

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

Withdrawn



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 1989 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 19.080

CORRIGENDUM

Page 112

Figure 1

Remplacer la figure existante par la nouvelle figure suivante:

Replace the existing figure by the following new figure:

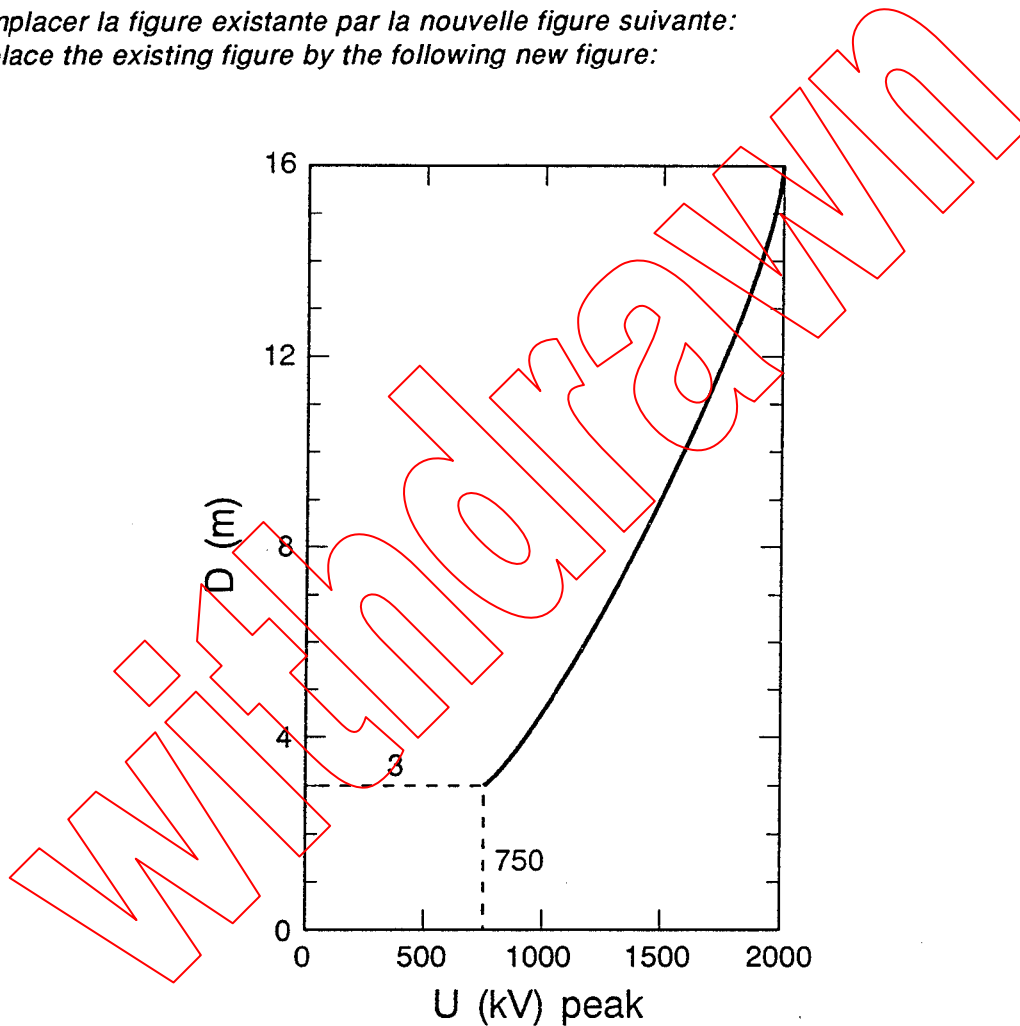


Figure 1 – Distance minimale D des objets sous tension ou à la terre à l'électrode sous tension d'un objet en essai, pendant un essai en tension alternative ou en tension de choc de manoeuvres positive avec tension maximale U appliquée pendant l'essai.

Minimum clearance D of extraneous live or grounded objects to the energized electrode of a test object, during an a.c. or positive switching impulse test at the maximum voltage U applied during test.

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	12
PRÉFACE	12
Articles	
Section 1 : Généralités	14
1 Domaine d'application	14
2 Objet	14
Section 2 : Définitions générales	16
3 Chocs	16
3.1 Chocs de foudre et de manoeuvres	16
4 Caractéristiques relatives à la décharge disruptive et aux tensions d'essai	16
4.1 Décharge disruptive	16
4.2 Caractéristiques de la tension d'essai	18
4.3 Tension de décharge disruptive d'un objet en essai	18
4.4 Caractéristiques statistiques des tensions de décharge disruptive	18
4.5 Tension de tenue d'un objet en essai	20
4.6 Tension de décharge disruptive assurée d'un objet en essai	20
5 Classification des isolations en des objets en essai	20
5.1 Isolation externe	20
5.2 Isolation interne	22
5.3 Isolation autorégénératrice	22
5.4 Isolation non autorégénératrice	22
Section 3 : Prescriptions générales relatives aux modalités d'essais et aux objets en essai	24
6 Prescriptions générales pour les modalités d'essai	24
7 Dispositions générales de l'objet en essai	24
8 Essais à sec	26
9 Essais sous pluie	26
9.1 Procédure normalisée d'essais sous pluie	26
9.2 Modalités traditionnelles d'essais sous pluie sous tension alternative	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	13
PREFACE	13
Clause	
Section 1: General	15
1 Scope	15
2 Object	15
Section 2: General Definitions	17
3 Impulses	17
3.1 Lightning and switching impulses	17
4 Characteristics related to disruptive discharge and test voltages	17
4.1 Disruptive discharge	17
4.2 Characteristics of the test voltage	19
4.3 Disruptive discharge voltage of a test object	19
4.4 Statistical characteristics of disruptive discharge voltages	19
4.5 Withstand voltage of a test object	21
4.6 Assured disruptive discharge voltage of a test object	21
5 Classification of insulation in test objects	21
5.1 External insulation	21
5.2 Internal insulation	23
5.3 Self-restoring insulation	23
5.4 Non-self-restoring insulation	23
Section 3: General Requirements Relating to Test Procedures and Test Objects	25
6 General requirements for test procedures	25
7 General arrangement of the test object	25
8 Dry tests	27
9 Wet tests	27
9.1 Standard wet test procedure	27
9.2 Traditional procedures for wet tests with alternating voltages	31

10	Essais sous pollution artificielle	30
10.1	Préparation de l'objet en essai	32
10.2	Modalités d'essai	32
10.3	Degré de pollution	34
11	Conditions atmosphériques	36
11.1	Atmosphère normalisée de référence	36
11.2	Facteurs de correction atmosphérique	36
11.3	Essais sous pluie, essais sous pollution artificielle et essais avec des tensions combinées	38
11.4	Exigences contradictoires résultant d'essais de l'isolation interne et de l'isolation externes	40
11.5	Mesure de l'humidité	40
Section 4 : Essais en tension continue		42
12	Définitions concernant les essais en tension continue	42
12.1	Valeur de la tension d'essai	42
12.2	Ondulation	42
13	Tension d'essai	42
13.1	Prescriptions relatives à la tension d'essai	42
13.2	Production de la tension d'essai	42
13.3	Mesurage de la tension d'essai	44
13.4	Mesure du courant d'essai	46
14	Modalités d'essais	46
14.1	Essais de tension de tenue	46
14.2	Essais de tension de décharge disruptive	48
14.3	Essais de tension de décharge disruptive assurée	48
Section 5 : Essais en tension alternative		50
15	Définitions concernant les essais en tension alternative	50
15.1	Définitions concernant les essais en tension alternative	50
15.2	Valeur de crête	50
15.3	Valeur efficace	50
16	Tension d'essai	50
16.1	Prescriptions relatives à la tension d'essai	50
16.2	Production de la tension d'essai	52
16.3	Mesure de la tension d'essai	54
17	Modalités d'essais	56
17.1	Essais de tension de tenue	56
17.2	Essais de tension de décharge disruptive	56
17.3	Essais de tension de décharge disruptive assurée	58

