

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 60

Deuxième édition — Second edition

1962

Essais à haute tension

High-voltage test techniques



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 60

Deuxième édition — Second edition

1962

Essais à haute tension

High-voltage test techniques



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application et objet	6
SECTION DEUX — DÉFINITIONS GÉNÉRALES	
2.1 Décharge disruptive et tension de tenue	6
2.2 Isolation externe	8
2.3 Isolation interne	8
SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES AUX MODALITÉS D'ESSAI ET AUX OBJETS ESSAYÉS	
3.1 Disposition générale de l'objet en essai	8
3.2 Essais à sec	10
3.3 Essais sous pluie	10
3.4 Conditions atmosphériques normales — Corrections	12
SECTION QUATRE — TENSION CONTINUE	
4.1 Définitions	16
4.2 Tension d'essai	16
4.3 Modalités d'essai	18
SECTION CINQ — TENSION ALTERNATIVE	
5.1 Définitions	20
5.2 Tension d'essai	20
5.3 Modalités d'essai	24
SECTION SIX — TENSION DE CHOC	
6.1 Définitions	26
6.2 Tension d'essai	30
6.3 Modalités d'essai	32
SECTION SEPT — COURANT DE CHOC	
7.1 Définitions	34
7.2 Courant d'essai	38
7.3 Mesure de la tension durant les essais en courant de choc	38
SECTION HUIT — DISPOSITIFS DE MESURES APPROUVÉS	
8.1 Dispositifs de mesures utilisés dans les essais à haute tension ou dans les essais à forte intensité de courant	40
8.2 Consignation des caractéristiques	42
8.3 Validité d'un dispositif pour un essai particulier (contrôle individuel)	44
8.4 Dispositifs de mesures pour tensions continues	44
8.5 Dispositifs de mesures pour tensions alternatives	46
8.6 Dispositifs de mesures pour tensions de choc	50
8.7 Dispositifs de mesures pour courants de choc	52
ANNEXE	
A 8.1 Définitions générales	56
A 8.2 Caractéristiques de construction et de réponse des diviseurs à résistances	60
A 8.3 Caractéristiques de construction et de réponse des shunts tubulaires	62
A 8.4 Echauffement des résistances de mesure	62
NOTE TECHNIQUE 1 Détermination expérimentale de la réponse	64
NOTE TECHNIQUE 2 Corrélation entre la réponse à l'échelon unité et les erreurs de mesure	66
NOTE TECHNIQUE 3 Temps de réponse calculé à partir de la courbe de réponse en fonction de la fréquence	68
NOTE TECHNIQUE 4 Mesures de tension utilisant des réactions nucléaires	68
Figures 1 à 14	72-90

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	SECTION ONE—GENERAL
1.1 Scope and object	7
	SECTION TWO—GENERAL DEFINITIONS
2.1 Disruptive discharge and withstand voltage	7
2.2 External insulation	9
2.3 Internal insulation	9
	SECTION THREE—GENERAL REQUIREMENTS CONCERNING TEST PROCEDURE AND TEST OBJECTS
3.1 General arrangement of the test object	9
3.2 Dry tests	11
3.3 Wet tests	11
3.4 Standard atmospheric conditions—Corrections	13
	SECTION FOUR—DIRECT VOLTAGE
4.1 Definitions	17
4.2 Test voltage	17
4.3 Test procedure	19
	SECTION FIVE—ALTERNATING VOLTAGE
5.1 Definitions	21
5.2 Test voltage	21
5.3 Test procedure	25
	SECTION SIX—IMPULSE VOLTAGE
6.1 Definitions	27
6.2 Test voltage	31
6.3 Test procedure	33
	SECTION SEVEN—IMPULSE CURRENT
7.1 Definitions	35
7.2 Test current	39
7.3 Measurement of voltage during tests with impulse currents	39
	SECTION EIGHT—APPROVED MEASURING DEVICES
8.1 Measuring devices used in tests involving high voltages or high impulse currents	41
8.2 Record of performance	43
8.3 Applicability of a measuring device to a particular test (routine check)	45
8.4 Measuring devices for direct voltages	45
8.5 Measuring devices for alternating voltages	47
8.6 Measuring devices for impulse voltages	51
8.7 Measuring devices for impulse currents	53
	APPENDIX
A 8.1 General definitions	57
A 8.2 Design features and response characteristics of resistor dividers	61
A 8.3 The construction and response characteristics of tubular shunts	63
A 8.4 Temperature rise of measuring resistors	63
TECHNICAL NOTE 1 Experimental determination of the response	65
TECHNICAL NOTE 2 Correlation between the unit step response and measuring errors	67
TECHNICAL NOTE 3 Response time calculated from frequency response curve	69
TECHNICAL NOTE 4 Voltage measurements making use of nuclear reactions	69
Figures 1—14	73–91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS À HAUTE TENSION

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 42, Technique des essais à haute tension.

La question des essais à haute tension a fait l'objet de discussions au sein de la C.E.I. depuis très longtemps; elle fut abordée pour la première fois en 1922 en relation avec les essais des isolateurs. En 1934, un Sous-Comité fut constitué en vue de traiter les essais en onde de choc; ses travaux aboutirent à la parution en 1938 de la première édition de la Publication 60 de la C.E.I., Spécifications générales pour les essais de choc.

En 1952, les travaux relatifs à la révision de la première édition furent entrepris par un Sous-Comité du Comité d'Etudes N° 36, Isolateurs. Des projets à ce sujet furent établis et discutés lors de réunions tenues à Londres et à Philadelphie en 1954, à Paris et de nouveau à Londres, en 1955.

Au cours de cette même année 1955, les travaux relatifs aux essais à haute tension furent repris par le Comité d'Etudes N° 42, nouvellement constitué: Technique des essais à haute tension. Des projets successifs furent discutés lors de réunions tenues à Munich en 1956, à Stockholm en 1958 et à Oslo en 1959. La réunion d'Oslo eut pour résultat l'établissement d'un projet définitif qui fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1960.

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

Allemagne	Pays-Bas
Belgique	Portugal
Danemark	Roumanie
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Finlande	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Inde	Union Sud-Africaine
Italie	Yougoslavie
Norvège	

Le Comité National Suédois a émis un vote négatif de principe concernant le paragraphe 5.2.1 dont il considère que les exigences ne sont pas suffisamment sévères.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Technical Committee No. 42, High-voltage testing techniques.

The question of high-voltage testing techniques has been discussed within the I.E.C. for a considerable time, since 1922, in connection with insulator testing. In 1934 a Sub-Committee was set up to deal with impulse-voltage testing, the work of which resulted in the issue in 1938 of the first edition of I.E.C. Publication 60, General specifications for impulse-voltage tests.

In 1952 the work of revising the first edition of Publication 60 was undertaken by a Sub-Committee of Technical Committee No. 36, Insulators. Drafts were circulated and discussed in London, 1954, in Philadelphia the same year, in Paris in 1955 and later the same year in London.

Also in 1955, the work of high-voltage testing was taken over by the newly formed Technical Committee No. 42, High-voltage testing techniques. Successive drafts were circulated and discussed in Munich in 1956, in Stockholm in 1958 and in Oslo in 1959. As a result of the Oslo meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1960.

