

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
358**

Deuxième édition
Second edition
1990-05

Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs

Coupling capacitors and capacitor dividers



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 358: 1990

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
358**

Deuxième édition
Second edition
1990-05

Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs

Coupling capacitors and capacitor dividers

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	6
PREFACE	6

Articles

SECTION UN - GENERALITES

1. Domaine d'application	10
2. Objet	12
3. Définitions	12
4. Conditions de service	22

SECTION DEUX - PRESCRIPTIONS DE QUALITE ET ESSAIS

5. Prescriptions relatives aux essais	24
6. Classification des essais	24
7. Mesure de la capacité à fréquence industrielle	28
8. Mesure des pertes du condensateur	30
9. Essais diélectriques	32
10. Essai diélectrique entre borne basse tension et borne de terre	38
11. Essai de décharge	40
12. Mesures à haute fréquence (uniquement pour les condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs destinés aux liaisons à courants porteurs sur ligne d'énergie)	40
13. Essai de décharges partielles	44
14. Détermination du coefficient de température	50
15. Essai d'étanchéité	52
16. Essai de flexion	52

SECTION TROIS - NIVEAUX D'ISOLEMENT ET LIGNE DE FUITE

17. Niveaux d'isolement et tensions d'essai	52
18. Ligne de fuite	58

SECTION QUATRE - REGLES DE SECURITE

19. Connexions des parties métalliques	58
20. Protection de l'environnement	60
21. Réglementations nationales	60

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
 Clause	
SECTION ONE - GENERAL	
1. Scope	11
2. Object	13
3. Definitions	13
4. Service conditions	23
SECTION TWO - QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS	
5. Test requirements	25
6. Classification of tests	25
7. Capacitance measurement at power frequency	29
8. Capacitor loss measurement	31
9. Voltage tests	33
10. Voltage test between low voltage terminal and earth terminal ...	39
11. Discharge test	41
12. High frequency measurements (only for coupling capacitors and capacitor dividers intended for carrier coupling)	41
13. Partial discharge test	45
14. Determination of the temperature coefficient	51
15. Sealing test	53
16. Cantilever test	53
SECTION THREE - INSULATION LEVELS AND CREEPAGE DISTANCE	
17. Insulation levels and test voltages	53
18. Creepage distance	59
SECTION FOUR - SAFETY REQUIREMENTS	
19. Connections to metal parts	59
20. Protection of the environment	61
21. National regulations	61

Articles

Pages

SECTION CINQ - MARQUAGES

22. Marquage du condensateur unitaire	60
23. Marquage de l'empilage de condensateurs	60

SECTION SIX - GUIDE POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION

24. Généralités	62
25. Choix de la tension assignée	64
26. Choix du niveau d'isolement	64
27. Température de service	64
28. Conditions spéciales	68
29. Contraintes mécaniques	70

ANNEXE A - Schémas des condensateurs	72
--	----

ANNEXE B - Caractéristiques en haute fréquence des condensateurs de couplage pour liaisons à courants porteurs sur lignes de transport d'énergie	74
--	----

Clause Page

SECTION FIVE- MARKINGS

22. Marking of the capacitor unit	61
23. Marking of the capacitor stack	61

SECTION SIX - GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

24. General	63
25. Choice of rated voltage	65
26. Choice of insulation level	65
27. Operating temperature	65
28. Special conditions	69
29. Mechanical stress	71

APPENDIX A - Capacitor diagrams	72
---------------------------------------	----

APPENDIX B - High frequency characteristics of coupling capacitors for power line carrier circuits	75
--	----

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DE COUPLAGE ET DIVISEURS CAPACITIFS

PREAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le voeu 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.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 358 de la CEI, parue en 1971.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
33(BC)74/74A	33(BC)82

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n^{OS} 50 (436): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 436: Condensateurs de puissance. (En préparation.)
- 60: Techniques des essais à haute tension.
- 71: Coordination de l'isolement.
- 71-1 (1976): Première partie: Termes, définitions, principes et règles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COUPLING CAPACITORS AND CAPACITOR DIVIDERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 33: Power capacitors.

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 358, issued in 1971.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
33(C0)74/74A	33(C0)82

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 50 (436): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 436: Power Capacitors. (In preparation.)

60: High-voltage test techniques.

71: Insulation co-ordination.

71-1 (1976): Part 1: Terms, definitions, principles and rules.

- 71-2 (1976): Deuxième partie: Guide d'application.
 - 110 (1973): Recommandation concernant les condensateurs pour les installations de génération de chaleur par induction soumis à des fréquences comprises entre 40 et 24 000 Hz.
 - 143 (1972): Condensateurs-série destinés à être installés sur des réseaux.
 - 186 (1987): Transformateurs de tension.
 - 233 (1974): Essais des enveloppes isolantes destinées à des appareils électriques.
 - 252 (1975): Condensateurs des moteurs à courant alternatif.
 - 270 (1981): Mesure des décharges partielles.
 - 507 (1975): Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif.
 - 566 (1982): Condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits de lampes tubulaires à fluorescence et autres lampes à décharge.
 - 815 (1986): Guide pour le choix des isolateurs sous pollution.
 - 831: Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V.
 - 871: Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 660 V.
 - 931: Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V.
-

- 71-2 (1976): Part 2: Application guide.
- 110 (1973): Recommendation for capacitors for inductive heat generating plants operating at frequencies between 40 and 24 000 Hz.
- 143 (1972): Series capacitors for power systems.
- 186 (1987): Voltage transformers.
- 233 (1974): Tests on hollow insulators for use in electrical equipment.
- 252 (1975): A.C. motor capacitors.
- 270 (1981): Partial discharge measurements.
- 507 (1975): Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems.
- 566 (1982): Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits.
- 815 (1986): Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 831: Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V.
- 871: Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 660 V.
- 931: Shunt power capacitors of the non self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V.
-

CONDENSATEURS DE COUPLAGE ET DIVISEURS CAPACITIFS

SECTION UN - GENERALITES

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique:

- a) aux condensateurs de couplage pour liaisons à courants porteurs sur lignes d'énergie (PLC) aériennes à haute tension, la fréquence du réseau étant comprise entre 15 Hz et 60 Hz, et la gamme des fréquences porteuses allant de 30 kHz à 500 kHz;
- b) aux diviseurs capacitifs faisant partie de transformateurs condensateurs de tension. Des prescriptions additionnelles pour les transformateurs condensateurs de tension sont données dans la Publication 186 de la CEI;
- c) aux condensateurs dont une borne est soit à la terre en permanence, soit sous une faible tension, tels que ceux qui sont utilisés pour la protection contre les surtensions, ou pour d'autres applications analogues.

Notes 1.- Les figures A1 à A4 de l'annexe A donnent les schémas des condensateurs auxquels s'applique la présente norme.

2.- Les condensateurs suivants sont exclus de cette norme:

- condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 660 V (Publication 871 de la CEI);
- condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V (Publication 831 de la CEI);
- condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V (Publication 931 de la CEI);
- condensateurs destinés à des installations de production de chaleur par induction, soumis à des fréquences comprises entre 40 et 24 000 Hz (Publication 110 de la CEI);
- condensateurs-série (Publication 143 de la CEI);
- condensateurs de démarrage de moteur et similaires (Publication 252 de la CEI);
- condensateurs utilisés dans les circuits électroniques de puissance (Publication de la CEI à l'étude);

COUPLING CAPACITORS AND CAPACITOR DIVIDERS

SECTION ONE - GENERAL

1. Scope

This standard is applicable to:

- a) coupling capacitors for power line carrier (PLC) systems on high voltage overhead power lines, the power-frequency range being 15 Hz to 60 Hz, and the carrier frequency range 30 kHz to 500 kHz;
- b) capacitor dividers of capacitor voltage transformers. Additional requirements for capacitor voltage transformers are given in IEC Publication 186;
- c) capacitors with one terminal either permanently earthed or at low voltage as used for overvoltage protection and other similar uses.

Notes 1.- Diagrams of capacitors to which this standard applies are given in Figures A1 to A4 in Appendix A.

2.- The following capacitors are excluded from this standard:

- shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 660 V (IEC Publication 871);
- shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V (IEC Publication 831);
- shunt power capacitors of the non self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V (IEC Publication 931);
- capacitors for inductive heat generating plants operating at frequencies between 40 and 24 000 Hz (IEC Publication 110);
- series capacitors (IEC Publication 143);
- capacitors for motor applications and the like (IEC Publication 252);
- capacitors to be used in power electronics circuits (IEC Publication under consideration);

- condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits de lampes tubulaires à fluorescence et autres lampes à décharge (Publication 566 de la CEI);
- condensateurs de déparasitage radioélectrique (Publication 384-14 de la CEI);
- condensateurs prévus pour être utilisés sur divers types d'appareils électriques et considérés de ce fait comme éléments composants;
- condensateurs destinés à être utilisés sous tension continue superposée à la tension alternative.

2. Objet

La présente norme a pour objet:

- a) de formuler des règles uniformes en ce qui concerne les performances, les essais et les valeurs assignées;
- b) de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- c) de fournir un guide pour l'installation et l'utilisation.

3. Définitions

3.1 *Élément de condensateur (ou élément)*

Dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique (VEI 436-01-03*).

3.2 *Condensateur unitaire (ou unité)*

Ensemble d'un ou de plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie (VEI 436-01-04).

Notes 1.- Un type usuel d'unité pour les condensateurs de couplage comporte une enveloppe cylindrique en matière isolante et des brides d'extrémité métalliques, utilisées comme bornes.

2.- Les unités en cuves métalliques ont généralement une borne connectée à la cuve et l'autre borne sortie par une traversée.

3.3 *Empilage de condensateurs (empilage)*

Ensemble de condensateurs unitaires connectés en série (VEI 436-01-05).

Note.- Les condensateurs unitaires sont généralement disposés verticalement.

* Publication 50(436) de la CEI (en préparation).

- capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits (IEC Publication 566);
- capacitors for suppression of radio interference (IEC Publication 384-14);
- capacitors intended to be used in various types of electrical equipment and therefore considered as components;
- capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on the a.c. voltage.

2. Object

The object of this standard is:

- a) to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- b) to formulate specific safety rules;
- c) to provide a guide for installation and operation.

3. Definitions

3.1 Capacitor element (or element)

A device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric (IEV 436-01-03*).

3.2 Capacitor unit (or unit)

An assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out (IEV 436-01-04).

Notes 1.- A common type of unit for coupling capacitors has a cylindrical housing of insulating material and metal end flanges which serve as terminals.

2.- Units in metal containers usually have one terminal connected to the container and the other brought out through a bushing.

3.3 Capacitor stack (or stack)

An assembly of capacitor units connected in series (IEV 436-01-05).

Note.- The capacitor units are usually mounted in a vertical array.

* IEC Publication 50(436) (in preparation).

3.4 *Condensateur*

Terme général utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un condensateur unitaire ou d'un empilage de condensateurs.

3.5 *Capacité assignée d'un condensateur (C_N)*

Valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu.

Note.- Cette définition s'applique:

- dans le cas d'un condensateur unitaire, à la capacité entre les bornes de l'unité;
- dans le cas d'un empilage de condensateurs, à la capacité entre les bornes de ligne et basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre de l'empilage;
- dans le cas d'un diviseur capacitif, à la capacité résultante:

$$C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

3.6 *Fréquence assignée d'un condensateur (f_N)*

Fréquence pour laquelle le condensateur a été conçu (VEI 436-01-14).

3.7 *Tension assignée d'un condensateur (U_N)*

Valeur efficace de la tension alternative pour laquelle le condensateur a été conçu (VEI 436-01-15).

3.8 *Catégorie de température assignée d'un condensateur*

Domaine de température de l'air ambiant ou de l'agent de refroidissement pour lequel le condensateur a été conçu (VEI 436-01-17).

3.9 *Diviseur capacitif*

Empilage de condensateurs formant un diviseur de tension à utiliser sous tension alternative (VEI 436-02-10).

