharge est stable. Donc, une oscillation parasite produisant une légère surtension qui engendre une décharge avant le moment où elle se serait normalement produite peut créer un faux contournement.