The following National Committees voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Norway
Czechoslovakia	Portugal
Denmark	Romania
Finland	Switzerland
France	Union of South Africa
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Hungary	United Kingdom
India	United States of America
Italy	Yugoslavia
Netherlands	

The Swedish National Committee cast a negative vote for formal reasons, concerning exclusively Sub-clause 5.2.1., the requirements of which were not considered to be stringent enough.

ESSAIS À HAUTE TENSION

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

Les présentes recommandations sont applicables aux :

- essais diélectriques en tension continue,
- essais diélectriques en tension alternative,
- essais diélectriques en tension de choc,
- essais en courant de choc.

Elles ont pour objet de :

- définir les termes employés,
- décrire les méthodes de production et de mesure des tensions d'essai et des courants d'essai,
- décrire les modalités d'essai,
- recommander des méthodes pour l'étalonnage et le contrôle des dispositifs de mesures.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS GÉNÉRALES

2.1 Décharge disruptive et tension de tenue

2.1.1 Décharge disruptive

Le terme *décharge disruptive* est utilisé en général, dans ces recommandations, pour désigner l'ensemble des phénomènes liés à la rupture d'une isolation sous l'effet du champ électrique, comportant une forte chute de la tension et le passage d'un courant; ce terme s'applique à la rupture des diélectriques solides, liquides et gazeux, et de leurs combinaisons.

Le terme *contournement* est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit le long de la surface d'un diélectrique solide placé dans un diélectrique gazeux ou liquide.

Le terme *perforation* est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un solide.

Dans un diélectrique solide, la décharge disruptive produit une perte permanente de rigidité diélectrique; dans un diélectrique liquide ou gazeux, la perte de rigidité peut être seulement temporaire.

Note. — Le terme «contournement» ne correspond pas exactement aux termes anglais «flashover» ou «sparkover».

2.1.2 Tension de tenue

Une tension de tenue est une tension spécifiée qui doit être appliquée à un objet en essai dans des conditions spécifiées au cours d'un essai de tenue. Au cours de cet essai, aucune décharge disruptive ne doit, en général, se produire (voir toutefois le paragraphe 6.3.1.1).

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

SECTION ONE — GENERAL

1.1 Scope and object

These recommendations are applicable to:

- dielectric tests with direct voltages,
- dielectric tests with alternating voltages,
- dielectric tests with impulse voltages,
- tests with impulse currents.

The object of these recommendations is to:

- define the terms used,
- describe the methods for the generation and measurement of test voltages and test currents,
- describe the test procedure,
- recommend methods for the calibration and checking of measuring devices.

SECTION TWO — GENERAL DEFINITIONS

2.1 Disruptive discharge and withstand voltage

2.1.1 *Disruptive discharge*

The term *disruptive discharge* is used generally in these recommendations to cover the phenomena associated with the failure of insulation under electric stress which include a collapse of voltage and the passage of current; the term applies to electrical breakdown in solid, liquid and gaseous dielectrics and combinations of these.

The term *flashover*, or alternatively *sparkover*, is used when the disruptive discharge takes place between electrodes in a gas or liquid, or when it takes place over a solid surface.

The term *puncture* is used when the disruptive discharge takes place in a solid.

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.

Note. — The terms “flashover” and “sparkover” are not exactly equivalent to the French term “contournement”.

2.1.2 *Withstand voltage*

A withstand voltage is a specified voltage which is to be applied to a test object in a withstand test under specified conditions. During the test, in general no disruptive discharge should occur, but see Sub-clause 6.3.1.1.

2.1.3 Tension de décharge disruptive (*tension disruptive*)

La tension de décharge disruptive ou tension disruptive est la valeur de la tension d'essai pour laquelle se produit la décharge disruptive (voir paragraphes 4.3.2, 5.3.2, 6.3.1.2 et 6.3.1.3).

La tension disruptive est sujette à des variations aléatoires qui peuvent être exprimées de différentes façons, par exemple par les valeurs moyenne, maximale et minimale d'une série d'observations, ou par la valeur moyenne et l'écart quadratique moyen par rapport à la valeur moyenne, ou encore par une relation entre la tension et la probabilité de décharge disruptive. La façon d'exprimer cette dispersion aléatoire doit en général être indiquée par chaque Comité d'Etudes intéressé.

2.1.4 Tension disruptive à 50 pour cent

La tension disruptive à 50 pour cent est la tension pour laquelle la probabilité de production de décharge disruptive est de 50 pour cent. Cette notion intervient surtout dans les essais de choc et n'a de sens que dans le cas où la perte de rigidité diélectrique résultant d'une décharge disruptive n'est que temporaire.

2.1.5 Tension disruptive à 100 pour cent

Une tension disruptive à 100 pour cent est une tension spécifiée qui doit être appliquée à un objet en essai dans des conditions spécifiées au cours d'un essai de décharge disruptive à 100 pour cent. Cette notion intervient surtout dans les essais de choc et n'a de sens que dans le cas où la perte de rigidité diélectrique résultant d'une décharge disruptive n'est que temporaire. Au cours de cet essai, la décharge disruptive doit en général se produire à chacune des applications de la tension (voir toutefois le paragraphe 6.3.1.3).

2.2 Isolation externe

L'isolation externe d'un appareil comprend les surfaces isolantes externes et l'air environnant. La rigidité diélectrique de l'isolation externe dépend des conditions atmosphériques.

2.3 Isolation interne

L'isolation interne d'un appareil est la partie de son isolation qui n'est pas exposée directement aux conditions atmosphériques.

SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES AUX MODALITÉS D'ESSAI ET AUX OBJETS ESSAYÉS

3.1 Disposition générale de l'objet en essai

La distance aux objets voisins et la disposition générale de l'objet essayé, par exemple sa hauteur au-dessus du niveau du sol, l'agencement des connexions à haute tension, etc., peuvent avoir une importance en raison de leur influence sur les caractéristiques de contournement de l'objet en essai. Des prescriptions particulières doivent être spécifiées par le Comité d'Etudes intéressé.

2.1.3 *Disruptive discharge voltage*

The disruptive discharge voltage is the value of the test voltage for which disruptive discharge takes place, see Sub-clauses 4.3.2, 5.3.2, 6.3.1.2 and 6.3.1.3.

The disruptive discharge voltage is subject to statistical variation which can be expressed in different ways as, for example, by the mean, the maximum, and the minimum values of series of observations, or by the mean and standard deviation from the mean, or by a relation between voltage and probability of a disruptive discharge. The method of dealing with the statistical variability should in general be laid down by the relevant Technical Committee.

2.1.4 *50 per cent disruptive discharge voltage*

The 50 per cent disruptive discharge voltage is the voltage which has a 50 per cent probability of producing a disruptive discharge. The term applies mostly to impulse tests and has significance only in cases when the loss of electric strength resulting from a disruptive discharge is temporary.