10	Artificial pollution tests	31
10.1	Preparation of test object	33
10.2	Test procedures	33
10.3	Degree of pollution	35
11	Atmospheric conditions	37
11.1	Standard reference atmosphere	37
11.2	Atmospheric correction factors	37
11.3	Wet tests, tests under artificial pollution and combined tests	39
11.4	Conflicting requirements for testing internal and external insulation	41
11.5	Measurement of humidity	41
Section 4: Tests with Direct Voltage		43
12	Definitions for direct voltage tests	43
12.1	Value of the test voltage	43
12.2	Ripple	43
13	Test voltage	43
13.1	Requirements for the test voltage	43
13.2	Generation of the test voltage	43
13.3	Measurement of the test voltage	45
13.4	Measurement of the test current	47
14	Test procedures	47
14.1	Withstand voltage tests	47
14.2	Disruptive discharge voltage tests	49
14.3	Assured disruptive discharge voltage tests	49
Section 5: Tests with Alternating Voltage		51
15	Definitions for alternating voltage tests	51
15.1	Definitions for alternating voltage tests	51
15.2	Peak value	51
15.3	R.M.S. value	51
16	Test Voltage	51
16.1	Requirements for the test voltage	51
16.2	Generation of the test voltage	53
16.3	Measurement of the test voltage	55
17	Test procedures	57
17.1	Withstand voltage tests	57
17.2	Disruptive discharge voltage tests	57
17.3	Assured disruptive discharge voltage tests	59

Section 6 : Essais en tension de choc de foudre	60
18 Définitions concernant les essais aux chocs de foudre	60
18.1 Définitions d'application générale	60
18.2 Définitions propres aux tensions de chocs coupées	62
18.3 Courbes tension/temps	64
19 Tension d'essai	64
19.1 Choc de foudre normalisé	64
19.2 Tolérances	64
19.3 Choc de foudre coupé normalisé	66
19.4 Chocs de foudre spéciaux	66
19.5 Production de la tension d'essai	66
19.6 Mesure de la tension d'essai et détermination de la forme du choc	66
19.7 Mesure du courant lors des essais avec des tensions de choc	68
20 Modalités pour les essais	68
20.1 Essais de tension de tenue	68
20.2 Modalités pour essais de tension de décharge disruptive assurée	72
Section 7 : Essais aux chocs de manoeuvres	74
21 Définitions concernant les essais de chocs de manoeuvre	74
21.1 Choc de manoeuvre	74
21.2 Valeur de la tension d'essai	74
21.3 Durée jusqu'à la crête T_p	74
21.4 Durée jusqu'à la mi-valeur T_2	74
21.5 Durée au-dessus de 90 % T_d	74
21.6 Durée jusqu'à zéro T_0	74
21.7 Durée jusqu'à la coupure T_c	76
21.8 Choc à front linéaire	76
22 Tension d'essai	76
22.1 Choc de manoeuvre normalisé	76
22.2 Tolérances	76
22.3 Chocs de manoeuvre spéciaux	76
22.4 Production de la tension d'essai	78
22.5 Mesure de la tension d'essai et détermination de la forme du choc	78
23 Procédures d'essai	78
Section 8 : Essais aux chocs de courant	80
24 Définitions concernant les essais aux chocs de courant	80
24.1 Chocs de courant	80
24.2 Valeur du courant d'essai	80
24.3 Durée du front T_1	80
24.4 Origine conventionnelle O_1	80
24.5 Durée jusqu'à la mi-valeur T_2	80
24.6 Durée de la crête d'un choc de courant rectangulaire T_d	80
24.7 Durée totale d'un choc de courant rectangulaire T_t	82

Section 6: Tests with Lightning Impulse Voltage	61
18 Definitions for lightning impulse tests	61
18.1 Definitions of general applicability	61
18.2 Definitions applicable only to chopped impulses	63
18.3 Voltage/time curves	65
19 Test Voltage	65
19.1 Standard lightning impulse	65
19.2 Tolerances	65
19.3 Standard chopped lightning impulse	67
19.4 Special lightning impulses	67
19.5 Generation of the test voltage	67
19.6 Measurement of the test voltage and determination of impulse shape	67
19.7 Measurement of current during tests with impulse voltages	69
20 Test Procedures	69
20.1 Withstand voltage tests	69
20.2 Procedures for assured discharge voltage tests	73
Section 7: Tests with Switching Impulses	75
21 Definitions for switching impulse tests	75
21.1 Switching impulse	75
21.2 Value of the test voltage	75
21.3 Time to peak T_p	75
21.4 Time to half-value T_2	75
21.5 Time above 90% T_d	75
21.6 Time to zero T_c	75
21.7 Time to chopping T_c	77
21.8 Linearly rising impulse	77
22 Test voltage	77
22.1 Standard switching impulse	77
22.2 Tolerances	77
22.3 Special switching impulses	77
22.4 Generation of the test voltage	79
22.5 Measurement of test voltage and determination of impulse shape	79
23 Test procedures	79
Section 8: Tests with Impulse Current	81
24 Definitions for impulse current tests	81
24.1 Impulse current	81
24.2 Value of the test current	81
24.3 Front time T_1	81
24.4 Virtual origin O_1	81
24.5 Time to half-value T_2	81
24.6 Duration of peak of a rectangular impulse current T_d	81
24.7 Total duration of a rectangular impulse current T_i	83

25	Courant d'essai	82
25.1	Chocs de courant normalisés	82
25.2	Tolérances	82
25.3	Mesure du courant d'essai	84
25.4	Mesure de la tension pendant les essais de courants de choc	84
Section 9 : Essais avec des tensions combinées et essais composites		86
26	Essais sous tensions combinées	86
26.1	Valeur de la tension d'essai U	86
26.2	Décalage temporel Δt	86
26.3	Formes d'ondes de tension réelles	86
26.4	Disposition de l'objet en essai	88
26.5	Facteurs de correction atmosphérique	88
27	Essais composites	88
Annexe A : Traitement statistique des résultats d'essais		90
A.1	Classification des essais	90
A.1.1	Classe 1 : Méthode des paliers multiples	90
A.1.2	Classe 2 : Essais de montée et descente	90
A.1.3	Classe 3 : Méthodes des décharges	90
A.2	Caractère statistique des décharges disruptives	92
A.2.1	Intervalle de confiance et erreur statistique	92
A.3	Analyse des résultats d'essais	94
A.3.1	Traitement des résultats des essais de Classe 1	94
A.3.2	Traitement des résultats des essais de Classe 2	96
A.3.3	Traitement des résultats des essais de Classe 3	96
A.4	Application des méthodes de vraisemblance	98
A.4.1	Fonction de vraisemblance	98
A.4.2	Estimation de U_{50} et z	100
Annexe B : Modalités d'essais sous pollution		102
B.1	Production du brouillard salin	102
B.1.1	Préparation de la solution saline	102
B.1.2	Description détaillée du système de pulvérisation	102
B.2	Méthode d'application et d'humidification de la couche solide	102
B.2.1	Préparation du produit à déposer	102
B.2.2	Principales caractéristiques des matériaux inertes	104
B.2.3	Procédure d'application du revêtement et d'humidification	104
B.3	Mesure du degré de pollution	106
B.3.1	Conductivité de surface	106

25	Test current	83
25.1	Standard impulse currents	83
25.2	Tolerances	83
25.3	Measurement of the test current	85
25.4	Measurement of voltage during tests with impulse current	85
Section 9: Combined and Composite Tests		87
26	Combined voltage tests	87
26.1	Value of the test voltage U	87
26.2	Time delay Δt	87
26.3	Actual voltage shapes	87
26.4	Arrangement of the test object	89
26.5	Atmospheric correction factors	89
27	Composite tests	89
Appendix A: Statistical Treatment of Test Results		91
A.1	Classification of tests	91
A.1.1	Class 1: Multiple-level tests	91
A.1.2	Class 2: Up-and-down tests	91
A.1.3	Class 3: Successive Discharge Tests	91
A.2	Statistical Behaviour of Disruptive Discharge	93
A.2.1	Confidence limits and statistical error	93
A.3	Analysis of Test Results	95
A.3.1	Treatment of Results from Class 1 Tests	95
A.3.2	Treatment of Results from Class 2 Tests	97
A.3.3	Treatment of Results from Class 3 Tests	97
A.4	Application of likelihood methods	99
A.4.1	The likelihood function	99
A.4.2	Estimation of U_{50} and z	101
Appendix B: Pollution Test Procedures		103
B.1	Production of salt fog	103
B.1.1	Preparation of salt solution	103
B.1.2	Details of spraying system	103
B.2	Pre-deposition of pollution, coating and wetting procedure	103
B.2.1	Preparation of coating material	103
B.2.2	Main characteristics of the inert materials	105
B.2.3	Solid coating and wetting procedure	105
B.3	Measurement of the degree of pollution	107
B.3.1	Surface conductivity of the insulating surface	107

B.3.2	Quantité équivalente de chlorure de sodium par cm ² de surface isolante (S.D.D. mg/cm ²)	106
Annexe C : Etalonnage d'un dispositif de mesure non-approuvé à l'aide d'un éclateur pointe/pointe		
C.1	Disposition générale	110
C.2	Valeurs de référence	110
C.3	Procédure d'étalonnage	110
Figures		112

Withdrawn

B.3.2 Equivalent amount of sodium chloride per square centimetre of the insulating surface (S.D.D. mg/cm ²).	107
Appendix C: Calibration of a Non-Approved Measurement Device with a Rod/Rod Gap	111
C.1 General arrangement of a rod/rod gap	111
C.2 Reference Values	111
C.3 Calibration Procedure	111
Figures	112

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES DES ESSAIS HAUTE TENSION

Partie 1 : Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études 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

La présente norme a été établie par le Comité d'Études No. 42 de la CEI : Technique des essais à haute tension.