Notes 1.- Voir figures A3 et A4, annexe A.

- 2.- Un diviseur capacitif fait habituellement partie d'un transformateur condensateur de tension.

3.10 *Condensateur de couplage*

Condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance (VEI 436-02-11).

3.4 Capacitor

A general term used when it is not necessary to state whether reference is made to a capacitor unit or to a capacitor stack.

3.5 Rated capacitance of a capacitor (C_N)

The capacitance value for which the capacitor has been designed.

Note.- This definition applies:

- for a capacitor unit, to the capacitance between the terminals of the unit;
- for a capacitor stack, to the capacitance between line and low voltage terminals or between line and earth terminals of the stack;
- for a capacitor divider, to the resultant capacitance:

$$C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

3.6 Rated frequency of a capacitor (f_N)

The frequency for which the capacitor has been designed (IEV 436-01-14).

3.7 Rated voltage of a capacitor (U_N)

The r.m.s. value of the alternating voltage for which the capacitor has been designed (IEV 436-01-15).

3.8 Rated temperature category of a capacitor

The range of temperature of the ambient air or of the cooling medium for which the capacitor has been designed (IEV 436-01-17).

3.9 Capacitor voltage divider

A capacitor stack forming an alternating voltage divider (IEV 436-02-10).

Notes 1.- See Figures A3 and A4, Appendix A.

2.- A capacitor divider usually forms part of a capacitor voltage transformer.

3.10 Coupling capacitor

A capacitor used for the transmission of signals in a power system (IEV 436-02-11).

3.11 *Condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif) (C_1)*

Condensateur connecté entre la borne de ligne et la borne à tension intermédiaire d'un diviseur capacitif (VEI 436-02-12).

3.12 *Condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif) (C_2)*

Condensateur connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne basse tension d'un diviseur capacitif (VEI 436-02-13).

3.13 *Borne de ligne*

Borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau (VEI 436-03-01).

3.14 *Borne de terre*

Borne destinée à être reliée à la terre (VEI 436-03-02).

3.15 *Borne intermédiaire d'un diviseur capacitif*

Borne destinée à être connectée à un circuit intermédiaire, tel que le dispositif électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension (VEI 436-03-03).

3.16 *Borne basse tension d'un diviseur capacitif*

Borne destinée à être reliée directement à la terre ou par l'intermédiaire d'une impédance de valeur négligeable à la fréquence du réseau (VEI 436-03-04).

Note.- Pour un condensateur de couplage, cette borne est aussi reliée au dispositif de transmission des signaux.

3.17 *Tolérance de capacité*

Différence admise entre la valeur réelle de la capacité et la valeur assignée dans des conditions spécifiées (VEI 436-04-01).

Note.- Il convient que la valeur réelle de la capacité soit mesurée ou rapportée à la température à laquelle la capacité assignée a été définie.

3.18 *Résistance-série équivalente d'un condensateur*

Résistance virtuelle qui, connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes égales à la puissance active absorbée par le condensateur, dans des conditions de fonctionnement spécifiées (VEI 436-04-02).

3.19 *Capacité à haute fréquence*

Valeur effective de la capacité pour une fréquence donnée résultant de l'action combinée de la capacité intrinsèque et de l'inductance propre du condensateur (VEI 436-04-03).

3.11 *High voltage capacitor (of a capacitor divider) (C_1)*

The capacitor connected between the line terminal and the intermediate voltage terminal of a capacitor divider (IEV 436-02-12).

3.12 *Intermediate voltage capacitor (of a capacitor divider) (C_2)*

The capacitor connected between the intermediate voltage and the low voltage terminals of a capacitor divider (IEV 436-02-13).

3.13 *Line terminal*

A terminal intended for connection to a line conductor of a network (IEV 436-03-01).

3.14 *Earth terminal*

A terminal intended for connection to earth (IEV 436-03-02).

3.15 *Intermediate voltage terminal of a capacitor divider*

A terminal intended for connection to an intermediate circuit, such as the electromagnetic unit of a capacitor voltage transformer (IEV 436-03-03).

3.16 *Low voltage terminal of a capacitor divider*

A terminal intended for connection to earth either directly or via an impedance of negligible value at network frequency (IEV 436-03-04).

Note.- In a coupling capacitor, this terminal is also connected to the carrier frequency coupling device.

3.17 *Capacitance tolerance*

The permissible difference between the actual capacitance and the rated capacitance under specified conditions (IEV 436-04-01).

Note.- The actual capacitance should be measured at, or referred to, the temperature at which the rated capacitance is defined.

3.18 *Equivalent series resistance of a capacitor*

A virtual resistance which, if connected in series with an ideal capacitor of capacitance value equal to that of the capacitor in question, would have a power loss equal to the active power dissipated in that capacitor under specified operating conditions (IEV 436-04-02).

3.19 *High frequency capacitance*

The effective capacitance at a given frequency resulting from the combined effect of the intrinsic capacitance and the self-inductance of a capacitor (IEV 436-04-03).

3.20 *Tension intermédiaire à circuit ouvert d'un diviseur capacitif*

Tension entre les bornes du condensateur à tension intermédiaire lorsqu'une tension est appliquée entre la borne de ligne et la borne basse tension, aucune impédance n'étant branchée en parallèle avec le condensateur à tension intermédiaire (VEI 436-04-04).

3.21 *Rapport de tension d'un diviseur capacitif*

Rapport de la tension appliquée au diviseur capacitif à la tension intermédiaire à circuit ouvert (VEI 436-04-05).

Notes 1.- Ce rapport correspond à la somme des capacités des condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire, divisée par la capacité du condensateur à haute tension:

$$(C_1 + C_2)/C_1$$

2.- C_1 et C_2 comprennent les capacités parasites, qui sont généralement négligeables.

3.22 *Pertes d'un condensateur*

Puissance active dissipée dans le condensateur (VEI 436-04-10).

3.23 *Tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) d'un condensateur*

Rapport entre la résistance-série équivalente et la réactance capacitive du condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdale (VEI 436-04-11).

3.24 *Tension la plus élevée pour le matériel (U_m)*

Tension efficace entre phases la plus haute pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolation ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel.

Cette tension doit être égale ou supérieure à la valeur maximale de la tension la plus élevée du réseau pour laquelle le matériel peut être utilisé.

3.25 *Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle*

Valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolation du matériel considéré doit supporter lors d'essais faits dans les conditions spécifiées, et pendant une durée de 1 min si une autre durée n'est pas spécifiée.

3.26 *Tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre (de foudre)*

Valeur de crête de la tension de tenue aux chocs de manoeuvre (de foudre) prescrite pour un matériel, qui caractérise l'isolation de ce matériel en ce qui concerne les essais de tenue.

3.20 *Open-circuit intermediate voltage of a capacitor divider*

The voltage across the terminals of an intermediate voltage capacitor when a voltage is applied between the line and low voltage terminals, no impedance being connected in parallel with the intermediate voltage capacitor (IEV 436-04-04).

3.21 *Ratio of a capacitor divider (voltage ratio)*

The ratio of the voltage applied to the capacitor divider to the open-circuit intermediate voltage (IEV 436-04-05).

Notes 1.- This ratio corresponds to the sum of the capacitances of the high voltage and intermediate voltage capacitors divided by the capacitance of the high voltage capacitor:

$$(C_1 + C_2)/C_1$$

2.- C_1 and C_2 include the stray capacitances, which are generally negligible.

3.22 *Capacitor losses*

The active power dissipated in the capacitor (IEV 436-04-10).

3.23 *Tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor*

The ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency (IEV 436-04-11).

3.24 *Highest voltage for equipment (U_m)*

The highest r.m.s. phase-to-phase voltage for which the equipment is designed, in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage in the relevant equipment standards.

This voltage shall be equal to or higher than the maximum value of the highest voltage of the system for which the equipment may be used.

3.25 *Rated short-duration power-frequency withstand voltage*

The prescribed r.m.s. value of sinusoidal power-frequency voltage that the equipment shall withstand during tests made under specified conditions and for a duration of 1 min unless otherwise specified.

3.26 *Rated switching (lightning) impulse withstand voltage*

The prescribed peak value of the switching (lightning) impulse withstand voltage which characterizes the insulation of an equipment as regards the withstand tests.

3.27 Niveau d'isolement assigné

- a) Pour les condensateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 300 kV: les tensions de tenue assignée aux chocs de manoeuvre et de foudre.
- b) Pour les condensateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 300 kV: les tensions de tenue assignée aux chocs de foudre et de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle.

3.28 Coefficient de température de la capacité

Changement relatif $1/C_0 \cdot \Delta C/\Delta t$ de la capacité pour un changement donné de la température, $^{\circ}$ expression dans laquelle:

ΔC représente le changement observé de la capacité dans l'intervalle de température Δt ;

C_0 représente la capacité mesurée à 20 $^{\circ}$ C.

Le coefficient de température est habituellement exprimé en pourcent par kelvin (K).

Note.- Le terme $\Delta C/C_0$ conforme à cette définition ne peut être utilisé que si la capacité est une fonction pratiquement linéaire de la température dans le domaine pris en considération. En cas contraire, il convient que la variation de la capacité en fonction de la température soit donnée dans un graphique ou un tableau.

3.29 Capacité parasite de la borne basse tension

Capacité entre la borne basse tension et la borne de terre.

3.30 Conductance parasite de la borne basse tension

Conductance entre la borne basse tension et la borne de terre.

3.31 Diélectrique d'un condensateur

Matériau isolant entre les électrodes.

3.32 Transformateur condensateur de tension

Transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif et un élément électromagnétique, conçus et connectés de façon que la tension secondaire de l'élément électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle approximativement nul pour un sens approprié des connexions (VEI 321-03-14).

3.33 Groupe de couplage pour fréquences porteuses

Ensemble des éléments du circuit qui contribuent à assurer, par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs condensateurs de couplage associés, la transmission dans des conditions prescrites des signaux aux fréquences porteuses entre un ou plusieurs conducteurs de la ligne d'énergie et le circuit de raccordement.

3.27 *Rated insulation level*

- a) For capacitors with highest voltage for equipment equal to or greater than 300 kV: the rated switching and lightning impulse withstand voltages.
- b) For capacitors with highest voltage for equipment lower than 300 kV: the rated lightning impulse and short-duration power-frequency withstand voltages.

3.28 *Temperature coefficient of capacitance*

The fractional change $1/C_0 \cdot \Delta C/\Delta t$ of the capacitance for a given change in temperature, where:

ΔC represents the observed change in capacitance over the temperature interval Δt ;

C_0 represents the capacitance measured at 20 °C.

The temperature coefficient is usually expressed in per cent per kelvin (K).

Note.- The term $\Delta C/C_0$ according to this definition is usable only if the capacitance is an approximately linear function of the temperature in the range under consideration. If not, the temperature dependency of the capacitance should be shown in a graph or a table.

3.29 *Stray capacitance of the low voltage terminal*

The stray capacitance between the low voltage terminal and the earth terminal.

3.30 *Stray conductance of the low voltage terminal*

The conductance between the low-voltage terminal and the earth terminal.

3.31 *Dielectric of a capacitor*

The insulating material between the electrodes.

3.32 *Capacitor voltage transformer*

A voltage transformer comprising a capacitor divider unit and an electromagnetic unit so designed and interconnected that the secondary voltage of the electromagnetic unit is substantially proportional to the primary voltage, and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections (IEV 321-03-14).

3.33 *Carrier frequency coupling device*

An arrangement of circuit devices which contributes to ensuring, through one or more associated coupling capacitors, the transmission under prescribed conditions of carrier frequency signals between one or more conductors of the power-line and the carrier frequency connection.