2.1.5 *100 per cent disruptive discharge voltage*

The 100 per cent disruptive discharge voltage is a specified voltage which is to be applied to a test object in a 100 per cent disruptive discharge test under specified conditions. The term applies mostly to impulse tests and has significance only in cases when the loss of electric strength resulting from a disruptive discharge is temporary. During the test in general all voltage applications should cause disruptive discharge, but see Sub-clause 6.3.1.3.

2.2 **External insulation**

The external insulation of apparatus comprises the external insulating surfaces and the surrounding air. The dielectric strength of external insulation is dependent on atmospheric conditions.

2.3 **Internal insulation**

The internal insulation of apparatus is that part which is not directly exposed to atmospheric conditions.

SECTION THREE — GENERAL REQUIREMENTS CONCERNING TEST PROCEDURE AND TEST OBJECTS

3.1 **General arrangement of the test object**

Clearance to extraneous structures and the general disposition of the test object, for example its height above ground level, arrangements of high-voltage leads, etc., may be of importance in their effect on the flashover characteristics of the test object. Special requirements should be specified by the relevant Technical Committee.

Lorsque ces objets voisins sont distants d'au moins 1,5 s (s étant la distance de contournement entre les électrodes de l'objet en essai), leur influence sur la tension disruptive de l'objet essayé sera en général faible. La distance peut être réduite dans le cas d'objets en essai à répartition de tension suffisamment indépendante de l'influence des objets voisins. Toutefois, pour éviter des décharges disruptives par rapport à ces objets voisins, il peut être nécessaire de porter cette distance à une valeur supérieure à celle indiquée ci-dessus.

3.2 Essais à sec

L'objet essayé doit, avant l'essai, subir les opérations de conditionnement spécifiées dans les recommandations appropriées (traitement sous vide, traitement thermique, etc.). Il doit être essayé à la température prescrite. Sauf indication contraire, l'essai doit être exécuté à la température ambiante et l'objet essayé doit être sec et propre.

3.3 Essais sous pluie

Il est en général reconnu que les essais sous pluie n'ont pas pour but de reproduire les conditions réelles d'emploi, mais de procurer un critère de fonctionnement satisfaisant en service, basé sur une longue expérience. Ils doivent donner des résultats reproductibles, dans un même laboratoire et dans des laboratoires différents. La dispersion de la tension disruptive est plus grande dans les essais sous pluie que dans les essais à sec, de sorte qu'un plus grand nombre d'observations est nécessaire pour obtenir des valeurs significatives.

3.3.1 Modalités d'essai

L'objet en essai doit être exposé à une aspersion d'eau de résistivité prescrite, produite par un ou plusieurs gicleurs placés de façon à répondre à la prescription de l'article 3.1, Disposition générale de l'objet en essai. Le jet, formé de fines gouttelettes, doit tomber sur l'objet essayé avec une inclinaison d'environ 45°, telle qu'on peut la déterminer par observation visuelle ou par la mesure des composantes verticale et horizontale du débit d'aspersion.

La composante verticale de l'aspersion doit être mesurée avec un récipient collecteur présentant une ouverture horizontale d'une surface de 100 à 750 cm²; lorsque la composante verticale et la composante horizontale sont exigées simultanément, la composante horizontale doit être mesurée avec un récipient présentant une ouverture verticale analogue, orientée vers les gicleurs. Le récipient collecteur doit être placé à côté de l'objet essayé en face des gicleurs et aussi près de l'objet qu'il est possible sans recueillir les éclaboussures qui en rejaillissent.

Lorsque la hauteur de l'objet en essai dépasse 50 cm, le débit d'aspersion doit être mesuré près des extrémités et du milieu, et les valeurs obtenues pour l'une quelconque des positions ne doivent pas différer de plus de 25 pour cent de la valeur moyenne relative aux trois positions; pour des objets d'une hauteur égale ou inférieure à 50 cm, la mesure doit être faite près du milieu seulement.

L'objet en essai doit être aspergé pendant au moins une minute avant l'application de la tension. (D'autre part, des résultats plus concordants peuvent être obtenus si l'objet essayé est entièrement mouillé avant l'application de la tension, avec une eau ayant la résistivité et la température prescrites). Les caractéristiques de l'aspersion sont données dans le tableau suivant; deux catégories y sont données, l'une correspondant à la pratique en usage dans la majorité des laboratoires européens, l'autre à la pratique en usage aux Etats-Unis. La possibilité de spécifier des prescriptions universellement acceptables est à l'étude.

If the clearance to extraneous structures is at least $1.5 s$ (s being the flashover distance between the electrodes of the test object) the effect of such structures on the disruptive discharge voltage of the test object will usually be small. For test objects of which the voltage distribution is sufficiently independent of the effect of neighbouring objects, the clearance may be reduced. In order to prevent flashover to these structures, however, it may be necessary to make this clearance greater than the minimum value given above.

3.2 Dry tests

The test object shall, before the test, undergo the conditioning process specified in the appropriate recommendations (treatment in vacuum, thermal treatment, etc.) and shall be tested at the prescribed temperature. If not otherwise stated, the test shall be made at ambient temperature and the test object shall be dry and clean.

3.3 Wet tests

It is generally recognized that wet tests are not intended to reproduce actual operating conditions but to provide a criterion based on accumulated experience that satisfactory service operation will be obtained.

The test should give reproducible results in the same and in different laboratories. The dispersion of the disruptive discharge voltage in wet tests is greater than in dry so that more observations are required to obtain reliable values.

3.3.1 Test procedure

The test object shall be subjected to a spray of water of prescribed resistivity provided by a nozzle or nozzles so located as to comply with Clause 3.1, General arrangement of the test object. The spray consisting of small drops shall fall on the test object at an angle approximately 45° to the vertical as determined by visual observation or by measurements of the vertical and horizontal components of the precipitation rate.

The vertical component of the spray shall be measured with a collecting vessel having a horizontal opening of area 100 to 750 cm²; when both vertical and horizontal components are required, the horizontal component shall be measured with a collecting vessel having a similar vertical opening directed towards the nozzles. The collecting vessel should be located on the side of the test object facing the nozzles and as close to the test object as is possible without collecting splashes from it.

For test objects of height greater than 50 cm, measurements of the rate of precipitation shall be made near the ends and the middle and values obtained for any one position shall not differ by more than 25 per cent from the average for the three positions; for tests objects of 50 cm height or less, the measurement shall be made near the middle only.

The test object should be sprayed for at least one minute before the application of voltage. (Alternatively, more consistent results may be obtained if the test object is thoroughly wetted with water of the prescribed resistivity and temperature before the application of voltage). The characteristics of the spray are given in the following table; two sets are given, one in general accordance with European practice in a majority of laboratories, the other with practice in the U.S.A. The possibility of prescribing a wet test procedure which will be generally acceptable, is under consideration.