La texte de cette norme est issu des documents suivants :

Règle des Six Mois	Rapport de vote
42(BC)40	42(BC)41

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES

Part 1: General definitions and test requirements

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 examined.
- 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 standard has been prepared by IEC Technical Committee 42: High Voltage testing techniques .

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

Six Month's Rule	Report on Voting
42(CO)40	42(CO)41

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

TECHNIQUE DES ESSAIS HAUTE TENSION

PARTIE 1 : DEFINITIONS, PRESCRIPTIONS ET MODALITÉS RELATIVES AUX ESSAIS

Section 1 : Généralités

1 Domaine d'application

La présente norme est applicable :

- aux essais diélectriques en tension continue,
- aux essais diélectriques en tension alternative,
- aux essais diélectriques en tension de choc,
- aux essais en courant de choc,
- aux essais combinant les essais ci-dessus.

Cette norme n'est applicable qu'aux essais de matériels ayant leur tension la plus élevée pour le matériel U_m supérieure à 1 kV.

Elle n'est pas destinée à être utilisée pour les essais de compatibilité électromagnétique sur du matériel électrique ou électronique.

2 Objet

L'objet de la présente norme est :

- de définir les termes d'application générale ou particuliers,
- de présenter les prescriptions générales relatives à l'objet en essai et les modalités d'essai,
- de décrire les méthodes pour produire et mesurer les tensions et les courants d'essai,
- de décrire les modalités d'essai,
- de décrire les méthodes d'interprétation des résultats d'essai et d'indiquer les critères d'acceptation ou de refus.

Les définitions et prescriptions concernant les dispositifs de mesure approuvés et les méthodes de contrôle sont données dans la Publication 60-3 de la CEI : Technique des essais à haute tension — Dispositifs de mesure.

Des variantes aux procédures d'essais peuvent être exigées pour obtenir des résultats reproductibles et significatifs. Le choix de la procédure d'essais doit être fait par le Comité d'Études concerné.

HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES

PART 1: GENERAL DEFINITIONS AND TEST REQUIREMENTS

Section 1: General

1 Scope

This standard is applicable to:

- dielectric tests with direct voltage;
- dielectric tests with alternating voltage;
- dielectric tests with impulse voltage;
- tests with impulse current;
- tests with combinations of the above.

This standard is applicable only to tests on equipment having its highest voltage for equipment U_m above 1 kV.

This standard is not intended to be used for electromagnetic compatibility tests on electric or electronic equipment.

2 Object

The object of this standard is:

- to define terms of both general and specific applicability;
- to present general requirements regarding test objects and test procedures;
- to describe methods for generation and measurement of test voltages and currents;
- to describe test procedures;
- to describe methods for the evaluation of test results and to indicate criteria for acceptance or refusal.

Definitions and requirements concerning approved measuring devices and checking methods are given in IEC Publication 60-3: High Voltage Test Techniques — Measuring Devices.

Alternative test procedures may be required to obtain reproducible and significant results. The choice of a suitable test procedure should be made by the relevant Technical Committee.

Section 2 : Définitions générales

3 Chocs

Un choc est une tension ou un courant transitoire apériodique appliqué intentionnellement qui habituellement croît rapidement jusqu'à une valeur de crête, puis décroît plus lentement jusqu'à zéro.

Pour des besoins spéciaux, des chocs ayant des fronts approximativement linéaires, ou des transitoires de forme oscillante ou approximativement rectangulaire, sont utilisés.

Le terme «choc» doit être distingué du terme «surtension» qui se réfère aux phénomènes transitoires se produisant dans les matériels électriques et les réseaux en service.

3.1 Chocs de foudre et de manoeuvres

Une distinction est faite entre les chocs de foudre et les chocs de manoeuvre d'après la durée du front. Les chocs dont les durées du front vont jusqu'à 20 μ s sont considérés comme étant des chocs de foudre, et ceux qui ont une durée de front plus longue comme étant des chocs de manoeuvres.

Généralement, les chocs de manoeuvres sont également caractérisés par des durées totales considérablement plus longues que celles des chocs de foudre.

4 Caractéristiques relatives à la décharge disruptive et aux tensions d'essai

4.1 Décharge disruptive

Dans la présente norme, le terme «décharge disruptive», ou quelquefois «claquage», s'applique aux phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous une contrainte électrique, pendant lesquels la décharge court-circuit complètement l'isolation en essai, réduisant la tension appliquée entre les électrodes à une valeur pratiquement nulle. Il s'applique au claquage des diélectriques solides, liquides et gazeux ou de leurs combinaisons.

Des décharges fugitives pendant lesquelles l'objet en essai est court-circuité momentanément par une étincelle ou un arc peuvent se produire. La tension aux bornes de l'objet en essai est alors réduite momentanément à zéro ou à une très faible valeur. Selon les caractéristiques du circuit d'essai et de l'objet, la tenue diélectrique peut être restaurée, la tension d'essai pouvant même être dépassée. Ceci doit être considéré comme une décharge disruptive sauf spécification contraire du Comité d'Études concerné.

Des décharges non-disruptives comme celles entre des électrodes ou des conducteurs intermédiaires peuvent également se produire sans réduction à zéro de la tension d'essai. Il convient de ne pas considérer cette décharge comme une décharge disruptive sauf spécification contraire du Comité d'Études concerné.

Certaines décharges non disruptives sont dénommées «décharges partielles» et sont traitées dans la Publication CEI 270 : Mesure des décharges partielles.

Le terme «amorçage» est utilisé quand une décharge disruptive se produit dans un milieu gazeux ou liquide.

Section 2: General Definitions

3 Impulses

An impulse is an intentionally applied aperiodic transient voltage or current which usually rises rapidly to a peak value and then falls more slowly to zero.

For special purposes, impulses having approximately linearly rising fronts or transients of oscillating or approximately rectangular form are used.

The term "impulse" is to be distinguished from the term "surge" which refers to transients occurring in electrical equipment or networks in service.

3.1 Lightning and switching impulses

A distinction is made between lightning and switching impulses on the basis of duration of the front. Impulses with front duration up to 20 μ s are defined as lightning impulses and those with longer fronts are defined as switching impulses.

Generally, switching impulses are also characterized by total durations considerably longer than those of lightning impulses.

4 Characteristics related to disruptive discharge and test voltages

4.1 Disruptive discharge

In this standard, the term "disruptive discharge" (sometimes referred to as "electrical breakdown") relates to phenomena associated with the failure of insulation under electrical stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes practically to zero. It applies to electrical breakdown in solid, liquid and gaseous dielectrics and combinations of these.

Non-sustained disruptive discharge in which the test object is momentarily bridged by a spark or arc may occur. During these events the voltage across the test object is momentarily reduced to zero or to a very small value. Depending on the characteristics of the test circuit and the test object, a recovery of dielectric strength may occur and may even permit the test voltage to reach a higher value. Such an event should be interpreted as a disruptive discharge unless otherwise specified by the relevant Technical Committee.

Non-disruptive discharges such as those between intermediate electrodes or conductors may also occur without reduction of the test voltage to zero. Such an event should not be interpreted as a disruptive discharge unless so specified by the relevant Technical Committee.

Some non-disruptive discharges are termed "partial discharges" and are dealt with in IEC Publication 270: Partial Discharge Measurements.

The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid medium.

Le terme «contournement» est utilisé quand une décharge disruptive se produit à la surface d'un diélectrique dans un milieu gazeux ou liquide.

Le terme «perforation» est utilisé quand une décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

Une décharge disruptive dans un diélectrique solide conduit à la perte permanente de tenue diélectrique alors que dans un diélectrique liquide ou gazeux la perte peut n'être que temporaire.

4.2 *Caractéristiques de la tension d'essai*

Les caractéristiques d'une tension d'essai sont celles qui sont spécifiées dans cette norme pour définir les différents types de tension d'essai.