4. Conditions de service

4.1 Conditions de service normales

La présente norme donne les prescriptions applicables aux condensateurs utilisés dans les conditions suivantes:

a) *Altitude*

Ne dépassant pas 1 000 m.

b) *Catégories de température assignées*

Les condensateurs sont classés en catégories de température, chaque catégorie étant repérée par un nombre suivi d'une lettre. Le nombre représente la valeur la plus basse de la température de l'air ambiant et la lettre symbolise les valeurs limites supérieures de la température de l'air ambiant auxquelles le condensateur peut être utilisé en permanence sous tension assignée.

Les catégories de température couvrent une plage totale qui s'étend de -50 °C à +55 °C.

Il y a lieu que la valeur la plus basse de la température de l'air ambiant soit choisie parmi les cinq valeurs préférentielles +5 °C, -5 °C, -25 °C, -40 °C et -50 °C. Pour l'utilisation à l'intérieur, la limite inférieure de -5 °C est normalement applicable.

Le tableau I spécifie la relation existant entre le symbole littéral et les limites supérieures des plages de variation de la température de l'air ambiant.

TABLEAU I

Symbole	Température de l'air ambiant (°C)		
	Max.	Moyenne la plus élevée sur toute période de	
		24 h	1 an
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Pour définir la catégorie de température assignée d'un condensateur, il est possible de choisir n'importe quelle combinaison de valeurs minimales et maximales, par exemple -40/A ou -5/C. Les catégories de température assignées préférentielles sont les suivantes: -40/A, -25/A, -5/A et -5/C.

Notes 1.- Les valeurs de température correspondant au tableau I peuvent être trouvées dans les tables météorologiques de température concernant le lieu d'installation, en tenant compte des remarques de l'article 27.

2.- Il est entendu que les condensateurs peuvent supporter des commutations fréquentes aux températures comprises dans la plage de variation de la catégorie de température assignée.

4. Service conditions

4.1 Normal service conditions

This standard gives requirements for capacitors intended for use in the following conditions:

a) *Altitude*

Not exceeding 1 000 m.

b) *Rated temperature categories*

Capacitors are classified in temperature categories, each category being specified by one number followed by one letter. The number represents the lowest ambient air temperature and the letter symbolizes the upper limits of the ambient air temperature at which the capacitor may operate continuously with the rated voltage applied.

The temperature categories cover the temperature range -50 °C to +55 °C.

The lowest ambient air temperature should be chosen from the five preferred values: +5 °C, -5 °C, -25 °C, -40 °C, -50 °C. For indoor use, a lower limit of -5 °C is normally applicable.

Table I specifies the relationship between the symbol letter and the upper limits of the ambient air temperature variation ranges.

TABLE I

Symbol	Ambient air temperature (°C)		
	Max.	Highest mean over any period of 24 h	1 year
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Any combination of minimum and maximum values can be chosen to define the rated temperature category of a capacitor, e.g. -40/A or -5/C. The preferred rated temperature categories are: -40/A, -25/A, -5/A and -5/C.

Notes 1.- The temperature values according to Table I can be found in the meteorological temperature tables relating to the installation site, taking into account the remarks of Clause 27.

2.- It is understood that the capacitors are able to withstand frequent switching at temperatures within the range of the rated temperature category.

4.2 *Conditions de service inhabituelles*

Sauf accord différent passé entre le fabricant et l'acheteur, cette norme ne s'applique pas aux condensateurs dont les conditions de service, prises en général, ne sont pas compatibles avec les prescriptions de la présente norme.

SECTION DEUX - PRESCRIPTIONS DE QUALITE ET ESSAIS

5. Prescriptions relatives aux essais

5.1 *Généralités*

La présente section indique les prescriptions relatives aux essais des condensateurs. L'élément électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension, les transformateurs de mesure, etc., doivent satisfaire aux normes CEI qui les concernent.

5.2 *Conditions d'essai*

Sauf spécification contraire pour un essai ou une mesure de nature particulière, la température du diélectrique d'un condensateur doit, au commencement de l'essai, être comprise entre +5 °C et +35 °C et être connue.

On peut admettre que la température du diélectrique est la même que celle de l'air ambiant pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à température ambiante constante pendant une durée suffisante.

Lorsqu'une correction est nécessaire, la température de référence doit être de +20 °C, sauf convention différente entre le fabricant et l'acheteur.

Sauf spécification différente, les essais et les mesures en courant alternatif doivent être effectués à une fréquence comprise entre 0,8 et 1,2 fois la fréquence assignée pour les condensateurs de fréquence assignée égale ou supérieure à 50 Hz et à une fréquence comprise entre 40 Hz et 72 Hz pour les condensateurs de fréquence assignée inférieure à 50 Hz.

Les essais de type doivent être effectués, sauf spécification contraire, sur un empilage complet de condensateurs. Si le condensateur est constitué de plusieurs unités, les essais individuels peuvent être effectués sur les unités séparées à condition de prendre en considération la valeur augmentée de la tension d'essai (comme spécifié au paragraphe 9.1) pour tenir compte du manque d'uniformité de la répartition de la tension dû à la tolérance sur la capacité.

6. Classification des essais

6.1 *Essais individuels*

- a) mesure de la capacité à fréquence industrielle (article 7);
- b) mesure des pertes du condensateur (article 8);

4.2 *Unusual service conditions*

Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, this standard does not apply to capacitors, the service conditions of which, in general, are incompatible with the requirements of the present standard.

SECTION TWO - QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

5. Test requirements

5.1 *General*

This section specifies the test requirements for capacitors. The electromagnetic unit of a capacitor voltage transformer, instrument transformer, etc., shall be in accordance with the relevant IEC standards.

5.2 *Test conditions*

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric at the start of the test shall be between +5 °C and +35 °C and shall be known.

It may be assumed that the temperature of the dielectric is the same as that of the ambient air, provided that the capacitor has been left in an unenergized state in a constant ambient-air temperature for an adequate period.

If correction is necessary, the reference temperature shall be +20 °C, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

Unless otherwise specified the a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency between 0.8 and 1.2 times the rated frequency for capacitors with a rated frequency of 50 Hz or higher and at a frequency between 40 Hz and 72 Hz for capacitors with a rated frequency below 50 Hz.

The type tests shall be carried out on a capacitor stack, unless otherwise specified. The routine tests, if the capacitor consists of several capacitor units, may be carried out on separate units, taking into account the increased test voltage (as specified in Sub-clause 9.1), to cater for the non-uniformity of the voltage distribution due to capacitance tolerance.

6. Classification of tests

6.1 *Routine tests*

- a) capacitance measurement at power frequency (Clause 7);
- b) capacitor loss measurement (Clause 8);

- c) essai diélectrique entre bornes en courant alternatif ou aux chocs de manoeuvre (paragraphe 9.1);
- d) essai diélectrique en courant alternatif entre borne basse tension et borne de terre (article 10);
- e) essai de décharges partielles (article 13 et paragraphe 13.1);
- f) essai d'étanchéité (article 15).

Les essais individuels doivent être exécutés par le fabricant sur chaque condensateur avant sa livraison. Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essai doit lui être remis.

L'ordre d'exécution des essais n'est pas obligatoirement celui qui est indiqué ci-dessus.

6.2 Essais de type

- a) mesure de la capacité à haute fréquence et de la résistance-série équivalente dans la plage de variation de la catégorie de température assignée (paragraphe 12.1) (uniquement pour les condensateurs utilisés comme condensateurs de couplage);
- b) mesure de la capacité parasite et de la conductance parasite de la borne basse tension (paragraphe 12.2.) (uniquement pour les condensateurs utilisés comme condensateurs de couplage);
- c) essai diélectrique à sec ou sous pluie en courant alternatif (paragraphe 9.2.1 ou 9.2.2);
- d) essai diélectrique à sec ou sous pluie aux chocs de manoeuvre (paragraphe 9.2.3 ou 9.2.4);
- e) essai aux chocs de foudre (paragraphe 9.2.5);
- f) essai de décharge (article 11);
- g) essai de décharges partielles (article 13 et paragraphe 13.2);
- h) détermination du coefficient de température (article 14) (uniquement pour les diviseurs capacitifs);
- k) essai de flexion (article 16).

Les essais de type sont exécutés afin de s'assurer, au point de vue conception, dimensions, matériaux et performances, que le condensateur est conforme aux caractéristiques spécifiées dans la présente norme et qu'il répond aux prescriptions fonctionnelles dont elle donne le détail. Sauf spécification contraire, chaque condensateur sur lequel sont effectués les essais de type doit d'abord avoir supporté de façon satisfaisante tous les essais individuels.

Les essais de type doivent être faits sur des condensateurs de conception et de fabrication identiques à celles du condensateur proposé ou ne s'en écartant pas d'une manière susceptible d'affecter les propriétés qui doivent être contrôlées par les essais de type.

Il n'est pas indispensable que tous les essais de type soient effectués sur une même unité; ils peuvent l'être sur des unités différentes ayant les mêmes caractéristiques.

Les essais de type doivent être exécutés par le fabricant; un certificat donnant le détail des résultats des essais sera remis à l'acheteur sur sa demande.

- c) a.c. voltage or switching impulse voltage test between terminals (Sub-clause 9.1);
- d) a.c. voltage test between low voltage terminal and the earth terminal (Clause 10);
- e) partial discharge test (Clause 13 and Sub-clause 13.1);
- f) sealing test (Clause 15).

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. At his request, the purchaser shall be supplied with a test report.

The sequence of the tests need not necessarily be the one indicated.

6.2 *Type tests*

- a) high frequency capacitance and equivalent series resistance measurements in the range of the rated temperature category (Sub-clause 12.1) (only for capacitors acting as coupling capacitors);
- b) stray capacitance and stray conductance measurements of the low voltage terminal (Sub-clause 12.2) (only for capacitors acting as coupling capacitors);
- c) a.c. voltage test, dry or wet (Sub-clauses 9.2.1 or 9.2.2);
- d) switching impulse voltage test, dry or wet (Sub-clauses 9.2.3 or 9.2.4);
- e) lightning impulse voltage test (Sub-clause 9.2.5);
- f) discharge test (Clause 11);
- g) partial discharge test (Clause 13 and Sub-clause 13.2);
- h) determination of the temperature coefficient (Clause 14) (only for capacitor dividers);
- k) cantilever test (Clause 16).

Type tests are carried out in order to ascertain that, as regards design, size, materials and performance, the capacitor complies with the specified characteristics and operation requirements specified in this standard. Unless otherwise specified, every capacitor to which it is intended to apply the type test shall first have withstood all routine tests.

The type tests shall be made upon capacitors of a design identical with that of the capacitor under contract or on capacitors of a design and processing that do not differ from it in any way that might influence the properties to be checked by the type test.

It is not essential that all the type tests are carried out on the same capacitor; they may be carried out on different units having the same characteristics.

The type tests shall be carried out by the manufacturer and the purchaser shall, on request, be supplied with a certificate detailing the results of such tests.

6.3 Essais d'acceptation

Les essais individuels et (ou) de type, ou certains d'entre eux, peuvent être répétés par le fabricant à l'occasion de tout contrat de fourniture de condensateurs, en accord avec l'acheteur.

Le nombre de condensateurs à soumettre à ces nouveaux essais et les critères d'acceptation doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, et mention doit en être faite dans le contrat.

7. Mesure de la capacité à fréquence industrielle

7.1 Modalités de mesure

Cet essai peut être effectué soit sur un empilage de condensateurs, soit sur des unités séparées. La capacité est à mesurer en utilisant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques et à des accessoires dans le circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure utilisée doit être indiquée.

La mesure finale de la capacité doit être effectuée à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée et après les essais diélectriques (paragraphe 9.1). Afin de déceler un changement éventuel de capacité dû à la perforation d'un ou de plusieurs éléments, une mesure préliminaire de capacité doit être faite avant les essais diélectriques individuels, à une tension suffisamment faible (inférieure à 15% de la tension assignée) pour qu'il ne se produise pas de perforation d'élément.