	Caractéristique	Pratique	
		Europe	Etats-Unis
1.	Débit d'aspersion (mm/min) composante verticale	$3 \pm 10\%$	$5 \pm 10\%$
2.	Direction du jet	voir ci-dessus	voir ci-dessus
3.	Résistivité de l'eau (Ω cm)	$10\,000 \pm 10\%$	$17\,800 \pm 15\%$
4.	Température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$)	Température ambiante ± 15	Température ambiante ± 15
5.	Type de gicleur	voir figure 1.a—b (page 72)	voir figure 2 (page 74)
6.	Pression d'eau	voir figure 1.a—b (page 72)	voir figure 2 (page 74)
7.	Durée de l'essai de tenue sous pluie	1 min	10 s

Note. — Ces deux catégories de prescriptions sur les caractéristiques d'aspersion peuvent conduire à des valeurs différentes pour la tension disruptive sous pluie; généralement les prescriptions de la pratique européenne ont tendance à donner des tensions disruptives plus faibles.

3.4 Conditions atmosphériques normales — Corrections

3.4.1 Conditions atmosphériques normales

Les conditions atmosphériques normales sont les suivantes:

	Pratique en Europe	Pratique aux Etats-Unis et au Canada
Température ambiante, t_o	20°C	25°C
Pression atmosphérique, b_o	1 013 millibars	1 013 millibars
Humidité, h_o	11 g/m ³	15 g/m ³ (cette valeur équivaut à une pression partielle de 0,6085 in de mercure à 25°C)

Note. — Une pression de 1 013 millibars est équivalente à la pression de 760 mm de mercure à 0°C . Lorsque la hauteur de la colonne barométrique est H mm de mercure et la température t $^{\circ}\text{C}$, la pression atmosphérique en millibars est:

$$\frac{1\,013}{760} H (1 - 1,8 \cdot 10^{-4} t)$$

3.4.2 Facteurs de correction

La tension disruptive d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques.

Si la tension disruptive est $U_{(t, b, h)}$ dans les conditions réelles de l'essai (température t , pression b et humidité h), la tension disruptive $U_{(t_o, b_o, h_o)}$ pour les conditions normales est donnée par la relation:

$$U_{(t_o, b_o, h_o)} = U_{(t, b, h)} \cdot \frac{1}{d} \cdot k$$

	Characteristic	Practice	
		Europe	U.S.A.
1.	Precipitation rate (mm/min) Vertical component	$3 \pm 10\%$	$5 \pm 10\%$
2.	Direction of spray	See above	See above
3.	Resistivity of water (Ω cm)	$10\,000 \pm 10\%$	$17\,800 \pm 15\%$
4.	Temperature of water ($^{\circ}\text{C}$)	Ambient temperature ± 15	Ambient temperature ± 15
5.	Type of nozzle	See Figure 1.a—b (page 73)	See Figure 2 (page 75)
6.	Water pressure	See Figure 1.a—b (page 73)	See Figure 2 (page 75)
7.	Duration of wet withstand test	1 min	10 s

Note. — The alternative requirements for the characteristics of the spray can lead to different values for the wet disruptive discharge voltage; generally the European requirements tend to lower voltages.

3.4 Standard atmospheric conditions—Corrections

3.4.1 Standard atmospheric conditions

The following standard atmospheric conditions are applicable:

	Practice in Europe	Practice in U.S.A. and Canada
Ambient temperature, t_o	20°C	25°C
Atmospheric pressure, b_o	1 013 millibars	1 013 millibars
Humidity, h_o	11 g/m ³	15 g/m ³ (This is equivalent to a partial pressure of 0.6085 inch of mercury at 25°C)

Note. — A pressure of 1 013 millibars corresponds to a height of 760 mm in a mercury barometer at 0°C . If the height of the barometer is H mm of mercury and the temperature is $t^{\circ}\text{C}$, the atmospheric pressure in millibars is:

$$\frac{1\,013\,H}{760} (1 - 1.8 \cdot 10^{-4} t)$$

3.4.2 Correction factors

The disruptive discharge voltage of external insulation depends on atmospheric conditions.

If the disruptive discharge voltage is $U_{(t, b, h)}$ under actual test conditions (temperature t , pressure b and humidity h) the disruptive discharge voltage under standard conditions $U_{(t_o, b_o, h_o)}$ is given by the relation:

$$U_{(t_o, b_o, h_o)} = U_{(t, b, h)} \cdot \frac{1}{d} \cdot k$$

Le facteur $\frac{1}{d}$ est relatif à la densité de l'air; il est donné au paragraphe 3.4.3. Le facteur k est relatif à l'humidité; son usage et ses possibilités d'application sont données au paragraphe 3.4.4.

Sauf spécification contraire, la tension à appliquer au cours d'un essai de tenue concernant une isolation externe doit être déterminée en multipliant la tension de tenue spécifiée par $\frac{d}{k}$.

Il appartient au Comité d'Etudes intéressé de décider si des corrections sont à appliquer aux tensions ou non, dans un essai de tenue, lorsque celui-ci concerne à la fois l'isolation externe et l'isolation interne.

3.4.3 Facteur de correction de densité d'air

Pour une pression atmosphérique b exprimée en millibars et une température t exprimée en degrés Celsius, on obtient:

par rapport à:

$$t_0 = 20^\circ\text{C} \quad d = 0,289 \frac{b}{273 + t}$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C} \quad d = 0,294 \frac{b}{273 + t}$$

Si la pression atmosphérique est donnée en millimètres de mercure à 0°C , les formules deviennent:

par rapport à:

$$t_0 = 20^\circ\text{C} \quad d = 0,386 \frac{H}{273 + t}$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C} \quad d = 0,393 \frac{H}{273 + t}$$

3.4.4 Facteur de correction d'humidité

Les renseignements concernant la correction d'humidité sont incomplets et parfois contradictoires. Les figures 3 et 4 (pages 76 et 78) résument les pratiques actuelles relatives aux corrections d'humidité respectivement par rapport à la valeur normale en usage en Europe et par rapport à celle en usage aux Etats-Unis et au Canada.

Note. — On considère que ces corrections donnent des résultats sensiblement exacts pour les éclateurs à tiges. Pour les isolateurs, leur exactitude est moindre, particulièrement dans le cas où le trajet de contournement épouse la surface de l'isolateur. Une diminution de tension disruptive a parfois été observée à humidité croissante. Pour les traversées également, les courbes de correction sont incertaines.

Lorsque le facteur de correction est jugé trop incertain, aucune correction d'humidité ne doit être faite.

La question de l'obtention de facteurs de correction d'humidité plus sûrs est à l'étude.

The factor $\frac{1}{d}$ is an air density factor which is given in Sub-clause 3.4.3. The factor k is a humidity factor, the use and applicability of which are given in Sub-clause 3.4.4.

If not otherwise specified, the voltage to be applied during a withstand test on external insulation is determined by multiplying the specified withstand voltage by $\frac{d}{k}$.

It is left to the relevant Technical Committee to decide whether or not corrections have to be applied to the voltage values in a withstand test in those cases where both external and internal insulation are involved.

3.4.3 Air density correction factor

With the atmospheric pressure b expressed in millibars and the temperature t expressed in degrees Celsius, the following apply:

Correction to

$$t_0 = 20^\circ\text{C} \quad d = 0.289 \frac{b}{273 + t}$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C} \quad d = 0.294 \frac{b}{273 + t}$$

If the atmospheric pressure is given in millimetres of mercury at 0°C the formulae are to be replaced by:

Correction to

$$t_0 = 20^\circ\text{C} \quad d = 0.386 \frac{H}{273 + t}$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C} \quad d = 0.393 \frac{H}{273 + t}$$

3.4.4 Humidity correction factor

The information regarding the humidity correction is incomplete and sometimes conflicting. Figures 3 and 4 (pages 77 and 79) give the present practices regarding corrections to the European standard value and to the standard value for U.S.A. and Canada respectively.