4.2.1 *Caractéristiques présumées d'une tension d'essai*

Les caractéristiques présumées d'une tension d'essai produisant une décharge disruptive sont celles qui auraient été obtenues si aucune décharge disruptive ne s'était produite. Lorsqu'il est fait référence aux caractéristiques présumées, ce fait doit être clairement mentionné.

4.2.2 *Caractéristiques réelles d'une tension d'essai*

Caractéristiques de la tension appliquée pendant l'essai aux bornes de l'objet en essai.

4.2.3 *Valeur de la tension d'essai*

Valeur de la tension définie par les articles correspondants de la présente norme.

4.3 *Tension de décharge disruptive d'un objet en essai*

La tension de décharge disruptive d'un objet en essai est la valeur de la tension d'essai provoquant une décharge disruptive, comme spécifié, pour les différents essais, dans les articles correspondants de la présente norme.

4.4 *Caractéristiques statistiques des tensions de décharge disruptive*

Les tensions de décharge disruptive sont sujettes à des variations aléatoires et, en général, il faut faire un certain nombre d'observations pour obtenir une valeur de la tension ayant une signification statistique. Les procédures d'essai, décrites dans la présente norme, sont généralement fondées sur des considérations statistiques. Des renseignements sur l'évaluation statistique des résultats d'essai sont donnés dans l'Annexe A.

4.4.1 *Probabilité de décharge disruptive p d'un objet en essai*

Probabilité p que l'application d'une tension, d'amplitude présumée et de forme données, conduise à une décharge disruptive sur l'objet en essai. Le paramètre p peut être exprimé sous forme de pourcentage ou de nombre fractionnaire.

The term “flashover” is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a dielectric in a gaseous or liquid medium.

The term “puncture” is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength; in a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

4.2 *Characteristics of the test voltage*

The characteristics of a test voltage are those characteristics specified in this standard for designating the different types of voltage excursion that define the test voltage.

4.2.1 *Prospective characteristics of a test voltage*

The prospective characteristics of a test voltage causing disruptive discharge are the characteristics which would have been obtained if no disruptive discharge had occurred. When a prospective characteristic is used, this shall always be stated.

4.2.2 *Actual characteristics of a test voltage*

The actual characteristics of a test voltage are those which occur during the test at the terminals of the test object.

4.2.3 *Value of the test voltage*

The value of the test voltage is defined in the relevant Clauses of the present standard.

4.3 *Disruptive discharge voltage of a test object*

The disruptive discharge voltage of a test object is the value of the test voltage causing disruptive discharge, as specified, for the various tests, in the relevant Clauses of the present standard.

4.4 *Statistical characteristics of disruptive discharge voltages*

Disruptive discharge voltages are subject to random variations and, usually, a number of observations must be made in order to obtain a statistically significant value of the voltage. The test procedures, described in the present standard, are generally based on statistical considerations. Information on the statistical evaluation of test results is given in Appendix A.

4.4.1 *Disruptive discharge probability p of a test object*

The disruptive discharge probability p of a test object is the probability that one application of a certain prospective voltage value of a given shape will cause disruptive discharge in the test object. The parameter p may be expressed as a percentage or a fraction.

4.4.2 Probabilité de tenue q d'un objet en essai

Probabilité q que l'application d'une tension, d'amplitude présumée et de forme données n'entraîne pas de décharge disruptive sur l'objet en essai. Si p est la probabilité de décharge disruptive, la probabilité de tenue q est $(1 - p)$.

4.4.3 Tension 50 % de décharge disruptive U_{50} d'un objet en essai

Valeur de la tension présumée qui a une probabilité de 50 % de produire une décharge disruptive sur l'objet en essai.

4.4.4 Tension p % de décharge disruptive U_p d'un objet en essai

Valeur de la tension présumée qui a une probabilité de p % de produire une décharge disruptive sur l'objet en essai.

4.4.5 Dispersion conventionnelle z de la tension de décharge disruptive d'un objet en essai

La dispersion conventionnelle z de la tension de décharge disruptive d'un objet en essai est la différence entre ses tensions de décharge disruptive 50 % et 16 %. Elle est souvent exprimée en valeur par unité ou en pour cent, rapportée à la tension de décharge disruptive 50 %.

NOTE — Si la fonction de probabilité de décharge disruptive (voir Annexe A) est proche d'une fonction de répartition gaussienne, z sera proche de son écart type.

4.5 Tension de tenue d'un objet en essai

La tension de tenue d'un objet en essai est une tension présumée spécifiée qui caractérise l'isolation de cet objet en ce qui concerne un essai de tenue.

Sauf spécification contraire, les tensions de tenue font référence aux conditions atmosphériques de référence normalisées (voir Article 11.1).

4.6 Tension de décharge disruptive assurée d'un objet en essai

La tension de décharge disruptive assurée d'un objet en essai est une tension présumée spécifiée qui caractérise ses performances en ce qui concerne un essai de décharge disruptive.

5 Classification des isolations en des objets en essai

Les systèmes d'isolation de l'appareillage ou les structures à haute tension seront classés comme isolations autorégénératrices ou non autorégénératrices. Ils peuvent comprendre des isolations externes et/ou internes.

5.1 Isolation externe

L'isolation externe est constituée par les intervalles d'air et les surfaces exposées des isolations solides d'un matériel qui sont soumis à la fois aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'agents externes tels que la pollution, l'humidité et les animaux.

4.4.2 *Withstand probability q of a test object*

The withstand probability q of a test object is the probability that one application of a certain prospective voltage value of a given shape does not cause a disruptive discharge on the test object. If the disruptive discharge probability is p , the withstand probability q is $(1 - p)$.

4.4.3 *50% disruptive discharge voltage U_{50} of a test object*

The 50% disruptive discharge voltage is the prospective voltage value which has a 50% probability of producing a disruptive discharge on the test object.

4.4.4 *$p\%$ disruptive discharge voltage U_p of a test object*

The $p\%$ disruptive discharge voltage of a test object is the prospective voltage value which has $p\%$ probability of producing a disruptive discharge on the test object.

4.4.5 *Conventional deviation z of the disruptive discharge voltage of a test object*

The conventional deviation z of the disruptive discharge voltage of a test object is the difference between its 50% and 16% disruptive discharge voltages. It is often expressed in per unit or percentage value, referred to the 50% disruptive discharge voltage.

NOTE — If the disruptive-discharge probability function (see Appendix A) is close to a Gaussian function, z is correspondingly close to its standard deviation.

4.5 *Withstand voltage of a test object*

The withstand voltage of a test object is a specified prospective voltage value which characterizes the insulation of the object with regard to a withstand test.

Unless otherwise specified, withstand voltages are referred to standard reference atmospheric conditions (see Clause 11.1).

4.6 *Assured disruptive discharge voltage of a test object*

The assured disruptive discharge voltage of a test object is a specified prospective voltage value which characterizes its performance with regard to a disruptive discharge test.

5 **Classification of insulation in test objects**

Insulation systems of apparatus and high voltage structures must basically be classified into self-restoring and non-self-restoring insulation and may consist of external and/or internal insulation.

5.1 *External insulation*

External insulation is the air insulation and the exposed surfaces of solid insulation of the equipment, which are subject both to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity and vermin.

5.2 *Isolation interne*

L'isolation interne est constituée par les éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation d'un matériel, qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité et les animaux.

5.3 *Isolation autorégénératrice*

Isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive produite par l'application d'une tension d'essai.

5.4 *Isolation non autorégénératrice*

Isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement après une décharge disruptive produite par l'application d'une tension d'essai.

NOTE — Les appareils à haute tension comportent toujours une combinaison des isolations autorégénératrice et non autorégénératrice. Certaines parties peuvent être dégradées par des applications de tensions successives ou permanentes. Le comportement de ces isolations doit être considéré par le Comité d'Études concerné lors de la spécification des procédures d'essais.

Withdrawing

5.2 *Internal insulation*

Internal insulation comprises the internal solid, liquid or gaseous elements of the insulation of equipment, which are protected from the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity and vermin.

5.3 *Self-restoring insulation*

Self-restoring insulation is the insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge caused by the application of a test voltage.

5.4 *Non-self-restoring insulation*

Non-self-restoring insulation is insulation which loses its insulating properties, or does not recover them completely, after a disruptive discharge caused by the application of a test voltage.

NOTE — In high voltage apparatus, parts of both self-restoring and non-self-restoring insulation are always operating in combination and some parts may be degraded by repeated or continued voltage applications. The behaviour of the insulation in this respect shall be taken into account by the relevant Technical Committee when specifying the test procedures to be applied.