Notes 1.- Lorsqu'il existe une borne intermédiaire encore accessible quand le transformateur condensateur de tension est complètement assemblé, il y a lieu de mesurer:

- a) la capacité entre les bornes de ligne et basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre;
- b) la capacité entre les bornes intermédiaire et basse tension ou entre les bornes intermédiaire et de terre.

2.- Si le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie avec la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de la capacité après les essais diélectriques à une tension de mesure égale à celle utilisée précédemment et ensuite à la tension de mesure de 0,9 à 1,1 fois la tension assignée.

3.- Si le nombre des éléments en série dans l'unité essayée est important, il peut être difficile d'avoir la certitude qu'il ne s'est produit aucune perforation, du fait des incertitudes suivantes:

- fidélité de reproduction de la mesure;
- variation de capacité provoquée par les forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;

6.3 *Acceptance tests*

The routine and/or type tests, or some of them, may be repeated by the manufacturer in connection with any contract by agreement with the purchaser.

The number of capacitors that may be subjected to such repeat tests, and the acceptance criteria, shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser, and shall be stated in the contract.

7. Capacitance measurement at power frequency

7.1 *Measuring procedure*

This test may be carried out either on a capacitor stack or on separate units. The capacitance shall be measured using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method shall be given.

The final capacitance measurement shall be carried out at 0.9 to 1.1 times the rated voltage after the voltage tests (Sub-clause 9.1). In order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements, a preliminary capacitance measurement shall be made before the voltage routine tests, at a sufficiently low voltage (less than 15% of rated voltage) to ensure that no puncture of an element will occur.

Notes 1.- When there is an intermediate voltage terminal which is still accessible when the capacitor voltage transformer is completely assembled the following should be measured:

- a) the capacitance between line and low voltage terminals or line and earth terminals;
- b) the capacitance between the intermediate and low-voltage terminals or intermediate voltage and earth terminals.

2.- If the dielectric system of the capacitor is such that the measured capacitance varies with the voltage, it is more meaningful to repeat the capacitance measurement after the voltage test at the same voltage as that previously used and then at the measuring voltage of 0.9 to 1.1 times the rated voltage.

3.- If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain that no puncture has occurred because of the following uncertainties:

- reproductibility of the measurement;
- capacitance change caused by the mechanical forces on the elements during the voltage tests;

- variation de capacité provoquée par une différence de température du condensateur avant et après les essais diélectriques.

En pareil cas, il y a lieu que le fabricant apporte la preuve qu'il ne s'est produit aucune perforation, par exemple en comparant les variations de capacité de condensateurs du même type et (ou) en calculant le changement de capacité causé par l'augmentation de température au cours de l'essai. Etant donné l'incertitude qui règne dans le cas où les mesures sont effectuées sur un empilage, il peut être préférable d'effectuer les mesures sur chaque unité séparément.

- 4.- La mesure de la capacité peut être effectuée à une fréquence autre que celles du domaine donné au paragraphe 5.2, à condition qu'un facteur de correction approprié ait fait l'objet d'un accord.

7.2 Tolérances sur la capacité

La capacité mesurée ne doit pas s'écarter de la capacité assignée de plus de -5% à +10%.

Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas s'écarter de plus de 5% de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

Note.- Dans le cas des diviseurs capacitifs, des tolérances étroites sur le rapport de tension peuvent être exigées par le fabricant du transformateur condensateur de tension; ces valeurs devront alors faire l'objet d'un accord dans chaque cas particulier.

8. Mesure des pertes du condensateur

8.1 Modalités de mesure

Les pertes du condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée après les essais diélectriques, en utilisant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques et à des accessoires dans le circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure utilisée doit être indiquée.

8.2 Prescriptions concernant les pertes

Les prescriptions concernant les pertes du condensateur peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

- Notes*
- 1.- La mesure des pertes a pour objet de contrôler la régularité de la production.
 - 2.- La valeur de $\tan \delta$ dépend du type de diélectrique.
 - 3.- La valeur de $\tan \delta$ de certains types de diélectriques est fonction de la durée de la mise sous tension précédant la mesure.

- capacitance change caused by temperature difference of the capacitor before and after the tests.

In this case, it should be proved by the manufacturer, for example by comparing the capacitance variations of capacitors of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test, that no puncture had occurred. In view of the uncertainty in the case where measurements are made on a stack, it may be preferable to carry out these measurements on each unit separately.

- 4.- Measurement of the capacitance may be made at a frequency outside the range specified in Sub-clause 5.2, provided an appropriate correction factor is agreed.

7.2 *Capacitance tolerances*

The measured capacitance shall not differ from the rated capacitance by more than -5% to +10%.

The ratio of the capacitances of any two units forming part of a capacitor stack shall not differ by more than 5% from the reciprocal ratio of the rated voltages of the units.

Note.- In the case of capacitor dividers, close tolerances on the voltage ratio may be required by the manufacturer of the capacitor voltage transformer; these values should be settled by agreement for each particular case.

8. Capacitor loss measurement

8.1 *Measuring procedure*

The capacitor losses ($\tan \delta$) shall be measured at 0.9 to 1.1 times the rated voltage after the voltage tests, using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method shall be given.

8.2 *Loss requirements*

The requirements relating to capacitor losses may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

- Notes*
- 1.- The purpose of the measurement of the losses is to check the uniformity of the production.
 - 2.- The $\tan \delta$ value depends on the type of dielectric.
 - 3.- The $\tan \delta$ value of certain types of dielectric is a function of the energization time before the measurement.

- 4.- La mesure des pertes peut être effectuée à une fréquence autre que celles du domaine donné au paragraphe 5.2, à condition qu'un facteur de correction approprié ait fait l'objet d'un accord.

9. Essais diélectriques

9.1 Essai individuel

Chaque empilage de condensateurs dont $U_m < 300$ kV doit être soumis à l'essai *a)* et chaque empilage dont $U_m \geq 300$ kV à l'un des essais *a)* ou *b)*, la tension d'essai étant appliquée entre les bornes de ligne et de terre pour l'essai d'un empilage de condensateurs, et entre les bornes pour l'essai d'une unité. Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai. En l'absence d'accord, le choix entre les essais *a)* et *b)* est laissé au fabricant. Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni perforation (voir paragraphe 7.1) ni contournement.

Lors de l'essai d'une seule unité, faisant partie d'un empilage, la valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai de l'empilage} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

a) Essai en courant alternatif à la tension suivante:

- pour les empilages de condensateurs dont $U_m < 300$ kV: la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle donnée dans la colonne 3 du tableau III, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur;
- pour les empilages de condensateurs dont $U_m \geq 300$ kV: la tension de tenue assignée équivalente de courte durée à fréquence industrielle donnée dans la colonne 4 du tableau IV, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur.

L'essai doit être exécuté avec une tension pratiquement sinusoïdale conforme à la Publication 60 de la CEI. A partir d'une tension relativement basse, la tension doit être rapidement montée à la valeur d'essai, maintenue à cette valeur durant 1 min, pour autant qu'une autre durée n'ait pas fait l'objet d'un accord, puis rapidement descendue à une valeur relativement basse avant d'être déclenchée.

b) Essai en tension alternative avec superposition de trois chocs de manoeuvre de polarité positive ou négative, la valeur de crête de la tension d'essai étant la tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre donnée dans la colonne 2 du tableau IV, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur. Cet essai aux chocs de manoeuvre sera combiné à l'essai de décharges partielles qui sera toutefois effectué conformément à la modalité *b)* du paragraphe 13.2, le temps de mesure étant réduit de 1 h à 1 min.

- 4.- Measurement of the losses may be made at a frequency outside the range specified in Sub-clause 5.2, provided an appropriate correction factor is agreed upon.

9. Voltage tests

9.1 Routine test

Every capacitor stack with $U_m < 300$ kV shall be subjected to test *a*) and every capacitor stack with $U_m \geq 300$ kV to test *a*) or *b*), the test voltage being applied between the line and the earth terminals when testing a capacitor stack, and between the terminals when testing a unit. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or by a low impedance, to earth during this test. In the absence of any agreement, the choice between tests *a*) or *b*) is left to the manufacturer. During the test, neither puncture (see Sub-clause 7.1) nor flashover shall occur.

When testing a single unit forming part of a stack, the value of the test voltage shall be equal to:

$$1.05 \times \text{test voltage of the stack} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

a) An a.c. test, the test voltage being:

- for capacitor stacks with $U_m < 300$ kV: the rated short-duration power-frequency withstand voltage, given in Column 3 of Table III and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor;
- for capacitor stacks with $U_m \geq 300$ kV: the equivalent rated short duration power-frequency withstand voltage, given in Column 4 of Table IV and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor.

The test shall be carried out with a substantially sinusoidal waveshape in accordance with IEC Publication 60. The voltage shall be rapidly increased from a relatively low value to the test voltage value, maintained for 1 min, unless otherwise agreed, and then rapidly reduced to a relatively low value before being switched off.

b) An a.c. test with three superimposed switching impulses of positive or negative polarity, the peak value of the test voltage being the rated switching impulse withstand voltage, given in Column 2 of Table IV and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor. This switching impulse test shall be combined with the partial discharge test, which shall be however performed in accordance with procedure *b*) of Sub-clause 13.2, the measuring time being reduced from 1 h to 1 min.

Notes 1.- Pour l'essai aux chocs de manoeuvre, le front de l'onde peut être différent de celui de la tension de chocs de manoeuvre normalisée conforme à la Publication 60 de la CEI. La durée de demi-amplitude doit cependant avoir une valeur de 2 500 μ s au minimum.

2.- Pour des condensateurs (condensateurs de couplage ou condensateurs utilisés uniquement pour la protection contre les surtensions) ayant une valeur de capacité si élevée que les caractéristiques de l'installation d'essai ne permettent pas d'effectuer l'essai en courant alternatif (surcharge de l'installation d'essai), un essai à courant continu peut faire l'objet d'un accord avec l'acheteur à la demande du fabricant. Les modalités d'essai seront les mêmes que pour l'essai a) ci-dessus, la tension d'essai étant le double de la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif.

9.2 *Essai de type*

9.2.1 *Essai diélectrique en courant alternatif à sec (pour condensateurs utilisés à l'intérieur dont $U_m < 300$ kV)*

L'essai doit être effectué sur un empilage de condensateurs.

Une tension d'essai en courant alternatif égale à la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle, donnée dans la colonne 3 du tableau III, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur, est à appliquer entre les bornes de ligne et de terre. Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai.

L'essai doit être exécuté avec une tension pratiquement sinusoïdale conforme à la Publication 60 de la CEI. A partir d'une tension relativement basse, la tension doit être rapidement montée à la valeur d'essai, maintenue à cette valeur durant 1 min, puis rapidement descendue à une valeur relativement basse avant d'être déclenchée.

Il ne doit se produire ni perforation ni contournement. Afin de s'assurer qu'aucun élément n'a été perforé, une mesure de la capacité des unités à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée sera effectuée avant et après l'essai (voir la note 3 du paragraphe 7.1).

9.2.2 *Essai diélectrique en courant alternatif, sous pluie (pour condensateurs utilisés à l'extérieur dont $U_m < 300$ kV)*

Les conditions d'essai sont celles spécifiées au paragraphe 9.2.1, mais l'essai est à effectuer sous pluie artificielle conformément à la Publication 60 de la CEI.

9.2.3 *Essai aux chocs de manoeuvre à sec (pour condensateurs utilisés à l'intérieur dont $U_m \geq 300$ kV)*

L'essai doit être effectué sur un empilage de condensateurs.

Notes 1.- For the switching impulse test, the wavefront may differ from the standard switching impulse according to IEC Publication 60. The time-to-half value shall however be at least 2 500 μ s.

2.- For capacitors (coupling capacitors or capacitors used only for overvoltage protection) having such a high capacitance value that the characteristics of the testing equipment do not permit the a.c. test (overloading of the test equipment) to be performed, a d.c. test may be agreed upon between manufacturer and purchaser at the request of the manufacturer. The test procedure shall be the same as for test a) above, the test voltage being twice the r.m.s. value of the a.c. test voltage.