Note. — It is believed that the corrections above give reasonably correct results for rod-gaps. For insulators the curves are less accurate, especially in cases where the flashover path follows the surface of the insulator. Sometimes decrease of voltage with increasing humidity has been observed. Also for bushings the correction curves are rather unreliable.

In case the correction factor is considered to be too uncertain no humidity correction should be made.

The question of obtaining more reliable humidity correction factors is under consideration.

SECTION QUATRE — TENSION CONTINUE

Les caractéristiques qui définissent une tension continue utilisée dans un essai à haute tension sont :

- a) la polarité,
- b) la valeur moyenne arithmétique,
- c) la valeur de crête,
- d) l'ondulation.

4.1 Définitions

4.1.1 Ondulation

L'ondulation est l'écart périodique par rapport à la valeur moyenne arithmétique. La grandeur de l'ondulation est définie comme la moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale. Le *facteur d'ondulation* est le rapport de la grandeur de l'ondulation à la valeur moyenne arithmétique de la tension.

4.1.2 Valeur de la tension d'essai

La valeur de la tension d'essai est définie par sa valeur moyenne arithmétique.

Note. — La valeur de crête de la tension d'essai peut être prise approximativement égale à la somme de la valeur moyenne arithmétique et de la grandeur de l'ondulation.

4.1.3 Valeur du courant traversant l'objet en essai

La valeur du courant traversant l'objet en essai est définie par sa valeur moyenne arithmétique.

4.2 Tension d'essai

4.2.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai

La tension d'essai doit être une tension continue ayant un facteur d'ondulation inférieur à 5 pour cent, sauf stipulation contraire du Comité d'Etudes intéressé.

4.2.2 Production de la tension d'essai

La tension d'essai est généralement produite au moyen de redresseurs ou par des générateurs électrostatiques. L'expérience pratique dont on dispose est insuffisante pour permettre de spécifier avec précision les prescriptions relatives à la source de tension; quelques directives sont données ci-après :

- a) Le débit de la source à haute tension doit être suffisant pour assurer, à la tension spécifiée, l'alimentation du courant de fuite moyen de l'objet essayé et de l'équipement de mesure associé.
- b) Etant donné que les courants de décharge de durée courte par rapport à la durée de recharge de la source à haute tension sont presque entièrement fournis par la capacité du condensateur d'appoint et de l'objet essayé, la capacité totale doit être suffisante pour que la chute de tension engendrée par de telles décharges n'entraîne pas des résultats d'essais douteux. La recharge de cette capacité dépend des caractéristiques de la source à haute tension.

SECTION FOUR — DIRECT VOLTAGE

A direct voltage used in high voltage testing is characterized by:

- a) polarity,
- b) arithmetic mean value,
- c) maximum value,
- d) ripple.

4.1 Definitions

4.1.1 *Ripple*

Ripple is the periodic deviation from the arithmetic mean value. The magnitude of the ripple is defined as half the difference between the maximum and minimum values. The *ripple factor* is the ratio of the ripple magnitude to the arithmetic mean value of the voltage.

4.1.2 *Value of test voltage*

The value of the test voltage is defined by its arithmetic mean value.

Note. — The maximum value of the test voltage may be taken approximately as the sum of the arithmetic mean value plus the ripple magnitude.

4.1.3 *Value of current through test object*

The value of the current through the test object is defined by its arithmetic mean value.

4.2 Test voltage

4.2.1 *Requirements concerning the test voltage*

The test voltage should be a direct voltage with less than a 5 per cent ripple factor, unless otherwise specified by the relevant Technical Committee.

4.2.2 *Generation of test voltage*

The test voltage is generally produced by means of rectifiers or by electrostatic generators. Insufficient practical experience is available to permit precise specification of the requirements of the voltage source; some guidance is given in the following:

- a) The current from the high-voltage source should be sufficient to supply the average leakage current of the test object and associated measuring equipment at the specified voltage.
- b) Since discharge currents of durations short compared with the recharge time of the high-voltage source are almost entirely drawn from the storage and load capacitance, the total capacitance of these should be sufficient to ensure that the voltage drop caused by such discharges does not cause doubtful test results. The recharging of this capacitance is dependent on the characteristics of the high-voltage source.

4.2.3 *Mesure de la tension d'essai*

4.2.3.1 *Mesure au moyen de dispositifs approuvés*

La valeur moyenne arithmétique, la valeur de crête ou le facteur d'ondulation de la tension d'essai doivent être mesurés au moyen d'un dispositif qui a subi la procédure d'approbation indiquée à la Section Huit.

4.2.3.2 *Mesure au moyen d'un éclateur à sphères*

La valeur de crête de la tension d'essai peut être mesurée au moyen d'un éclateur à sphères.

Le mode opératoire consiste usuellement à établir une relation entre l'écartement auquel la décharge disruptive se produit et une autre variable du circuit liée à la tension d'essai (la relation entre la tension d'alimentation et la tension de sortie n'est pas toujours suffisamment constante pour pouvoir servir à des mesures). Pour établir cette relation, on suivra le mode opératoire indiqué au paragraphe 4.2.1 de la Publication 52, 1960, de la C.E.I.

Si cette relation dépend de la présence de l'objet essayé, de l'éclateur à sphères, de l'aspersion dans le cas d'essais sous pluie, etc., il importe que les conditions soient les mêmes pendant l'étalonnage et pendant l'essai.

Cet étalonnage sera fait de préférence à une tension égale à la tension d'essai, mais si nécessaire, une extrapolation peut être faite à partir d'une tension au moins égale à 80 pour cent de la tension d'essai.

Note. — Au sujet des précautions à prendre lors de la mesure des tensions continues au moyen d'éclateurs à sphères, on se reportera au paragraphe 5.2.2 de la Publication 52, 1960, de la C.E.I.

4.3 **Modalités d'essai**

La tension doit être appliquée à l'objet en essai à partir d'une valeur suffisamment basse pour éviter des surtensions dues aux phénomènes transitoires d'enclenchement. Elle doit croître assez lentement pour permettre une lecture précise de l'appareil de mesure, mais sans qu'il en résulte pour autant une prolongation inutile de la contrainte de l'objet essayé au voisinage de la tension d'essai. Ces conditions sont en général remplies lorsque la rapidité de montée en tension, au-dessus de 75 pour cent de la valeur finale estimée de la tension d'essai, est d'environ 2 pour cent de cette valeur par seconde.

Le Comité d'Etudes intéressé doit spécifier la polarité de la tension ou l'ordre dans lequel sont appliquées les tensions de chaque polarité, ainsi que la rapidité de montée en tension dans le cas où les spécifications ci-dessus énoncées ne peuvent pas être respectées.