Withdrawn

Section 3 : Prescriptions générales relatives aux modalités d'essais et aux objets en essai

6 Prescriptions générales pour les modalités d'essai

Les procédures d'essai à appliquer pour des types particuliers d'objets en essai, par exemple la polarité à appliquer, l'ordre préférentiel si les deux polarités sont à appliquer, le nombre d'applications et l'intervalle de temps entre chaque application, doivent être spécifiés par le Comité d'Études concerné, en tenant compte de facteurs tels que :

- la précision exigée pour les résultats d'essais,
- la nature aléatoire du phénomène de décharge et l'influence de la polarité sur les caractéristiques mesurées,
- le risque d'une détérioration progressive en cas d'applications répétées de la tension.

7 Dispositions générales de l'objet en essai

Au moment de l'essai, l'objet en essai doit être complet, avec tous ses accessoires, et il doit normalement avoir subi le traitement normal pour un objet similaire.

Les caractéristiques d'amorçage de l'objet en essai peuvent être affectées par la disposition d'ensemble de cet objet (par exemple par la distance aux objets voisins sous tension ou à la terre, par sa hauteur au-dessus du sol, par la disposition du conducteur d'amenée de la tension). Ceci doit être spécifié par le Comité d'Études concerné.

Une distance aux structures voisines au moins égale à 1,5 fois la longueur du plus court trajet possible pour le contournement de l'objet rend généralement ces effets de proximité négligeables. Lors des essais sous pluie ou sous pollution, ou lorsque la répartition de la tension le long de l'objet en essai et le champ électrique au voisinage de son électrode sous tension sont suffisamment indépendants des influences externes, de plus petites distances peuvent être acceptables à condition qu'aucun amorçage ne se produise aux structures voisines.

Dans le cas d'essais avec des tensions alternatives ou des chocs de manoeuvre positifs d'une valeur supérieure à 750 kV (crête), l'influence d'une structure voisine peut être considérée comme négligeable si sa distance à l'électrode sous tension n'est pas inférieure à la hauteur de cette électrode au-dessus du sol. Une limite inférieure pratique pour cette distance est donnée sur la figure 1, en fonction de la plus haute tension d'essai.

Un essai de tenue est acceptable lorsqu'il est exécuté avec succès avec de plus petites distances aux objets à la terre.

Section 3: General Requirements Relating to Test Procedures and Test Objects

6 General requirements for test procedures

The test procedures applicable to particular types of test objects, for example, the polarity to be used, the preferred order if both polarities are to be used, the number of applications and the interval between applications shall be specified by the relevant Technical Committee, having regard to such factors as:

- the required accuracy of test results;
- the random nature of the observed phenomenon and any polarity dependence of the measured characteristics;
- the possibility of progressive deterioration with repeated voltage applications.

7 General arrangement of the test object

At the time of a test, the test object shall be complete in all essential details, and it should have been processed in the normal manner for similar equipment.

The disruptive discharge characteristics of an object may be affected by its general arrangement (for example, by its clearance from other live or grounded structures, its height above ground level and the arrangement of its high voltage lead). The general arrangement should be specified by the relevant Technical Committee.

A clearance to extraneous structures not less than 1,5 times the length of the shortest possible discharge path on the test object usually makes such proximity effects negligible. In wet or pollution tests, or wherever the voltage distribution along the test object and the electric field around its energized electrode are sufficiently independent of external influences, smaller clearances may be acceptable, provided that discharges do not occur to extraneous structures.

In the case of a.c. or positive switching impulse tests above 750 kV (peak) the influence of an extraneous structure may be considered as negligible if its distance from the energized electrode is also not less than the height of this electrode above the ground plane. A practical lower limit to this clearance is given in figure 1, as a function of the highest test voltage.

A withstand test may be acceptable when successfully performed with shorter distances to earthed objects.

8 Essais à sec

L'objet en essai doit être sec et propre. Sauf spécification contraire du Comité d'Études concerné, l'essai doit être exécuté à la température ambiante et les modalités d'application de la tension doivent être telles que spécifiées dans les articles spécifiques de la présente norme.

9 Essais sous pluie

La procédure privilégiée d'essai sous pluie décrite en 9.1 a pour but de simuler les effets de la pluie naturelle sur l'isolation externe et constitue une révision des méthodes d'essai précédentes. Cette méthode est recommandée pour les essais avec tous les types de tensions d'essai et tous les types d'appareils, mais voir ci-après.

Deux méthodes antérieures, non conçues pour simuler la pluie naturelle, sont décrites en 9.2. Elles ont été utilisées pendant de nombreuses années pour des essais sous tension alternative sur des appareils de tension la plus élevée pour le matériel U_m jusqu'à 420 kV et il existe de nombreux résultats obtenus par ces méthodes. Leur emploi doit être spécifié par le Comité d'Études concerné ou par les parties en présence si nécessaire.

Pour les appareils à courant alternatif de grandes dimensions, comme ceux qui ont une tension U_m supérieure à 800 kV, aucune méthode d'essai sous pluie n'est disponible actuellement.

Le Comité d'Études concerné doit spécifier la disposition de l'objet en essai.

9.1 Procédure normalisée d'essais sous pluie

L'objet en essai doit être aspergé d'eau ayant une résistivité et une température telles que prescrites (voir tableau 1), tombant sur lui sous forme de gouttelettes (en évitant le brouillard et la bruine) dirigées de telle façon que les composantes verticale et horizontale du jet soient approximativement égales. Ces intensités sont mesurées à l'aide d'un récipient à deux compartiments ayant deux ouvertures de 100 cm² à 750 cm², l'une horizontale et l'autre verticale, cette dernière faisant face à l'aspersion.

La position de l'objet en essai par rapport aux composantes verticales et horizontales doit être spécifiée par le Comité d'Études concerné.

En général, la reproductibilité des résultats d'essais sous pluie est inférieure à celles des autres essais d'amorçage ou de tenue à haute tension. Pour réduire la dispersion les précautions suivantes doivent être prises :

- Le récipient doit être placé près de l'objet en essai mais en évitant qu'il reçoive des éclaboussures venant de l'objet. Pendant la période de mesure, il convient de déplacer lentement le récipient sur une surface assez large pour obtenir la moyenne de la précipitation non uniforme des gicleurs individuels sans toutefois masquer l'effet de non uniformité. La zone de mesure doit avoir une largeur égale à celle de l'objet en essai et une hauteur maximale de 1 m.
- Pour les objets de hauteur comprise entre 1 m et 3 m, les mesures individuelles doivent être réalisées vers le haut, le milieu et le bas de l'objet. Chaque zone de mesure doit couvrir un tiers de la hauteur de l'objet.

8 Dry tests

The test object shall be dry and clean. If not otherwise specified by the relevant Technical Committee, the test should be made at ambient temperature and the procedure for voltage application shall be as specified in the relevant Clauses of this standard.

9 Wet tests

The preferred wet test procedure, described in 9.1, is intended to simulate the effect of natural rain on external insulation and is a revision of earlier test methods. It is recommended for tests with all types of test voltages and on all types of apparatus, but either of the alternative test methods given below are permitted if specified by the relevant Technical Committee.

Two earlier test methods, not intended to simulate natural rain, are described in 9.2. They have been in use for many years for tests with alternating voltages on apparatus having U_m up to 420 kV and many test data obtained by these methods exist.

For a.c. apparatus of large dimensions, such as those having U_m higher than 800 kV, no appropriate wet test procedure is available at present.

The relevant Technical Committee shall specify the arrangement of the test object during the test procedure.

9.1 Standard wet test procedure

The test object shall be sprayed with water of prescribed resistivity and temperature (see table 1) falling on it as droplets (avoiding fog and mist) and directed so that the vertical and horizontal components of the spray intensity are approximately equal. These intensities are measured with a divided collecting vessel having openings of 100 cm² to 750 cm², one horizontal and one vertical, the vertical opening facing the spray.

The position of the test object relative to the vertical and horizontal rain components shall be specified by the relevant Technical Committee.

In general, the reproducibility of wet test results is less than that for other high voltage discharge or withstand tests. To minimize the dispersion the following precautions shall be taken:

- The collecting vessel shall be placed close to the test object, but avoiding the collection of drops or splashes from it. During the measuring period, it should be moved slowly over a sufficient area to average but not completely mask the effect of non-uniformities of the spray from individual nozzles. This measuring zone shall have a width equal to that of the test object and a maximum height of 1 m.
- For test objects between 1 m and 3 m in height, the individual measurements shall be made at the top, centre and bottom of the test object. Each measuring zone shall cover only one third of the height of the test object.