9.2 Type test

9.2.1 A.C. voltage test, dry (for indoor capacitors with $U_m < 300$ kV)

The test shall be carried out on a capacitor stack.

An a.c. test voltage equal to the rated short duration power-frequency withstand voltage, given in Column 3 of Table III and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor shall be applied between the line and earth terminals. When a low voltage terminal is provided it shall be connected directly, or via a low impedance, to earth during this test.

The test shall be carried out with a substantially sinusoidal wave-shape in accordance with IEC Publication 60. The voltage shall be rapidly increased from a relatively low value to the test voltage value, maintained for 1 min and rapidly reduced to a relatively low value before being switched off.

No flashover or puncture shall occur. To ensure that no puncture has occurred, a measurement of the capacitance of the units at 0.9 to 1.1 times the rated voltage shall be made before and after the test (see Note 3 of Sub-clause 7.1).

9.2.2 A.C. voltage test, wet (for outdoor capacitors with $U_m < 300$ kV)

The test conditions are as specified in Sub-clause 9.2.1, but under artificial rain in accordance with IEC Publication 60.

9.2.3 Switching impulse voltage test, dry (for indoor capacitors with $U_m \geq 300$ kV)

The test shall be carried out on a capacitor stack.

Quinze chocs de manoeuvre de chaque polarité et de valeur de crête égale à la tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre, donnée dans la colonne 2 du tableau IV, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur, sont à appliquer entre les bornes de ligne et de terre. Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être la forme normalisée 250/2 500 μ s conforme à la Publication 60 de la CEI.

Il est permis de monter l'empilage de condensateurs sur une charpente métallique dont la hauteur ne dépasse pas 2,5 m et ayant un diamètre équivalent au moins double du diamètre le plus grand de l'enveloppe isolante du condensateur.

L'empilage de condensateurs ne sera équipé d'aucune électrode, dispositif anti-effluve, etc., autre que ceux dont il sera pourvu en service normal.

S'il ne se produit pas plus de deux contournements par polarité, l'empilage de condensateurs est réputé avoir satisfait à l'essai.

Aucune perforation interne n'est admise, ce qui se vérifie par enregistrement oscillographique de l'onde de tension de choc et par la mesure de la capacité des unités à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée avant et après l'essai (voir la note 3 du paragraphe 7.1).

- Notes
- 1.- S'il existe une documentation démontrant que l'enveloppe isolante peut tenir 15 chocs de manoeuvre de chaque polarité sans qu'il se produise plus de deux contournements par polarité, le nombre de chocs de chaque polarité peut être réduit à trois. Dans ce cas, il y a lieu qu'il ne se produise ni contournement ni perforation interne. Toutefois, pour des raisons statistiques, une répétition de l'essai avec trois chocs est admise si un seul contournement a eu lieu.
 - 2.- Le montage de l'empilage de condensateurs sur une charpente métallique a une influence sur les caractéristiques de tenue aux chocs de manoeuvre. Il est de ce fait acceptable d'effectuer l'essai en montant l'empilage sur une charpente métallique correspondant aux conditions de service. Il faut noter que les conditions les plus sévères sont obtenues en plaçant l'empilage de condensateurs directement sur le sol au potentiel de la terre.
 - 3.- La disposition de la connexion de ligne peut avoir une influence sur les caractéristiques de contournement. Il peut de ce fait être nécessaire d'effectuer un essai de type avec une connexion de ligne correspondant aux conditions de service, au choix du fabricant.
 - 4.- Il est permis d'utiliser deux empilages de condensateurs différents, mais identiques, un pour chaque polarité.

Fifteen switching impulses of each polarity, with a peak value equal to the rated switching impulse withstand voltage, specified in Column 2 of Table IV and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor, shall be applied between the line and earth terminals. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or via a low impedance, to earth during this test.

The waveform of the applied impulses shall be the standard wave 250/2 500 μ s in accordance with IEC Publication 60.

The capacitor stack may be mounted on a metal pedestal having a height of not more than 2.5 m and an equivalent diameter of at least two times the largest diameter of the insulating envelope of the capacitor.

No grading screen, etc., shall be mounted on the stack other than those belonging to it when connected in service.

If not more than two flashovers occur on either polarity, the capacitor stack shall be deemed as having passed the test.

No internal puncture shall occur, which shall be verified by means of oscillograph records of the impulse voltage wave and by a measurement of the capacitance of the units at 0.9 to 1.1 times the rated voltage before and after the test (see Note 3 of Sub-clause 7.1).

- Notes*
- 1.- If documentation is available, showing that the insulating housing can withstand fifteen switching impulses of each polarity with not more than two flashovers on either polarity, the test can be performed with only three impulses of each polarity. In this case, no flashover and no puncture should occur. For statistical reasons however, a repetition of the test with three impulses is allowed if one flashover only has occurred.
 - 2.- Mounting of the capacitor stack on a metal pedestal influences the switching impulse withstand characteristics. It is therefore acceptable to perform the test with a pedestal mounting corresponding to the service conditions. It should be noted that direct positioning on an earthed floor is the most severe case.
 - 3.- The arrangement of the line connection can influence the flashover characteristics. It may therefore be necessary to perform the type test with a line connection corresponding to service conditions at the option of the manufacturer.
 - 4.- Two different but identical stacks may be used, one for each polarity.

9.2.4 *Essai aux chocs de manoeuvre, sous pluie (pour condensateurs utilisés à l'extérieur dont $U_m \geq 300$ kV)*

Les conditions d'essai sont celles spécifiées au paragraphe 9.2.3, mais l'essai est à effectuer sous pluie artificielle conformément à la Publication 60 de la CEI.

9.2.5 *Essai aux chocs de foudre*

L'essai doit être effectué sur un empilage de condensateurs.

Quinze chocs de foudre de chaque polarité et de valeur de crête égale à la tension de tenue assignée aux chocs de foudre, donnée dans la colonne 2 du tableau III ou dans la colonne 3 du tableau IV et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur, sont à appliquer entre les bornes de ligne et de terre. Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être conforme à la Publication 60 de la CEI, mais la durée de front peut être portée à 8 μ s au maximum si le fabricant le demande par suite des caractéristiques de son installation d'essai.

S'il ne se produit pas plus de deux contournements par polarité, l'empilage de condensateurs est réputé avoir satisfait à l'essai.

Aucune perforation interne n'est admise, ce qui se vérifie par enregistrement oscillographique de l'onde de tension de choc et par la mesure de la capacité des unités à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée avant et après l'essai (voir la note 3 du paragraphe 7.1).

Notes 1.- S'il existe une documentation démontrant que l'enveloppe isolante peut tenir 15 chocs de foudre de chaque polarité sans qu'il se produise plus de deux contournements par polarité, le nombre de chocs de chaque polarité peut être réduit à trois. Dans ce cas, il y a lieu qu'il ne se produise ni contournement ni perforation interne. Toutefois pour des raisons statistiques, une répétition de l'essai avec trois chocs est admise si un seul contournement a eu lieu.

2.- Il est permis d'utiliser deux empilages de condensateurs différents, mais identiques, un pour chaque polarité.

3.- Pour les condensateurs dont $U < 300$ kV, un essai à la polarité positive seule peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

10. **Essai diélectrique entre borne basse tension et borne de terre**

Les condensateurs munis d'une borne basse tension sont à soumettre pendant 1 min à un essai en courant alternatif entre les bornes basse tension et de terre.

a) Si la borne basse tension est exposée à l'atmosphère, la tension d'essai aura une valeur efficace de 10 kV.

9.2.4 *Switching impulse test, wet (for outdoor capacitors with $U_m \geq 300$ kV)*

The test conditions are as specified in Sub-clause 9.2.3, but the test shall be carried out under artificial rain in accordance with IEC Publication 60.

9.2.5 *Lightning impulse voltage test*

The test shall be carried out on a capacitor stack.

Fifteen lightning impulses of each polarity, with a peak value equal to the rated lightning impulse withstand voltage, given in Column 2 of Table III, or Column 3 of Table IV and corresponding to the highest voltage for the equipment of the capacitor, shall be applied between the line and earth terminals. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or via a low impedance, to earth during this test.

The waveform of the applied impulses shall be in accordance with IEC Publication 60, but the front time may be increased to a maximum of 8 μ s at the request of the manufacturer, owing to the limitations of the testing equipment.

If not more than two flashovers occur on either polarity, the capacitor stack shall be deemed as having passed the test.

No internal puncture shall occur, which shall be verified by oscillograph records of the impulse voltage wave and a measurement of the capacitance of the units at 0.9 to 1.1 times the rated voltage before and after the test (see Note 3 of Sub-clause 7.1).

Notes 1.- If documentation is available, showing that the insulating housing can withstand fifteen lightning impulses of each polarity with not more than two flashovers on either polarity, the test can be performed with only three impulses of each polarity. In this case, no flashover and no puncture should occur. For statistical reasons, however, a repetition of the test with three impulses is allowed if one flashover only has occurred.

2.- Two different but identical stacks may be used, one for each polarity.

3.- For capacitors with $U_m < 300$ kV, a test with positive polarity only may be^m agreed between manufacturer and purchaser.

10. **Voltage test between low voltage terminal and earth terminal**

Capacitors with a low voltage terminal shall be subjected for 1 min to an a.c. test between the low voltage and earth terminals.

a) If the low voltage terminal is exposed to the weather, the test voltage shall be 10 kV r.m.s.

- b) Si la borne basse tension n'est pas exposée à l'atmosphère, par exemple montée dans la boîte à bornes d'un transformateur condensateur de tension, la tension d'essai aura une valeur efficace de 4 kV.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni perforation ni contournement.

Note.- Si la tension de tenue est trop basse pour la coordination de l'isolement des accessoires pour la liaison à fréquences porteuses avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

11. Essai de décharge

L'essai peut être effectué soit sur un empilage de condensateurs, soit sur une unité. Une tension est à appliquer entre les bornes de ligne et de terre d'un empilage, ou entre les bornes d'une unité en vue de charger le condensateur à une tension égale à la tension de tenue assignée aux chocs de foudre, donnée dans la colonne 2 du tableau III ou dans la colonne 3 du tableau IV, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur. Le condensateur sera ensuite déchargé au travers d'un éclateur à tige placé de façon à obtenir une décharge de fréquence comprise entre 0,5 et 1 MHz.

Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai.

L'essai est à effectuer deux fois en 5 min. L'absence de défaillance se vérifie par la mesure de la capacité de l'unité ou des unités à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée avant et après l'essai (voir la note 3 du paragraphe 7.1).

Notes 1.- Dans le cas de condensateurs ayant de grandes dimensions, une tension élevée et (ou) une capacité élevée, comme ceux qui sont utilisés pour la protection contre les surtensions, une fréquence de décharge de valeur inférieure peut être admise.

2.- Le but de cet essai est de contrôler les connexions internes du condensateur.

3.- Le condensateur peut être chargé soit par un générateur à courant continu, soit par un générateur de chocs, le choix étant laissé au fabricant.

12. Mesures à haute fréquence (uniquement pour les condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs destinés aux liaisons à courants porteurs sur ligne d'énergie)

12.1 Capacité et résistance-série équivalente à haute fréquence

Les mesures doivent être effectuées sur un empilage de condensateurs.

- b) If the low voltage terminal is not exposed to the weather, for instance when inside the terminal box of a capacitor voltage transformer, the test voltage shall be 4 kV r.m.s.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

Note.- If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon at the request of the purchaser.

11. Discharge test

The test may be carried out either on a capacitor stack or on a unit. A voltage shall be applied between the line and earth terminals of a stack or between the terminals of a unit in order to charge the capacitor to a voltage equal to the rated lightning impulse withstand voltage, specified in Column 2 of Table III, or in Column 3 of Table IV, and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor. The capacitor shall then be discharged through a rod gap so situated as to obtain a discharge frequency between 0.5 and 1 MHz.