4.3.1 *Essai de tenue*

La tension doit être portée jusqu'à la valeur spécifiée de la façon indiquée à l'article 4.3. Elle doit y être maintenue pendant la durée spécifiée, puis rapidement diminuée par la décharge du condensateur de filtrage à travers une résistance convenable. L'essai est en général satisfaisant s'il ne se produit aucune décharge disruptive sur l'objet essayé.

4.3.2 *Essai de décharge disruptive*

La tension d'essai doit être augmentée de la façon indiquée à l'article 4.3 jusqu'à ce qu'il se produise une décharge disruptive sur l'objet en essai. La tension atteinte au moment de la décharge disruptive doit être consignée.

4.2.3 *Measurement of test voltage*

4.2.3.1 *Measurement with approved devices*

The arithmetic mean value, the maximum value or the ripple factor of the test voltage should be measured by a device which has passed the approval procedure referred to in Section Eight.

4.2.3.2 *Measurement with sphere-gap*

The measurement of the maximum value of the test voltage can be made with a sphere-gap.

The procedure usually consists in establishing a relation between the spacing at which disruptive discharge occurs and some other circuit variable related to the test voltage. (The relation between the supply voltage and the output voltage may not be sufficiently stable for measuring purposes). In establishing this relationship, the procedure referred to in Sub-clause 4.2.1 of I.E.C. Publication 52 (1960), should be followed.

If this relation is dependent on the presence of the test object, the sphere-gap, the precipitation in wet test, etc., it is important that the conditions be the same during the calibration and the actual test.

The calibration is preferably made at 100 per cent of the test voltage but, if necessary, extrapolation may be made from a voltage not lower than 80 per cent of the test voltage.

Note. — For the precautions when measuring direct voltage with sphere-gaps see Sub-clause 5.2.2 of I.E.C. Publication 52 (1960).

4.3 **Test procedure**

The voltage should be applied to the test object starting with a value sufficiently low to prevent over-voltage due to switching transients. It should be raised sufficiently slowly to permit accurate reading of the instrument, but not so slowly as to cause unnecessary prolongation of the stressing of the test object near the test voltage. These requirements are in general met if the rate-of-rise above 75 per cent of the estimated final test voltage is about 2 per cent per second of the voltage.

The polarity of the voltage or the order in which the voltage of each polarity is applied and also the rate-of-rise in case the specifications above cannot be complied with, should be specified by the relevant Technical Committee.

4.3.1 *Withstand test*

The test voltage should be raised to the specified value in the manner described in Clause 4.3. It should be maintained for the specified time and then rapidly reduced by discharge of the storage capacitor through a suitable resistor. The requirements of the test have generally been satisfied if no disruptive discharge on the test object occurs.

4.3.2 *Disruptive discharge test*

The test voltage should be raised in the manner described in Clause 4.3 until a disruptive discharge occurs on the test object. The voltage reached at the instant of disruptive discharge should be recorded.

SECTION CINQ — TENSION ALTERNATIVE

Les caractéristiques qui définissent une tension alternative utilisée dans un essai à haute tension sont:

- a) la fréquence,
- b) la valeur de crête,
- c) la valeur efficace,
- d) la forme de la tension.

5.1 Définitions

5.1.1 Valeur de crête

La valeur de crête est la plus grande valeur instantanée, étant exclues toutefois les petites oscillations à haute fréquence, comme celles engendrées par des décharges partielles se produisant dans le circuit.

5.1.2 Valeur efficace

La valeur efficace d'une tension alternative est la racine carrée de la moyenne des carrés des valeurs que prend la tension pendant une période entière.

5.1.3 Valeur de la tension d'essai

La valeur de la tension d'essai est définie par sa valeur de crête (voir paragraphe 5.1.1) divisé par $\sqrt{2}$.

5.2 Tension d'essai

5.2.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai

La tension d'essai doit être une tension alternative de fréquence comprise entre 40 et 62 Hz ou de fréquence agréée. Sa forme doit être voisine d'une sinusoïde et ses deux alternances doivent être sensiblement pareilles. Les données quantitatives relatives à l'écart par rapport à une sinusoïde sont encore à l'étude; provisoirement toutefois, cet écart est considéré comme acceptable si l'une des conditions suivantes a à d est remplie. Pour chacun des modes d'évaluation deux valeurs sont données; les plus grandes peuvent être considérées comme acceptables, les plus petites étant toutefois souhaitables et devant être prises en considération pour la spécification de nouvelles installations d'essai.

- a) Le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace reste égal à $\sqrt{2}$ avec une tolérance de ± 7 pour cent, ou de ± 4 pour cent.
- b) La valeur de crête du résidu n'excède pas 10 pour cent, ou 5 pour cent, de la valeur de crête de la tension considérée.
- c) La valeur efficace du résidu n'excède pas 10 pour cent, ou 5 pour cent, de la valeur efficace de la tension considérée.
- d) Le plus grand écart entre la courbe représentant la tension considérée et une sinusoïde de même fréquence et de même valeur de crête est inférieur à 10 pour cent, ou 5 pour cent, de cette valeur de crête lorsque les deux courbes sont superposées de telle façon que cet écart soit aussi petit que possible.

SECTION FIVE — ALTERNATING VOLTAGE

An alternating voltage used in high voltage testing is characterized by:

- a) frequency,
- b) peak value,
- c) r.m.s. value,
- d) shape of the voltage.

5.1 Definitions

5.1.1 *Peak value*

The peak value is the maximum value but excludes small high-frequency oscillations arising for instance from partial discharges in the circuit.

5.1.2 *R.M.S. value*

The r.m.s. value of an alternating voltage is the square root of the mean of the square of the voltage during a complete cycle.

5.1.3 *Value of test voltage*

The value of the test voltage is defined by its peak value (see Sub-clause 5.1.1) divided by $\sqrt{2}$.

5.2 Test voltage

5.2.1 *Requirements concerning the test voltage*

The test voltage should be an alternating voltage having a frequency in the range 40–62 Hz (c/s) or of an agreed value. Its form shall approximate to a sine curve and have both half cycles reasonably alike. The extent of the deviation from a sine curve, while under consideration, is provisionally considered acceptable if one of the following conditions *a* to *d* is satisfied. For each procedure two values are given; the higher values may be considered acceptable but the lower values are desirable and should be aimed at in specifying new test equipment.

- a) The ratio peak/r.m.s. is equal to $\sqrt{2}$ within ± 7 per cent, alternatively 4 per cent.
- b) The peak value of the residual is not more than 10 per cent, alternatively 5 per cent, of the peak value of the actual wave.
- c) The r.m.s. value of the residual is not more than 10 per cent, alternatively 5 per cent, of the r.m.s. value of the actual wave.
- d) The maximum difference between the actual wave form and a sinusoidal curve of the same frequency and peak value is less than 10 per cent, alternatively 5 per cent, of this peak value when the two curves are superimposed in such a way as to make this difference as small as possible.

5.2.2 Production de la tension d'essai

La tension d'essai est généralement fournie par un transformateur élévateur. La tension d'essai peut également être fournie par un circuit résonant en série.

Note. — Pour la réduction de la contrainte du transformateur — due aux décharges disruptives sur l'objet en essai — une résistance de quelques milliers d'ohms est parfois introduite entre les deux.