- Pour les objets dépassant 3 m, on augmente le nombre de zones de mesure pour couvrir complètement la hauteur de l'objet mais sans recouvrement de ces zones.
- Les modalités définies ci-dessus doivent être convenablement adaptées aux objets en essai de grandes dimensions horizontales.
- La dispersion des résultats peut être réduite en nettoyant l'objet en essai avec un détergent non ionique que l'on doit enlever avant le début de la pluie.
- Des taux d'aspersion localement anormaux (élevés ou faibles) peuvent également affecter la dispersion des résultats. Il est recommandé de les détecter par des mesures individuelles et d'améliorer l'uniformité de l'aspersion si nécessaire.

Le dispositif d'aspersion doit être réglé pour produire sur l'objet en essai les caractéristiques d'aspersion données dans le tableau 1, avec les tolérances spécifiées.

On peut utiliser divers types et diverses dispositions de gicleurs répondant aux prescriptions du tableau 1. Les figures 2a et 2b, et la figure 2c, donnent l'exemple de plusieurs gicleurs qui ont donné satisfaction à l'usage, ainsi que leurs caractéristiques respectives. On peut asperger à des distances plus grandes si les gicleurs sont orientés avec un angle de 15° à 25° au-dessus de l'horizontale. Noter que si l'on dépasse les pressions d'eau recommandées, le jet d'eau peut se diviser prématurément, donnant une aspersion non satisfaisante de l'objet en essai.

Tableau 1 — Caractéristiques d'aspersion pour la procédure normalisée

Taux d'aspersion moyen de toutes les mesures :		
— composante verticale	mm/min	1,0 à 2,0
— composante horizontale	mm/min	1,0 à 2,0
Valeurs extrêmes pour chaque mesure par individuelle et pour chaque rapport à la composante moyenne	mm/min	±0,5
Température de l'eau	°C	Température ambiante ±15
Résistivité de l'eau	Ω m	100 ± 15

La température et la résistivité de l'eau doivent être mesurées sur un échantillon prélevé juste avant que l'eau n'atteigne l'objet en essai. On peut réaliser ces mesures en un autre endroit (au niveau de la bache de stockage par exemple) pourvu qu'une vérification atteste qu'aucune modification significative n'est apparue jusqu'à l'instant où l'eau atteint l'objet.

En premier lieu, l'objet en essai doit être préaspergé pendant au moins 15 min dans les conditions spécifiées ci-dessus et ces conditions doivent être maintenues à l'intérieur des tolérances pendant tout l'essai sans interrompre l'aspersion. Le temps de préaspersion ne comprend pas le temps nécessaire aux réglages. On peut également effectuer une première préaspersion avec de l'eau ordinaire pendant 15 min, suivie sans interruption par une seconde préaspersion d'une durée minimale de 2 min avant le début de

- For test objects exceeding 3 m in height, the number of measuring zones shall be increased to cover the full height of the test object without overlapping.
- The above procedures shall be suitably adapted for test objects having large horizontal dimensions.
- The spread of results may be reduced if the test object is cleaned with a surface-active detergent which has to be removed before the beginning of wetting.
- The spread of results may also be affected by local anomalous (high or low) precipitation rates. It is recommended to detect these by localized measurements and to improve the uniformity of the spray, if necessary.

The spray apparatus shall be adjusted to produce, within the specified tolerances, precipitation conditions at the test object given in table 1.

Any type and arrangement of nozzles meeting the requirements given in table 1 may be used. Examples of several nozzles which have been found satisfactory in practice are shown in figures 2a, 2b and 2c, together with typical performance data for each type. Greater spray distances may be obtained if the nozzles are directed upward at an angle of about 15°–25° to the horizontal. Note that if the water pressure is increased above the recommended limits, the water jets may break up prematurely and cause an unsatisfactory spray at the test object.

Table 1 — Precipitation conditions for standard procedure

Average precipitation rate of all measurements		
— vertical component	mm/min	1,0 to 2,0
— horizontal component	mm/min	1,0 to 2,0
Limits for any individual measurement and for each component	mm/min	±0,5 from average
Temperature of water	°C	Ambient temperature ±15
Resistivity of water	Ω m	100 ± 15

The water temperature and resistivity shall be measured on a sample collected immediately before the water reaches the test object. They may also be measured at other locations (e.g., in a storage reservoir) provided that a check ensures that no significant change occurs by the time the water reaches the test object.

The test object shall be pre-wetted initially for at least 15 min under the above specified conditions and these conditions shall remain within the specified tolerances throughout the test which should be performed without interrupting the wetting. The pre-wetting time shall not include the time needed for adjusting the spray. It is also possible to perform an initial pre-wetting by unconditioned mains water for 15 min, followed without interruption of the spray by a second pre-wetting for at least 2 min before the test begins,

l'essai, avec de l'eau satisfaisant pleinement aux conditions d'aspersion, ce qu'il convient de vérifier immédiatement avant l'essai.

Sauf spécification contraire du Comité d'Études concerné, les modalités des essais sous pluie doivent être identiques à celles spécifiées pour les essais correspondants à sec. Sauf spécification contraire, la durée d'un essai sous tension alternative doit être de 60 s. En général, pour tous les essais de tenue sous pluie et sous tension alternative ou continue, il est recommandé d'admettre un amorçage à condition que, lors de la reprise de l'essai aucun amorçage ne se produise.

9.2 Modalités traditionnelles d'essais sous pluie sous tension alternative

Pour les essais sous tension alternative, deux autres méthodes, dont les détails sont donnés dans le tableau 2, sont également en usage. Elles diffèrent de la procédure normalisée du paragraphe 9.1 principalement par le fait que le taux d'aspersion est plus grand et que le temps de préaspersion est de 1 min seulement.

Seule la composante verticale de l'aspersion est spécifiée; la détermination de la composante horizontale est remplacée par une estimation visuelle de l'angle d'aspersion sur l'objet en essai, qui devra être de 45° environ.

Tableau 2 — Caractéristiques d'aspersion pour les modalités traditionnelles sous tension alternative

Caractéristiques		Pratique européenne	Pratique américaine
Taux d'aspersion moyen de toutes les mesures :			
— composante verticale	mm/min	3 ± 0,3	5 ± 0,5
Valeur extrêmes pour chaque mesure individuelle	mm/min	3 ± 0,75	5 ± 1,25
Température de l'eau	°C	Température ambiante ±15	
Résistivité de l'eau	Ωm	100 ± 10	178 ± 27
Comme représenté aux figures		2a, 2b, 2c	2d
Durée de l'essai de tenue sous pluie	s	60	10

10 Essais sous pollution artificielle

Les essais sous pollution artificielle ont pour but de donner des informations sur le comportement de l'isolation externe dans des conditions de pollution représentatives de celles du réseau, même si tous les cas particuliers ne sont pas nécessairement couverts.

using water with all the correct precipitation conditions, which should be measured immediately before starting the test.

Unless otherwise specified by the relevant Technical Committee, the test procedure for wet tests shall be the same as that specified for the corresponding dry tests. The test duration for an a.c. test shall be 60 s, if not otherwise specified. In general, for alternating and direct voltage wet withstand tests, it is recommended that one flashover should be permitted provided that in a repeat test no further flashover occurs.

9.2 Traditional procedures for wet tests with alternating voltages

For alternating voltage tests, two other procedures are also in use, details of which are given in table 2. They differ from the standard procedure, 9.1, primarily in that the precipitation rates are higher and that the minimum pre-wetting time is only 1 m.

Only the vertical component of the spray is specified; determination of the horizontal component is replaced by a visual estimate of the spray angle which should be approximately 45° at the test object.

Table 2 — Precipitation conditions for traditional procedures with alternating voltages

Characteristics		European practice	Practice in U.S.A.
Average precipitation rate of all measurements:			
— vertical component	mm/min	$3 \pm 0,3$	$5 \pm 0,5$
Limits for any individual measurement	mm/min	$3 \pm 0,75$	$5 \pm 1,25$
Water temperature	°C	Ambient temperature ± 15	
Water resistivity	$\Omega \text{ m}$	100 ± 10	178 ± 27
Type of nozzle as shown in figures		2a,2b ,2c	figure 2d
Duration of wet withstand test	s	60	10

10 Artificial pollution tests

Artificial pollution tests are intended to provide information on the behaviour of external insulation under conditions representative of pollution in service, although they do not necessarily simulate any particular service conditions.