When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or via a low impedance, to earth during this test.

The test shall be made twice within 5 min. The absence of failure shall be verified by measurement of the capacitance of the unit(s) at 0.9 to 1.1 times the rated voltage before and after the test (see Note 3 of Sub-clause 7.1).

Notes 1.- In the case of capacitors having large dimensions, high voltage and/or high capacitance as used for example for overvoltage protection, a lower discharge frequency might occur.

2.- This test is intended to check the internal connections of the capacitor.

3.- The capacitor may be charged either by means of a d.c. generator or by an impulse generator, the choice being left to the manufacturer.

12. High frequency measurements (only for coupling capacitors and capacitor dividers intended for carrier coupling)

12.1 *High frequency capacitance and equivalent series resistance*

The measurements shall be carried out on a capacitor stack.

Les capacités et les résistances-séries équivalentes doivent être mesurées aux deux températures limites de la catégorie de température et à une température comprise dans le domaine des températures normales d'essai (paragraphe 5.2), à plusieurs fréquences dans toute la gamme de fréquences spécifiée à l'article 1.

Les valeurs mesurées de la capacité entre les bornes de ligne et basse tension ne doivent pas différer de plus de -20% à +50% de la capacité assignée. Les valeurs mesurées de la résistance-série équivalente entre les mêmes bornes ne doivent pas dépasser 40 Ω à toute fréquence et température.

Pour les basses fréquences de mesure (par exemple de 30 kHz à 100 kHz) avec une température égale à la limite inférieure de la catégorie, ou pour les empilages de condensateurs de capacité égale ou inférieure à 2 000 pF, ou pour U_m supérieure à 420 kV, la résistance-série équivalente peut être supérieure à 40 Ω . Dans ce cas, sa valeur doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Pour les propriétés en haute fréquence et les méthodes de mesure, voir l'annexe B.

Note.- En cas de difficultés pratiques pour effectuer les mesures aux limites de la catégorie de température, le fabricant et l'acheteur peuvent se mettre d'accord sur un domaine de température restreint, pour ces mesures, ou sur des mesures effectuées sur un modèle ayant un nombre restreint d'éléments.

12.2 *Mesure de la capacité parasite et de la conductance parasite de la borne basse tension*

La mesure doit être effectuée soit sur une unité, soit sur un modèle représentatif de la partie inférieure du condensateur considéré.

Ce modèle doit comprendre la borne de terre et les parties métalliques (par exemple, les brides) qui lui sont reliées en permanence, ainsi que la borne basse tension avec au moins un élément qui lui est relié et placé dans la position correcte. Si un modèle est utilisé, il doit être rempli du liquide isolant employé pour le condensateur.

Les valeurs de la capacité parasite et de la conductance parasite, mesurées à toute fréquence de la gamme des fréquences porteuses, ne doivent pas dépasser 200 pF et 20 μ s respectivement.

Pour les transformateurs condensateurs de tension, la mesure est à effectuer sur l'appareil complet ou sur l'unité inférieure du diviseur capacitif, l'élément électromagnétique étant en circuit. Dans ce cas, des valeurs plus élevées de la capacité parasite et de la conductance parasite peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Ces prescriptions sont traitées plus en détail dans l'annexe B.

Note.- Afin d'éviter une augmentation nuisible de la conductance parasite en milieu ambiant pollué, il y a lieu que la borne basse tension ait une ligne de fuite conforme à l'article 18.

The capacitances and the equivalent series resistances shall be measured at the two temperatures equal to the limits of the temperature category and at a temperature within the standard range for testing (Sub-clause 5.2), at several frequencies over the whole frequency range specified in Clause 1.

The measured values of the capacitance between the line and low-voltage terminals shall not deviate by more than -20% to +50% from the rated capacitance. The measured values of the equivalent series resistance between the same terminals shall not exceed 40 Ω at any frequency and temperature.

For the lower measuring frequencies (for instance 30 kHz to 100 kHz) with a temperature equal to the lower limit of the category, or for capacitor stacks with a capacitance equal to or less than 2 000 pF, or for U_m greater than 420 kV, the equivalent series resistance may be higher than 40 Ω . In this case, the value shall be agreed between manufacturer and purchaser.

For high frequency characteristics and measuring methods, see Appendix B.

Note.- In the case of practical difficulties in carrying out the measurements at the limits of the temperature category, the purchaser and the manufacturer may agree on measurements over a smaller temperature range, or on measurements performed on a model capacitor containing a limited number of elements.

12.2 *Measurement of the stray capacitance and stray conductance of the low voltage terminal*

The measurements shall be carried out either on a unit or on a model representative of the bottom part of the capacitor under consideration.

This model shall include the earth terminal, the metal parts (e.g. flanges) permanently connected to it, and the low voltage terminal with at least one element connected to it and placed in its proper position. If a model is used, it shall be filled with the insulating liquid used for the capacitor.

The values of the stray capacitance and the stray conductance, measured at any frequency in the carrier frequency range, shall not exceed 200 pF and 20 μs respectively.

For a capacitor voltage transformer, the measurements shall be carried out on the complete capacitor voltage transformer or on the lowest unit of the capacitor divider with connected electromagnetic unit. In this case, higher values of the stray capacitance and the stray conductance may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

The requirements are further dealt with in Appendix B.

Note.- To avoid a harmful increase of the stray conductance in polluted ambient conditions, the low voltage terminal should have a creepage distance in accordance with Clause 18.

13. Essai de décharges partielles

Le circuit d'essai pour la mesure des décharges partielles doit être conforme au paragraphe 4.2 de la Publication 270 de la CEI.

L'instrument de mesure utilisé doit être conforme au paragraphe 4.3 de la Publication 270 de la CEI.

L'instrument utilisé dépend de la grandeur à mesurer; la grandeur préférentielle dans la présente norme est la charge apparente q exprimée en picocoulombs (pC). Les caractéristiques du circuit de mesure doivent être telles qu'une intensité des décharges de 5 pC au minimum puisse être mesurée.

L'étalonnage du circuit de mesure doit être exécuté conformément à l'article 5 de la Publication 270 de la CEI.

L'essai est à effectuer soit sur un empilage de condensateurs, soit sur une unité séparée en prenant toutefois en considération la formule pour la tension d'essai donnée au paragraphe 9.1.

- Notes
- 1.- Il convient que le circuit d'essai soit tel que la mesure de l'intensité des décharges partielles ne soit pas affectée par des décharges externes dues à l'effet couronne.
 - 2.- La mesure en large bande des décharges partielles avec une bande passante d'au moins 100 kHz présente certains avantages, particulièrement si l'on a affaire à des objets à capacités et inductances réparties. Cependant, une mesure en bande étroite des décharges partielles est généralement suffisante pour les condensateurs de couplage, particulièrement si on peut choisir entre différentes fréquences de mesure dans la gamme de 0,15 MHz à 2 MHz. Les valeurs préférentielles sont 0,5 MHz et 1 MHz; mais si cela est faisable, il vaut mieux exécuter la mesure à la fréquence qui donne la sensibilité la plus élevée.
 - 3.- La mesure de l'intensité des décharges partielles peut ne pas être probante si la capacité de l'unité soumise à l'essai est trop élevée par rapport à celle pour laquelle le dispositif a une sensibilité suffisante. En pareil cas, il convient que le fabricant et l'acheteur se mettent d'accord pour effectuer l'essai sur un modèle ayant une valeur de la tension assignée plus basse et (ou) de la capacité assignée plus faible, mais de même conception et de même construction que l'unité fournie.
 - 4.- Lorsqu'on utilise un appareil de mesure donnant l'intensité des décharges en unités autres que des picocoulombs, il y a lieu de consulter la Publication 270 de la CEI.

13.1 Essai individuel

L'essai individuel de décharges partielles doit être effectué après l'essai diélectrique entre bornes décrit au paragraphe 9.1, mais avant la mesure finale de capacité décrite au paragraphe 7.1.

13. Partial discharge test

The test circuit for the measurement of partial discharges shall be in accordance with Sub-clause 4.2 of IEC Publication 270.

The measuring instrument used shall comply with Sub-clause 4.3 of IEC Publication 270.

The instrument used will depend on the quantity to be measured; the quantity preferred in this standard is the apparent charge q expressed in picocoulombs (pC). The characteristics of the test circuit shall be such that a minimum discharge intensity of 5 pC is measurable.

The calibration of the measuring circuit shall be performed according to Clause 5 of IEC Publication 270.

The test shall be carried out either on a capacitor stack or on a separate unit, taking into account the formula for the test voltage given in Sub-clause 9.1.

- Notes*
- 1.- The test circuit should be arranged so that the measurement of the partial discharge intensity is not affected by external corona discharges.
 - 2.- Wideband measurement of partial discharges with a bandwidth of at least 100 kHz offers certain advantages especially where test objects with distributed capacity and inductance are concerned. Normally, however, a narrow band measurement of partial discharges is sufficient for coupling capacitors, particularly if there is a possibility of choosing between measuring frequencies in the range 0.15 MHz to 2 MHz. Preferred values are 0.5 MHz and 1 MHz, but, if feasible, the measurement should be performed at the frequency which gives the highest sensitivity.
 - 3.- The measurement of the magnitude of partial discharges may be insensitive if the capacitance of the unit to be tested is too large in relation to that for which the test apparatus has adequate sensitivity. In this case, an agreement should be reached between the manufacturer and purchaser to carry out the test on a model unit having a smaller voltage and/or capacitance rating but of the same design and construction as that supplied.
 - 4.- When using instrumentation which gives the discharge intensity in units other than picocoulombs, IEC Publication 270 should be consulted.

13.1 Routine test

The partial discharge routine test shall be made after the voltage test between terminals described in Sub-clause 9.1 but before the final capacitance measurement described in Sub-clause 7.1.

Appliquer une tension alternative relativement basse entre les bornes de ligne et de terre d'un empilage ou entre les bornes d'une unité; augmenter rapidement cette tension jusqu'à une valeur correspondant à la tension de précontrainte donnée au tableau II; la maintenir à cette valeur durant 10 s au minimum; la réduire rapidement à la valeur de mesure des décharges partielles donnée également au tableau II et effectuer la mesure de l'intensité des décharges partielles après 1 min au minimum. Les valeurs préférentielles des niveaux admissibles de l'intensité des décharges partielles sont données dans le tableau II.

Les tensions appliquées au cours de cet essai doivent être de forme pratiquement sinusoïdale, conforme à la Publication 60. Le circuit d'essai doit être suffisamment amorti pour réduire autant que possible les surtensions dues aux phénomènes transitoires.

Note.- En variante, l'essai de décharges partielles peut être exécuté pendant la descente de la tension, à la fin de l'essai de tenue à fréquence industrielle du paragraphe 9.1. Si les valeurs de décharges partielles mesurées dépassent les limites permises du tableau II, un essai séparé, comme celui qui est spécifié ci-dessus, peut être exécuté.

TABLEAU II

Type de mise à la terre ¹⁾	Tension de précontrainte ≥ 10 s ²⁾	Tension de mesure ≥ 1 min ²⁾	Niveau de décharges partielles admissible ²⁾
			Charge apparente
Réseaux avec point neutre isolé ou mis à la terre à travers un circuit résonant	$1,3 U_m$	$1,1 U_m$ ³⁾	100 pC ³⁾
		$1,1 U_m / \sqrt{3}$	10 pC
Réseaux avec point neutre mis effectivement à la terre	$0,8 \times 1,3 U_m$	$1,1 U_m / \sqrt{3}$	10 pC

- 1) Si aucune distinction claire n'est faite quant au type de réseau (point neutre isolé ou mis effectivement à la terre) auquel le condensateur est destiné, prendre les niveaux établis pour un neutre isolé.
- 2) L'expérience montre que ces valeurs garantissent une fiabilité satisfaisante des matériels, avec un coût raisonnable. Dans le cas où il est possible de distinguer clairement entre des parasites à niveau plus élevé, provenant de l'environnement, et les décharges partielles provenant de l'objet en essai, ces parasites peuvent être tolérés s'il y a accord entre fabricant et acheteur.
- 3) Ces valeurs s'appliquent seulement s'il y a eu accord entre fabricant et acheteur.