5.2.2.1 Prescriptions relatives au circuit dans le cas d'un transformateur

Le courant fourni par le transformateur, lorsque l'objet essayé est mis en court-circuit à la tension d'essai, ne doit pas être inférieur à une valeur minimale spécifiée; celle-ci est choisie d'après l'expérience en sorte que des décharges partielles n'entraînent pas une chute de tension telle que la valeur de la tension disruptive puisse en être affectée.

L'intensité minimale de ce courant est estimée à 1 A pour la majorité des cas. Pour certains objets, tels que des échantillons d'isolants liquides ou des combinaisons d'isolants liquides et solides, un courant beaucoup plus faible, de l'ordre de 0,1 A, peut suffire. Pour des objets fortement pollués, un courant bien supérieur à 1 A peut être nécessaire pour obtenir une tension stable sur l'objet en essai.

5.2.2.2 Circuit résonant en série

Le circuit résonant consiste principalement en un objet ou une charge capacitive branché en série avec une inductance variable et une source de courant. En faisant varier l'inductance, on peut accorder la résonance de ce circuit sur la fréquence requise; dans ces conditions, la tension appliquée à l'objet a une forme très voisine d'une sinusoïde, même pour de grandes charges capacitatives telles que des câbles et des condensateurs.

La stabilité de la condition de résonance, et par suite la constance de la tension d'essai, dépendent de la constance de l'impédance et particulièrement des pertes de l'objet en essai. C'est pourquoi ce circuit ne convient pas pour les essais où la condition de résonance est perturbée par des courants de fuite variables ou par des décharges partielles, tels que, par exemple, les essais d'isolation externe à sec, sous pluie ou dans des conditions de pollution. Au contraire, cette méthode convient bien aux objets comprenant des condensateurs ou des échantillons de câbles, pour lesquels l'influence de l'isolation externe est amortie par la capacité de la charge.

5.2.3 Mesure de la tension d'essai

5.2.3.1 Mesure au moyen de dispositifs approuvés

La tension d'essai et l'écart de sa courbe représentative par rapport à une sinusoïde doivent être mesurés au moyen d'un dispositif qui a subi la procédure d'approbation indiquée à la Section Huit.

5.2.3.2 Mesure au moyen d'un éclateur à sphères

La valeur de crête de la tension d'essai peut être mesurée au moyen d'un éclateur à sphères. Le mode opératoire consiste usuellement à établir une relation entre l'écartement auquel la décharge disruptive se produit et une autre variable du circuit liée à la tension d'essai. Pour établir cette relation, on suivra le mode opératoire indiqué au paragraphe 4.2.1 de la Publication 52, 1960, de la C.E.I.

5.2.2 *Generation of test voltage*

The test voltage is generally supplied from a step-up transformer. The test voltage can also be supplied from a series resonant circuit.

Note. — To reduce the stress on the transformer caused by chopping at the test object, a resistor of a few kilohms is sometimes inserted between these two.

5.2.2.1 *Requirements of the transformer circuit*

The current delivered by the transformer, when the test object is short-circuited at the test voltage, should not be less than a minimum specified value selected on the basis of experience to ensure that partial discharges will not lead to such a lowering of the voltage that the value of the disruptive discharge voltage of the test object could be affected.

This current is deemed to be not less than 1 A for the majority of cases. For some test objects such as samples of insulating liquids or combinations of liquid and solid dielectrics, a much lower current of the order 0.1 A may suffice. For heavily polluted test objects, a much higher current than 1 A may be required to obtain a steady voltage on the test object.

5.2.2.2 *The series resonant circuit*

The series resonant circuit consists essentially of a capacitive test object or load connected in series with a variable inductor and a power supply. By varying the inductance, the circuit can be tuned to resonance at the required frequency under which condition a voltage of a shape approximating very closely to a sine curve is applied to the test object, even for large capacitance load such as cables and capacitors.

The stability of the resonance conditions and consequently the constancy of the test voltage depends on the constancy of the impedance and especially of the losses of the test object. The circuit is unsuitable therefore for tests in which the resonant condition is disturbed by variable leakage currents or partial discharges, for example tests on external insulation under dry or wet or polluted conditions. The method is readily applicable to test objects comprising capacitors or cable samples, where the external insulation effects are swamped by the capacitance of the load.

5.2.3 *Measurement of test voltage*

5.2.3.1 *Measurement with approved devices*

The test voltage and the deviation from a sinusoid should be measured with a device which has passed the approval procedure referred to in Section Eight.

5.2.3.2 *Measurement with sphere-gap*

The measurement of the peak value of the test voltage may be made with a sphere-gap. The procedure usually consists in establishing a relation between the spacing at which disruptive discharge occurs and some other circuit variable related to the test voltage. In establishing this relationship, the procedure referred to in Sub-clause 4.2.1 of I.E.C. Publication 52 (1960) should be followed.

Si cette relation dépend de la présence de l'objet essayé, de l'éclateur à sphères, de l'aspersion dans le cas d'essai sous pluie, etc., il importe que les conditions soient les mêmes pendant l'étalonnage et pendant l'essai.

Cet étalonnage se fera de préférence à une tension égale à la tension d'essai, mais une extrapolation peut être faite à partir d'une tension au moins égale à 80 pour cent de la tension d'essai. Cette extrapolation peut ne pas être satisfaisante si le courant dans le circuit d'essai n'est pas proportionnel à la tension, ou si la forme de la tension, ou la fréquence, se trouve modifiée à la pleine tension d'essai.

5.3 Modalités d'essai

La tension doit être appliquée à l'objet en essai à partir d'une valeur suffisamment basse pour éviter des surtensions dues aux phénomènes transitoires d'enclenchement. Elle doit croître assez lentement pour permettre une lecture précise de l'appareil de mesure, mais sans qu'il en résulte pour autant une prolongation inutile de la contrainte de l'objet essayé au voisinage de la tension d'essai. Ces conditions sont en général remplies lorsque la rapidité de la montée en tension, au-dessus d'environ 75 pour cent de la valeur finale estimée de la tension d'essai, est d'environ 2 pour cent de cette valeur par seconde.

5.3.1 Essai de tenue

La tension d'essai doit être portée jusqu'à la valeur spécifiée de la façon indiquée à l'article 5.3. Elle doit y être maintenue pendant la durée spécifiée, puis rapidement diminuée mais non brusquement interrompue de façon à empêcher l'apparition de phénomènes transitoires de manœuvre pouvant affecter le résultat de l'essai. L'essai est en général satisfaisant s'il ne se produit aucune décharge disruptive sur l'objet essayé.

5.3.2 Essai de décharge disruptive

La tension d'essai doit être augmentée de la façon indiquée à l'article 5.3 jusqu'à ce qu'il se produise une décharge disruptive sur l'objet en essai. La tension atteinte au moment de la décharge disruptive doit être consignée.