Les règles qui suivent constituent une orientation générale pour l'essai sous pollution artificielle. Il est laissé au Comité d'Études concerné le soin d'introduire des variantes ou des exigences spécifiques pour des classes particulières de matériel. Ces renseignements figurent dans la norme CEI 507, «Essais sous pollution des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif».

Les effets du lavage par la pluie naturelle des isolateurs sur le réseau ne sont pris en considération dans aucune des procédures spécifiées.

10.1 Préparation de l'objet en essai

Avant le premier essai, les parties métalliques de l'objet en essai ainsi que tous les scellements peuvent, si nécessaire, être peints avec une peinture résistant à l'eau salée pour s'assurer qu'aucun produit corrosif ne se dépose, durant l'essai, sur les surfaces isolantes.

Il convient de nettoyer soigneusement l'objet en essai avec de l'eau du robinet additionnée de phosphate trisodique (Na_3PO_3) et de le rincer à l'eau claire. Il ne devra pas être manipulé par la suite. On estime que les surfaces isolantes sont suffisamment propres et nettes de graisse ou autre dépôt, si il est possible d'observer lors du mouillage de grandes surfaces humides.

Le Comité d'Études concerné doit décider s'il convient d'essayer le matériel en position verticale, horizontale ou inclinée.

10.2 Modalités d'essai

Les essais sous pollution comprennent l'application de la pollution et simultanément ou ultérieurement l'application de la tension. On ne recommande en général que les méthodes qui prévoient l'application d'une tension constante pendant au moins quelques minutes. Les autres méthodes qui prévoient une augmentation continue de la tension jusqu'au contournement ne sont pas proposées en vue d'une normalisation mais peuvent être utilisées dans des cas particuliers.

L'essai sous pollution peut être réalisé soit pour déterminer le degré maximal de pollution compatible avec une tension de tenue donnée, soit pour déterminer la tension de tenue à degré de pollution donné. Cette dernière procédure est préférable s'il s'agit de comparer des résultats d'essais, ou les performances de plusieurs matériels. Quelle que soit la procédure choisie, il convient que le nombre de mesures permette d'obtenir des valeurs moyennes significatives compte tenu de la nature aléatoire du phénomène. Le nombre d'essai recommandé sera spécifiée par le Comité d'Études concerné.

Les essais sous pollution peuvent être classés en deux catégories : la méthode du brouillard salin et la méthode de la couche solide.

a) Méthode du brouillard salin

L'objet en essai est disposé dans une chambre spéciale qui peut être remplie de brouillard salin. La méthode pour produire le brouillard est décrite en Annexe B1. Il convient que la température ambiante de la chambre au début de l'essai ne soit ni inférieure à 5°C ni supérieure à 30°C et que l'objet en essai et l'eau salée soient en équilibre thermique avec l'ambiante.

L'objet en essai est soigneusement mouillé avec de l'eau du robinet claire. Le système de pulvérisation du brouillard salin, alimenté en eau de salinité prescrite, est mis en marche alors que l'objet en essai est encore mouillé, et simultanément la tension est appliquée à l'objet, augmentée rapidement jusqu'à la valeur spécifiée et maintenue constante pendant la durée spécifiée, en général une heure, ou jusqu'à l'amorçage.

The following specifications give some general guidance on artificial pollution testing. It is left to the relevant Technical Committee to introduce variations or to give more specific requirements for particular classes of apparatus. Such specific information is given in one instance by IEC 507.

The effects of washing of insulators in service by natural rain is not taken into consideration in any of the specified procedures.

10.1 *Preparation of test object*

Before testing for the first time, the metal parts of the test object, and any cement joints, may be painted with salt-water-resistant paint to ensure that corrosion products will not contaminate the insulating surfaces during a test.

The test object should then be carefully cleaned by washing with tap water to which trisodium phosphate (Na_3PO_3) has been added and rinsed with clean tap water. It shall not subsequently be touched by hand. Usually the insulating surfaces can be considered sufficiently clean and free of grease or other contaminating material if large continuous wet areas are observed during wetting.

It is left to the relevant Technical Committee to decide whether the test object should be tested in a vertical, horizontal or an inclined position.

10.2 *Test procedures*

Artificial pollution tests involve application of the pollution and the simultaneous or subsequent application of voltage. Generally, only methods in which the test voltage is held constant for at least several minutes are recommended. Other methods in which the voltage is raised gradually to flashover are not proposed for standardization but may be used for special purposes.

The pollution test may be made either to determine the maximum degree of pollution of the test object which allows a given test voltage to be withstood, or to determine the withstand voltage for a specified degree of pollution. For the purpose of comparing the results of several tests, or the performance of several test objects, the former procedure is preferable. Whichever test procedure is adopted, the number of measurements should be sufficient to obtain consistent average values, taking into account the statistical nature of the phenomenon. The number of tests required shall be specified by the relevant Technical Committee.

The pollution tests fall into two categories, the salt-fog method and the pre-deposited pollution method.

a) *The salt-fog method*

The test object is placed in a special chamber which can be filled by a salt fog. The method for producing the fog is described in Appendix B1. The ambient temperature in the chamber at the start of the test shall not be less than 5°C, nor greater than 30°C and the test object and the salt water shall be in thermal equilibrium with the ambient temperature.

The test object is thoroughly wetted with clean tap water. The salt-fog system, supplied by water of the prescribed salinity, is started when the test object is still wet and, simultaneously, the voltage is applied to the test object, raised rapidly to the specified value and kept constant during the specified time, usually

Cette procédure est répétée à plusieurs reprises. A chaque fois, l'objet en essai est soigneusement lavé avec de l'eau du robinet propre pour enlever toute trace de sel.

Pour la méthode du brouillard salin, la distance minimale entre toute partie de l'objet et un quelconque objet à la terre, autre que les jets et la structure support de l'objet, ne doit pas être inférieure à 0,5 m par 100 kV de tension d'essai et de toute façon pas inférieure à 2 m.

Si l'essai est destiné à déterminer le degré maximal de salinité à tension de tenue spécifiée, la procédure doit être reprise avec diverses salinités.

On doit effectuer avant le début réel de l'essai, un préconditionnement de l'objet en essai par un certain nombre d'amorçages durant l'application de la pollution. Ce préconditionnement doit également être suivi par un lavage.

b) Méthode de la couche solide

L'objet en essai est revêtu d'une couche raisonnablement uniforme de suspension conductrice qu'on laisse sécher. La température ambiante de la chambre d'essai au début de l'essai ne doit être en principe ni inférieure à 5°C ni supérieure à 30°C. L'objet en essai doit être en équilibre thermique avec l'ambiante. L'humidification doit être réalisée avec un générateur de brouillard vapeur qui assure une répartition uniforme de brouillard sur toute la longueur et autour de l'objet en essai. La température du brouillard au voisinage de l'objet ne doit pas dépasser 40°C. Pour obtenir l'humidification souhaitée dans un temps raisonnable, on doit introduire dans la chambre une quantité suffisante de brouillard vapeur. Le débit de vapeur doit être spécifié par le Comité d'Études concerné.

Selon une procédure, la tension est appliquée avant que l'objet soit humidifié par le brouillard et jusqu'à l'amorçage ou pour une durée égale à deux fois le temps nécessaire pour que la conductivité de l'objet ait atteint son niveau maximum. Selon l'autre procédure, la tension n'est appliquée qu'au moment où la conductivité est maximale, soit 20 à 40 min environ après le début de l'aspersion. La tension doit être maintenue constante pendant la durée spécifiée de 15 min ou jusqu'à ce qu'un amorçage se produise.

Les Annexes B2 et B3 donnent respectivement des modèles d'application de la couche et d'humidification d'une part, et de mesure de la résistivité de surface d'autre part.

La procédure ci-dessus peut être répétée plusieurs fois; avant chaque essai, l'objet doit être lavé, enduit, puis séché.

Quand l'essai est destiné à déterminer le degré maximum de pollution à tension de tenue donnée, l'ensemble des procédures doit être répété en utilisant diverses résistivités de suspension.

La distance minimale entre toute partie de l'objet en essai et un quelconque objet à la terre autre que la structure support de l'objet ne doit pas être inférieure à 0,5 m par 100 kV de tension d'essai.

10.3 Degré de pollution

Le degré de pollution d'un objet en essai est spécifié à l'aide de la salinité (g/L) du brouillard salin, ou de la conductivité de surface (μ) ou par la quantité de sel (NaCl) par cm^2 de surface isolante. Cette dernière est en général désignée par Densité de Dépôt du Sel (S.D.D.). L'annexe B3 donne des renseignements sur ces méthodes.