An a.c. voltage shall be applied between the line and earth terminals of a stack or between the terminals of a unit and rapidly increased from a relatively low value to the pre-stress voltage (values given in Table II), maintained for at least 10 s, rapidly reduced to the partial discharge measuring voltage also given in Table II, and the partial discharge intensity shall be measured after at least 1 min. Preferred values for the permissible levels of partial discharge intensity are given in Table II.

The voltage applied during this test shall be of substantially sinusoidal wave shape in accordance with Publication 60. The test circuit shall be suitably damped to reduce, as much as possible, overvoltages due to transients.

Note.- Alternatively, the partial discharge test may be performed while decreasing the voltage after the power frequency withstand voltage test of Sub-clause 9.1. If the measured partial discharge values exceed the permitted limits of Table II, a separate test as specified above may be carried out.

TABLE II

Type of earthing ¹⁾	Pre-stress voltage ≥ 10 s ²⁾	Measuring voltage ≥ 1 min ²⁾	Permissible partial discharge level ²⁾
			Apparent charge
Networks with an isolated or resonant earthed starpoint	$1.3 U_m$	$1.1 U_m$ ³⁾	100 pC ³⁾
		$1.1 U_m / \sqrt{3}$	10 pC
Networks with an effectively earthed starpoint	$0.8 \times 1.3 U_m$	$1.1 U_m / \sqrt{3}$	10 pC

- 1) If there is no clear distinction to be made for which kind of network (starpoint either isolated or effectively earthed) the capacitor is meant, the levels for an isolated starpoint shall be taken.
- 2) These values are found by experience to guarantee reasonably reliable products at reasonable cost. Whenever it is possible to clearly distinguish between higher background disturbances and the partial discharges arising from the test object, these higher disturbances may be acceptable if agreed by manufacturer and purchaser.
- 3) These values apply only if agreed upon between manufacturer and purchaser.

- 4) Pour des condensateurs ayant une capacité assignée très élevée, un essai de décharges partielles avec les valeurs spécifiées ci-dessus peut être impossible à réaliser du fait du mauvais facteur de transmission et de la puissance limitée du transformateur d'essai. Dans ce cas, les valeurs à utiliser feront l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

13.2 Essai de type

L'essai de type de décharges partielles est à effectuer conformément à la modalité *a)* pour les empilages de condensateurs dont $U_m < 300$ kV et conformément à la modalité *a)* ou *b)* pour les empilages de condensateurs dont $U_m \geq 300$ kV. La modalité d'essai *b)* ne peut être utilisée qu'après accord entre fabricant et acheteur.

- Modalité *a)*

Appliquer une tension alternative de valeur relativement basse entre les bornes de ligne et de terre d'un empilage ou entre les bornes d'une unité; augmenter rapidement cette tension jusqu'à une valeur correspondant à la tension de précontrainte donnée au tableau II, la maintenir à cette valeur durant 10 s au minimum; la réduire rapidement à la valeur de mesure des décharges partielles donnée également au tableau II et la maintenir à cette valeur durant 1 h. Au cours de cette dernière période, l'intensité des décharges partielles sera mesurée toutes les 10 min environ.

- Modalité *b)*

Appliquer une tension alternative de valeur relativement basse entre les bornes de ligne et de terre d'un empilage ou entre les bornes d'une unité et augmenter rapidement cette tension jusqu'à une valeur égale à $1,5 U_m/\sqrt{3}$ (valeur efficace). Au début de l'essai, superposer à la tension susmentionnée trois chocs de manoeuvre au minimum de manière à obtenir une valeur de crête de la tension résultante égale à la tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre donnée dans la colonne 2 du tableau IV, et correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel du condensateur.

La tension alternative doit être maintenue à une valeur de $1,5 U_m/\sqrt{3}$ durant 1 h. Au cours de cette période, l'intensité des décharges partielles sera mesurée toutes les 10 min environ.

Le front de l'onde du choc de manoeuvre superposé à la tension alternative peut être différent de celui de la tension de choc de manoeuvre normalisée conforme à la Publication 60 de la CEI. La durée de demi-amplitude doit cependant avoir une valeur de 2 500 μ s au minimum.

Note. - Si les condensateurs sont utilisés dans des réseaux avec point neutre non mis effectivement à la terre, une valeur différente de la tension alternative peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Les valeurs préférentielles des niveaux admissibles de l'intensité des décharges partielles sont données dans le tableau II.

- 4) For capacitors having very large rated capacitance, a partial discharge test with the values specified above may be impossible to carry out because of the poor transmission factor and the power limitation of the test transformer. In such cases, the relevant values should be agreed upon between manufacturer and purchaser.

13.2 Type test

The partial discharge type test shall be carried out in accordance with procedure *a)* for capacitor stacks with $U_m < 300$ kV and in accordance with procedure *a)* or *b)* for capacitor stacks with $U_m \geq 300$ kV. The use of procedure *b)* shall only be made by agreement between manufacturer and purchaser.

- Procedure *a)*

An a.c. voltage shall be applied between the line and earth terminals of a stack or between the terminals of a unit and rapidly increased from a relatively low value to the pre-stress voltage values specified in Table II, maintained for at least 10 s, rapidly reduced to the partial discharge measuring voltage also specified in Table II and maintained for 1 h. During this period the partial discharge intensity shall be measured approximately every 10 min.

- Procedure *b)*

An a.c. voltage shall be applied between the line and earth terminals of a stack or between the terminals of a unit, and rapidly increased from a relatively low value to $1.5 U_m / \sqrt{3}$ (r.m.s). At the beginning of the test, at least three switching impulses shall be superposed on the mentioned voltage in order to obtain a peak value of the resulting voltage equal to the rated switching impulse withstand voltage given in Column 2 of Table IV, and corresponding to the highest voltage for equipment of the capacitor.

The a.c. voltage shall be maintained at $1.5 U_m / \sqrt{3}$ for 1 h. During this period, the partial discharge intensity shall be measured approximately every 10 min.

The wavefront of the switching impulse superposed on the a.c. voltage may differ from the standard switching impulse in accordance with IEC Publication 60. The time-to-half value shall, however, have a value of at least 2 500 μ s.

Note.- If the capacitors are used in networks with non-effectively earthed starpoint, another value of the a.c. voltage may be agreed upon between the manufacturer and purchaser.

Preferred values for the permissible levels of partial discharge intensity are specified in Table II.

Les tensions d'essai et de mesure appliquées au cours de cet essai doivent être de forme pratiquement sinusoïdale, conforme à la Publication 60 de la CEI, exception faite du choc de manoeuvre superposé à la tension alternative. Le circuit d'essai doit être suffisamment amorti pour réduire autant que possible les surtensions dues aux phénomènes transitoires.

Note. - Il convient d'effectuer cet essai conformément au cycle d'essai ci-dessus, sans interruption de la tension.

14. Détermination du coefficient de température

Cet essai ne concerne que les diviseurs capacitifs et n'a à être effectué qu'après accord entre le fabricant et l'acheteur.

L'essai peut être effectué sur un condensateur unitaire ou sur un modèle constitué des mêmes éléments et ayant, du point de vue de leur fixation, la même construction que le condensateur considéré. Le condensateur soumis à l'essai doit être placé dans une enceinte où la température de l'air peut être réglée à n'importe quelle valeur comprise entre la limite inférieure de la catégorie de température et une température dépassant de 15 K la limite supérieure de la catégorie de température. En variante, on peut utiliser un bain d'huile avec les mêmes limites de température.

La valeur de la capacité (et, à titre d'information, la tangente de l'angle de pertes) est à mesurer à tension réduite (mais non inférieure à $0,25 U_N$) et à une fréquence comprise dans le domaine donné au paragraphe 5.2, à des intervalles de température de 15 K environ. Avant chaque mesure, on doit s'assurer que l'équilibre thermique du condensateur est atteint.

Le coefficient de température, déduit de ces mesures, ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par l'acheteur ou, en l'absence de cette dernière, la valeur garantie par le fabricant.

La tension doit être appliquée au condensateur seulement pendant le temps nécessaire à effectuer la mesure.

- Notes*
- 1.- Si un modèle de condensateur est utilisé pour cet essai, il y a lieu que le nombre d'éléments soit choisi suffisamment grand pour donner l'assurance que, avec leur dispositif de fixation, ils constituent un modèle vraiment représentatif, tant mécaniquement qu'électriquement, du condensateur considéré.
 - 2.- Si le constructeur peut fournir un certificat d'un essai antérieur couvrant tout le domaine des températures indiquées dans cet article, la répétition de l'essai dans un domaine de température restreint peut faire l'objet d'un accord.
 - 3.- La variation du rapport de tension du diviseur capacitif en fonction de la température, qui est généralement d'une importance plus grande pour la précision de ce diviseur de tension que la variation de la capacité équivalente, ne peut pas être déduite de cet essai du fait que les variations de température dans l'empilage de condensateurs, produites par l'échauffement des unités, ne sont pas prises en considération (voir article 53 de la Publication 186 de la CEI).

Except for the switching impulse superposed on the a.c. voltage, the test and measuring voltages applied during this test shall have a substantially sinusoidal waveshape in accordance with IEC Publication 60. The test circuit shall be suitably damped to reduce, as much as possible, overvoltage due to transients.

Note.- This test should be made in accordance with the above test cycles, without interruption of the voltage.

14. Determination of the temperature coefficient

This test applies only to capacitor dividers and need only be carried out if agreed between purchaser and manufacturer.

The test may be carried out on a capacitor unit or on a model capacitor composed of the same elements and having the same clamping construction as the capacitor under consideration. The test capacitor shall be placed in an enclosure in which the air temperature can be adjusted to any value between the lower limit of the temperature category and 15 K in excess of the upper limit of the temperature category. Alternatively, a liquid bath which can be adjusted within the same temperature limits may be used.

The value of the capacitance (and, for information, the tangent of the loss angle) shall be measured at reduced voltage (but not less than $0.25 U_N$) and frequency within the range specified in Subclause 5.2 at temperature intervals of approximately 15 K. Before each measurement, the thermal equilibrium of the capacitor shall be established.

The temperature coefficient derived from these measurements shall not exceed either the value specified by the purchaser or, in the absence of a specified value, the value guaranteed by the manufacturer.

The voltage shall be applied to the capacitor only for the period of time necessary for taking the measurement.

- Notes*
- 1.- If a model capacitor is used for this test, the number of elements employed should be sufficiently large to ensure that, together with their clamping devices, they constitute a model which is truly representative, both mechanically and electrically, of the capacitor under consideration.
 - 2.- If the manufacturer can provide a test certificate of an earlier test covering the whole of the temperature range mentioned in this clause, a repetition of the test over a smaller temperature range may be agreed upon.
 - 3.- The change in the voltage ratio of the capacitor divider with temperature, which normally is of greater importance for the accuracy of a capacitor voltage divider than the variation of the equivalent capacitance, cannot be derived from this test because the temperature variations in the stack due to operating temperature rises in the units are not taken into account (see Clause 53 of IEC Publication 186).

15. Essai d'étanchéité

En l'absence d'accord, l'étanchéité du condensateur est à vérifier par une méthode laissée au choix du fabricant. L'essai peut être effectué à un moment quelconque après la fermeture du condensateur.

16. Essai de flexion

Une contrainte d'essai F_T est à appliquer à la connexion fixée à la tête du condensateur, perpendiculairement à son axe et dans la direction la plus défavorable, durant 1 min.