SECTION SIX — TENSION DE CHOC

Les caractéristiques qui définissent une tension de choc utilisée dans un essai à haute tension sont:

- a) la polarité,
- b) la valeur de crête, le cas échéant la valeur de crête conventionnelle,
- c) la durée conventionnelle du front, T_1 ,
- d) la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur, T_2 ,
- e) la durée conventionnelle jusqu'à la coupure, T_c ,
- f) la durée conventionnelle de la chute de tension pendant la coupure.

If this relation is dependent on the presence of the test object, the sphere-gap, the precipitation in wet tests etc., it is important that the conditions be the same during the calibration and the actual test.

The calibration is preferably made at 100 per cent of the test voltage, but extrapolation may be made from a voltage not lower than 80 per cent of the test voltage. Extrapolation may be unsatisfactory if the current of the test circuit is not proportional to voltage or if modifications have occurred in the voltage shape or frequency at 100 per cent test voltage.

5.3 Test procedure

The voltage should be applied to the test object starting at a value low enough to prevent overvoltages due to switching transients. It should be raised sufficiently slowly to permit accurate reading of the measuring instrument, but not so slowly as to cause unnecessary prolongation of the stress of the test object near the test voltage. These requirements are in general met if the rate-of-rise above 75 per cent of the estimated final test voltage is about 2 per cent per second of this voltage.

5.3.1 Withstand test

The test voltage should be raised to the specified value in the manner described in Clause 5.3. It should be maintained for the specified time and then rapidly decreased, but not suddenly interrupted, so as to avoid the possibility of switching transients which may affect the test result. The test is generally satisfactory if no disruptive discharge occurs on the test object.

5.3.2 Disruptive discharge test

The test voltage should be raised in the manner described in Clause 5.3 until a disruptive discharge occurs on the test object. The voltage reached at the instant of disruptive discharge should be recorded.

SECTION SIX.— IMPULSE VOLTAGE

An impulse voltage used in high-voltage testing technique is characterized by:

- a) polarity,
- b) peak value, alternatively virtual peak value,
- c) virtual front time, T_1 ,
- d) virtual time to half value, T_2 ,
- e) virtual time to chopping, T_c ,
- f) virtual time of voltage collapse during chopping.

6.1 Définitions

6.1.1 Tension de choc pleine

Une tension de choc pleine est, en principe, une tension transitoire apériodique qui croît rapidement jusqu'à une valeur maximale, puis décroît en général moins rapidement jusqu'à zéro, voir figure 5 (page 80).

6.1.2 Tension de choc coupée

Une tension de choc coupée est une tension transitoire obtenue à partir d'une tension de choc pleine qui est interrompue par une décharge disruptive provoquant une brusque chute de la tension jusqu'à une valeur pratiquement nulle. La chute peut se produire sur le front (figure 6, page 80), sur la crête ou sur la queue (figure 7, page 80).

6.1.3 Valeur de crête, le cas échéant valeur de crête conventionnelle

La valeur de crête est normalement la valeur maximale. Pour certains circuits d'essai la tension peut présenter des oscillations ou un lancé. Si l'amplitude des oscillations ne dépasse pas 5 pour cent de la valeur de crête et que sa fréquence est au moins égale à 0,5 MHz, ou encore si l'amplitude du lancé ne dépasse pas 5 pour cent de la valeur de crête et que sa durée n'est pas supérieure à 1 μ s, on peut, pour les besoins de la mesure, tracer une courbe moyenne dont la valeur maximale est définie comme étant la valeur de crête conventionnelle (voir figure 8a, page 82). Dans les autres cas (voir par exemple, figure 8b, page 82) le Comité d'Etudes intéressé doit définir la valeur de crête conventionnelle, en tenant compte du type d'essai et du type d'objet essayé.

Note. — Dans ce qui suit, le terme «valeur de crête» doit s'entendre, sauf indication contraire, comme englobant le terme «valeur de crête conventionnelle».

6.1.4 Durée conventionnelle du front T_1

La durée conventionnelle du front, T_1 , est définie comme étant égale à 1,67 fois l'intervalle de temps T compris entre les instants où la tension est égale à 30 pour cent et à 90 pour cent de la valeur de crête (points A et B des figures 5 à 7). Dans le cas d'oscillations sur le front, les points A et B doivent être pris sur la courbe moyenne tracée au milieu des oscillations.

6.1.5 Origine conventionnelle O_1 d'une tension de choc

Par définition, on choisit pour origine conventionnelle O_1 d'une tension de choc, l'instant qui précède d'une durée de $0,3 T_1$ celui correspondant au point A (figure 5 à 7). Pour des oscillogrammes à balayage linéaire, elle est à l'intersection avec l'axe des abscisses de la droite passant par les points de référence A et B du front.

6.1.6 Raideur conventionnelle S du front

La raideur conventionnelle S du front est le quotient de la valeur de crête par la durée conventionnelle du front.

6.1.7 Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur T_2

La durée conventionnelle T_2 jusqu'à la mi-valeur d'une tension de choc est l'intervalle compris entre l'origine conventionnelle et l'instant du point de la queue où la tension est tombée à la moitié de la valeur de crête.

6.1 Definitions

6.1.1 Full impulse voltage

A full impulse voltage is ideally an aperiodic transient voltage which rises rapidly to a maximum value and falls usually less rapidly to zero, see Figure 5 (page 81).

6.1.2 Chopped impulse voltage

A chopped impulse voltage is a transient voltage derived from a full impulse voltage which is interrupted by a disruptive discharge causing a sudden collapse in the voltage, practically to zero value. The collapse can occur on the front (Figure 6, page 81), at the peak or on the back (tail). (Figure 7, page 81).

6.1.3 Peak value, alternatively virtual peak value

The peak value is normally the maximum value. With some test circuits oscillations or overshoot may be present on the voltage. If the amplitude of the oscillations is not greater than 5 per cent of the peak value and the frequency is at least 0.5 MHz (Mc/s), or alternatively, if the amplitude of the overshoot is not greater than 5 per cent of the peak value and the duration not longer than 1 μ s, then for the purpose of measurement a mean curve may be drawn, the maximum amplitude of which is defined as the virtual peak value. (See Figure 8a, page 83). For other cases (see for instance Figure 8b, page 83), the relevant Technical Committee should define the virtual peak value taking into account the type of test and test object.

Note. — In what follows, the term 'peak value' is to be understood as including the term 'virtual peak value' unless otherwise stated.

6.1.4 Virtual front time T_1

The virtual front time, T_1 , is defined as 1.67 times the time interval T between the instants when the impulse is 30 per cent and 90 per cent of the peak value, (points A, B, Figures 5 to 7). If oscillations are present on the front, the points A and B should be taken on the mean curve drawn through these oscillations.

6.1.5 Virtual origin O_1 of an impulse

The virtual origin O_1 of an impulse is defined as the instant preceding that corresponding to point A (Figures 5–7) by a time $0.3 T_1$. For oscillograms having linear time sweeps, this is the intersection with the abscissa of a straight line drawn through the reference points A and B on the front.

6.1.6 Virtual steepness S of the front

The virtual steepness S of the front is the quotient of the peak value and the virtual front time.

6.1.7 Virtual time to half value T_2

The virtual time to half value T_2 of an impulse is the time interval between the virtual origin and the instant on the back (tail), when the voltage has decreased to half the peak value.