1 h, or until flashover occurs. This procedure is repeated several times. Before each procedure the test object is thoroughly washed with clean tap water to remove any trace of salt.

For the salt-fog method, the minimum distance between any part of the test object 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.

If the test is intended to determine the maximum degree of salinity for a specified withstand voltage, the whole procedure must be repeated using various salinities.

Pre-conditioning of the test object by a number of flashovers during the application of pollution is required before the real test begins. This pre-conditioning should be followed by a washing.

b) The pre-deposited pollution method

The test object is coated with a reasonably uniform layer of a conductive suspension and shall be permitted to dry. The ambient temperature in the test chamber at the start of the test should not be less than 5°C nor greater than 30°C and the test object should be in thermal equilibrium with the ambient. The wetting shall be accomplished by means of a steam fog generator which provides a uniform fog distribution over the whole length and around the test object. The temperature of the fog in the vicinity of the test object shall not exceed 40°C. To obtain the necessary wetting within a reasonable time, enough steam fog shall be introduced inside the test chamber. The steam generation rate shall be specified by the relevant Technical Committee.

In one procedure the voltage is applied before the test object is wetted by the fog and continues until flashover or for about twice the time for the insulator to achieve its maximum conductivity. In another procedure, the test voltage is applied only when the conductivity has reached its maximum value, which should occur between 20 and 40 min from the start of fogging. The voltage shall be kept constant during the specified 15-min test time or until flashover occurs.

Examples of suitable coating and wetting procedures and of the measurement of the surface resistivity are given in Appendix B.

The procedure above may be repeated several times; before each test, the test object shall be washed, re-coated and allowed to dry.

When the test is intended to determine the maximum degree of pollution for a specified withstand voltage, the coating, wetting and test procedures must be repeated using various suspension resistivities.

The minimum distance between any part of the test object and any earthed object other than the structure which supports the test object shall be not less than 0,5 m per 100 kV of the test voltage.

10.3 Degree of pollution

The degree of pollution of a test object is specified by the salinity (g/L) of the salt fog, by the surface conductivity (μS) or by the amount of salt (NaCl) per square centimetre of the insulating surface (gm/cm^2). This latter is normally referred to as the Salt Deposit Density (S.D.D.). Information about these methods is given in Appendix B.

11 Conditions atmosphériques

11.1 Atmosphère normalisée de référence

L'atmosphère normalisée est :

Température $t_0 = 20^\circ\text{C}$

Pression $b_0 = 101,3 \text{ kPa}$ (1013 mbar)

Humidité absolue $h_0 = 11 \text{ g/m}^3$

NOTE — Une pression de 101,3 kPa correspond à une hauteur barométrique de 760 mm de mercure à 0°C . Si la hauteur barométrique est H mm de mercure, la pression atmosphérique en kilopascals est approximativement :

$$b = 0,1333H \text{ kPa}$$

La correction de la hauteur de la colonne de mercure en fonction de la température peut être considérée comme négligeable.

11.2 Facteurs de correction atmosphérique

La décharge disruptive d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques au voisinage. Habituellement, la tension de contournement d'un intervalle donné dans l'air est accrue par l'accroissement de la densité de l'air ou de l'humidité. Cependant, lorsque l'humidité relative excède 80 % environ, la tension de contournement devient irrégulière, spécialement lorsque le contournement se produit le long d'une surface isolante.

En appliquant les facteurs de correction, une tension de contournement mesurée dans des conditions d'essais données (température t , pression b , humidité h), peut être ramenée à la valeur qui aurait été obtenue sous les conditions atmosphériques de référence normalisée (t_0 , b_0 , h_0). Réciproquement, une tension d'essai spécifiée pour les conditions de référence peut être ramenée à la valeur équivalente dans les conditions régnant au cours de l'essai.

La tension de décharge disruptive est proportionnelle au facteur de correction atmosphérique K , qui résulte de la multiplication de deux facteurs de correction :

- le facteur de correction de densité de l'air k_1 (voir paragraphe 11.2.1)
- le facteur de correction de l'humidité k_2 (voir paragraphe 11.2.2).

$$K_i = k_1 k_2$$

Sauf spécification contraire du Comité d'Études concerne, la tension U à appliquer pendant un essai d'une isolation externe est calculée en multipliant la tension d'essai spécifiée U_0 par K_i .

$$U = U_0 K_i$$

De même, les tensions de décharge disruptive mesurées U sont ramenées à U_0 , correspondant aux conditions atmosphériques de référence normalisées, en divisant par K_i :

$$U_0 = U / K_i$$

11 Atmospheric conditions

11.1 Standard reference atmosphere

The standard reference atmosphere is:

temperature $t_0 = 20^\circ\text{C}$

pressure $b_0 = 101,3 \text{ kPa} (1013 \text{ mbar})$

absolute humidity $h_0 = 11 \text{ g/m}^3$

NOTE — A pressure of 101,3 kPa corresponds to the height of 760 mm in a mercury barometer at 0°C . If the barometer height is H mm of mercury, the atmospheric pressure in kilopascals is approximately:

$$b = 0,1333H \text{ kPa}$$

Correction for temperature with respect to the height of the mercury column is considered to be negligible.

11.2 Atmospheric correction factors

The disruptive discharge of external insulation depends upon the atmospheric conditions. Usually, the disruptive discharge voltage for a given path in air is increased by an increase in either air density or humidity. However, when the relative humidity exceeds about 80%, the disruptive discharge voltage becomes irregular, especially when the disruptive discharge occurs over an insulating surface.

By applying correction factors, a disruptive discharge voltage measured in given test conditions (temperature t , pressure b , humidity h) may be converted to the value which would have been obtained under the standard reference atmospheric conditions (t_0 , b_0 , h_0). Conversely, a test voltage specified for given reference conditions can be converted into the equivalent value under the test conditions.

The disruptive discharge voltage is proportional to the atmospheric correction factor K_i , that results from the product of two correction factors:

- the air density correction factor k_1 (see 11.2.1);
- the humidity correction factor k_2 (see 11.2.2).

$$K_i = k_1 k_2$$

If not otherwise specified by the relevant Technical Committee, the voltage U to be applied during a test on external insulation is determined by multiplying the specified test voltage U_0 by K_i :

$$U = U_0 K_i$$

Similarly, measured disruptive discharge voltages U are corrected to U_0 corresponding to standard reference atmosphere by dividing by K_i :

$$U_0 = U / K_i$$

Le rapport d'essai doit toujours mentionner les conditions atmosphériques réelles au cours de l'essai, et les corrections appliquées.

11.2.1 Facteur de correction de la densité de l'air k_1

Le facteur de correction de la densité de l'air dépend de la densité relative de l'air δ , et peut en général être exprimé par :

$$k_1 = (\delta)^m$$

où m est un exposant donné dans 11.2.3.

Si les températures t et t_0 sont exprimées en degrés Celsius et la pression atmosphérique b dans la même unité (kilopascals ou millibars) que b_0 , la densité relative de l'air est :

$$\delta = \frac{b}{b_0} \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

11.2.2 Facteur de correction de l'humidité k_2

Le facteur de correction de l'humidité peut être exprimé par :

$$k_2 = k^w$$

où w est un exposant donné dans 11.2.3 et k est un paramètre fonction du type de la tension d'essai et qui, pour les besoins pratiques, peut être approximativement exprimé en fonction du rapport entre l'humidité absolue h et la densité relative δ , grâce aux courbes de la figure 3. Pour les valeurs h/δ supérieures à 15 g/m³, les corrections d'humidité sont encore à l'étude et les courbes de la figure 3 doivent être considérées comme des limites supérieures.

11.2.3 Exposants m et w

On peut tenir compte du fait que les facteurs de correction dépendent du type de prédécharges en considérant le paramètre :

$$g = \frac{U_B}{500 L \delta k}$$

où U_B est la tension d'amorçage 50 % (mesurée ou estimée) dans les conditions atmosphériques réelles, exprimée en kilovolts, L le plus court trajet de la décharge exprimé en mètres, avec les valeurs réelles de la densité de l'air δ et de k . Dans le cas d'un essai de tenue où une estimation de la tension 50 % de décharge disruptive n'est pas disponible, U_B peut être supposé égal à 1,1 fois la tension d'essai.

Les exposants m et w sont encore à l'étude. Des valeurs approchées sont données par la figure 4.

11.3 Essais sous pluie, essais sous pollution artificielle et essais avec des tensions combinées

Aucune correction d'humidité ne doit être appliquée lors d'essais sous pluie ou sous pollution artificielle. La question des corrections de densité est à l'étude. Pour les essais avec des tensions combinées, voir Article 26.