La contrainte d'essai F_T dépend des dimensions du condensateur, à savoir de sa longueur l et du diamètre le plus grand d de l'enveloppe isolante; elle se calcule de la manière suivante:

$$F_T = [(450 \times l \times d) + 500] \times 1,5 \quad (\text{N})$$

où l et d sont en mètres.

Le condensateur est réputé avoir satisfait à l'essai s'il ne s'est pas produit de rupture et s'il n'y a pas trace de défaut d'étanchéité. Pour détecter des traces éventuelles de défaut d'étanchéité, utiliser du papier buvard, de la craie blanche ou toute autre méthode équivalente.

Notes 1.- Les coefficients de la relation ci-dessus concernant la contrainte d'essai F_T sont basés sur une vitesse maximale du vent de 150 km/h_T (en accord avec l'article 29), qui donne lieu à une charge équivalente due au vent de 900 N/m², sur une contrainte latérale maximale de 500 N agissant à la tête du condensateur et sur un facteur de sécurité de 1,5.

2.- Si la construction du condensateur est telle que la borne à tension intermédiaire ou la borne basse tension traverse latéralement la paroi cylindrique du corps de porcelaine, la contrainte d'essai sera appliquée d'une part dans la direction de cette borne, d'autre part perpendiculairement à cette direction.

SECTION TROIS - NIVEAUX D'ISOLEMENT ET LIGNE DE FUITE

17. Niveaux d'isolement et tensions d'essai

Les tableaux III et IV donnent les niveaux d'isolement normalisés en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace). Le niveau d'isolement est défini par la valeur efficace de la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle et la valeur de crête de la tension de tenue assignée aux chocs de foudre pour $U_m < 300$ kV et par les valeurs de crête des tensions de tenue assignées aux chocs de manoeuvre et de foudre pour $U_m \geq 300$ kV.

Notes 1.- Pour les valeurs de U_m inférieures à 12 kV, il convient de prendre le niveau d'isolement dans les tableaux de la Publication 71 de la CEI.

2.- L'article 26 donne des directives pour le choix du niveau d'isolement.

3.- Les niveaux d'isolement et les tensions d'essais peuvent être différents de ceux qui sont donnés dans les tableaux III et IV conformément aux normes nationales et s'ils font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

15. Sealing test

If no agreement has been made, the sealing of the capacitor shall be tested by a method left to the choice of the manufacturer. The test may be performed at any time after the completion of the capacitor.

16. Cantilever test

A test force F_T shall be applied to the top terminal of the capacitor perpendicular to its axis and in the least favourable direction for a duration of 1 min.

The test force F_T depends on the capacitor dimensions, length l and largest shed diameter d of the insulating envelope and shall be calculated as follows:

$$F_T = [(450 \times l \times d) + 500] \times 1.5 \quad (\text{N})$$

where l and d are in metres.

The capacitor has successfully passed the test if there is no rupture and no evidence of leakage. Absorbent paper, white chalk or an equivalent method shall be used to indicate any resultant leakage.

Notes 1.- The coefficients of the above equation for the test force F_T are based on a maximum wind velocity of 150 km/h (in accordance with Clause 29), giving an equivalent wind pressure of 900 N/m², for a maximum lateral line force at the top of the capacitor of 500 N and for a safety factor of 1.5.

2.- If a capacitor is equipped with a lateral intermediate or low-voltage terminal which pierces the cylindrical wall of the porcelain housing, the test force shall be applied both in a direction parallel to this terminal and normal to it.

SECTION THREE - INSULATION LEVELS AND CREEPAGE DISTANCE

17. Insulation levels and test voltages

Tables III and IV specify the standard insulation levels with the corresponding highest voltage for equipment U_m (r.m.s). The insulation level is defined by the r.m.s. value of the rated power-frequency short-duration withstand voltage and the peak value of the rated lightning impulse withstand voltage for $U_m < 300$ kV and by the peak values of the rated switching and lightning impulse withstand voltages for $U_m \geq 300$ kV.

Notes 1.- For values of U_m below 12 kV, the insulation level should be chosen from the tables in IEC Publication 71.

2.- Guidance for the choice of the insulation level is given in Clause 26.

3.- The insulation levels and test voltages may differ from those stated in Tables III and IV according to national standards and if agreed between manufacturer and purchaser.

TABLEAU III

Niveaux d'isolement normalisés pour $12 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

1	2	3
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV	kV
12	60 75	28 28
24	95 125	50 50
36	145 170	70 70
52	250	95
72,5	325	140
123	450 550	185 230
145	(450 550 650	185) 230 275
170	(550 650 750	230) 275 325
245	(650 750 850 950 1 050	275) 325) 360 395 460

Notes 1.- Le choix du niveau d'isolement doit être fait conformément à l'article 26 et à la Publication 71 de la CEI.

2.- Les valeurs non préférentielles sont données entre parenthèses.

TABLE III

Standard insulation levels for $12 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

1	2	3
Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage (r.m.s)
kV	kV	kV
12	60 75	28 28
24	95 125	50 50
36	145 170	70 70
52	250	95
72.5	325	140
123	450 550	185 230
145	(450 550 650)	185) 230 275
170	(550 650 750)	230) 275 325
245	(650 750 850 950 1 050)	275) 325) 360 395 460

Notes 1.- The choice of the insulation level shall be made in accordance with Clause 26 and with IEC Publication 71.

2.- Non-preferred values are given in brackets.

TABLEAU IV

Niveaux d'isolement normalisés pour $U_m \geq 300$ kV

1	2	3	4
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée équivalente de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV	kV	kV
300	(750)	850	395)
	750	950	395
	(850)	950	460)
	850	1 050	460
362	(850)	950	460)
	850	1 050	460
	(950)	1 050	510)
	950	1 175	510
420	(950)	1 050	510)
	950	1 175	510
	(1 050)	1 175	570)
	1 050	1 300	570
	1 050	1 425	630
	(1 050)	1 175	570)
525	(1 050)	1 300	570)
	1 050	1 425	630
	(1 175)	1 300	630)
	1 175	1 425	630)
	1 175	1 550	680
	(1 300)	1 425	680)
	(1 300)	1 550	680)
	1 300	1 800	790
765	(1 425)	1 550	790)
	(1 425)	1 800	790)
	1 425	2 100	880
	(1 550)	1 800	880)
	(1 550)	1 950	880)
	1 550	2 400	975

- Notes 1.- Le choix du niveau d'isolement doit être fait conformément à l'article 26 et à la Publication 71 de la CEI.
- 2.- Les valeurs non préférentielles sont données entre parenthèses.
- 3.- La colonne 4 donne des valeurs qui n'existent pas dans la Publication 71. Ces valeurs sont données pour permettre un essai diélectrique individuel à tension alternative (voir paragraphe 9.1).

TABLE IV

Standard insulation levels for $U_m \geq 300$ kV

1	2	3	4
Highest voltage for equipment U_m (r.m.s)	Rated switching impulse withstand voltage (peak)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)	Equivalent rated short-duration power-frequency withstand voltage (r.m.s)
kV	kV	kV	kV
300	(750)	850	395)
	750	950	395
	(850)	950	460)
	850	1 050	460
362	(850)	950	460)
	850	1 050	460
	(950)	1 050	510)
	950	1 175	510
420	(950)	1 050	510)
	950	1 175	510
	(1 050)	1 175	570)
	1 050	1 300	570
525	1 050	1 425	630
	(1 175)	1 300	630)
	(1 175)	1 425	630)
	1 175	1 550	680
765	(1 300)	1 425	680)
	(1 300)	1 550	680)
	1 300	1 800	790
	(1 425)	1 550	790)
	(1 425)	1 800	790)
	1 425	2 100	880
	(1 550)	1 800	880)
	(1 550)	1 950	880)
1 550	2 400	975	

Notes 1.- The choice of the insulation level shall be made in accordance with Clause 26 and with IEC Publication 71.

2.- Non-preferred values are given in brackets.

3.- Column 4 specifies values which are not given in Publication 71. These values are given in order to permit an a.c. routine voltage test (see Sub-clause 9.1).

18. Ligne de fuite

Pour l'isolation extérieure sensible à la pollution, la ligne de fuite assignée minimale spécifiée, mesurée à la surface de l'isolation, doit satisfaire aux conditions suivantes (en millimètres par unité de la tension la plus élevée pour le matériel U_m):

- | | |
|--------------------------------------|----------|
| - pour niveau de pollution faible | 16 mm/kV |
| - pour niveau de pollution moyen | 20 mm/kV |
| - pour niveau de pollution fort | 25 mm/kV |
| - pour niveau de pollution très fort | 31 mm/kV |

De plus, le rapport entre la ligne de fuite assignée et la distance d'amorçage ne devrait généralement pas excéder 3,5/1.

La valeur de la ligne de fuite protégée de la pluie sous un angle de précipitation de 90° par rapport à l'axe de l'enveloppe isolante ne devrait, en règle générale, pas dépasser 50% de la valeur totale de la ligne de fuite.

Lorsqu'une borne basse tension est exposée à l'atmosphère, elle doit avoir une ligne de fuite assignée de 60 mm au minimum.

- Notes
- 1.- La valeur réelle de la ligne de fuite peut s'écarter de la valeur assignée en fonction des tolérances de fabrication définies à l'article 7 de la Publication 233 de la CEI.
 - 2.- La définition des diverses classes de pollution est encore à l'étude.
 - 3.- Les valeurs indiquées ci-dessus pour la ligne de fuite unitaire assignée sont provisoires. Elles sont conformes à la Publication 815 de la CEI.
 - 4.- Les essais de pollution artificielle ne sont pas inclus dans cette norme. Ils sont décrits dans la Publication 507 de la CEI. Une expérience complémentaire est encore nécessaire avant la publication d'une prescription pour ces essais.
 - 5.- Il est reconnu que la performance de l'isolation superficielle est largement affectée par la forme de l'isolateur. D'autres mesures également, telles qu'un nettoyage périodique de la surface de l'isolateur avec de l'eau ou le graissage de cette surface, peuvent améliorer le comportement de l'enveloppe isolante en milieu polluant.

SECTION QUATRE - REGLES DE SECURITE

19. Connexions des parties métalliques

Il doit être possible d'établir des connexions sûres avec toutes les parties métalliques ou bornes du condensateur afin de fixer leur potentiel. Les parties métalliques qui sont au potentiel de la terre en service normal doivent être connectées à la terre.

18. Creepage distance

For outdoor insulation susceptible to contamination, the required minimum rated creepage distance measured on the insulation surface shall comply with the following values (in millimetres per unit of the highest voltage for equipment U_m):

- for light pollution level	16 mm/kV
- for medium pollution level	20 mm/kV
- for heavy pollution level	25 mm/kV
- for very heavy pollution level	31 mm/kV

In addition, the ratio of the rated creepage distance to the arcing distance should generally not exceed 3.5/1.

The value of the creepage distance in the rain shadow at an angle of precipitation of 90° to the axis of the insulating envelope should generally not exceed 50% of the total creepage distance.

Low-voltage terminals exposed to the weather shall have a rated creepage distance of at least 60 mm.

- Notes*
- 1.- The actual value of the creepage distance can differ from the rated value by the manufacturing tolerances stated in Clause 7 of IEC Publication 233.
 - 2.- The definition for the various pollution classes is still under consideration.
 - 3.- The above values of the specific rated creepage distance are provisional. The values are in accordance with IEC Publication 815.
 - 4.- Artificial pollution tests are not included in this standard. They are described in IEC Publication 507. More experience is needed before a test method based on this report can be issued.
 - 5.- It is recognized that the performance of the surface insulation is greatly affected by the insulator shape. Also other measures, such as periodical cleaning of the insulator surface with water or greasing the surface, can improve the performance of the insulating enclosure under pollution.

SECTION FOUR - SAFETY REQUIREMENTS

19. Connections to metal parts

It shall be possible to make reliable connections to any metal parts or terminals of the capacitor to enable the potential of these metal parts to be fixed. Metal parts which are at earth potential in normal service shall be connected to earth.

20. Protection de l'environnement

Lorsque les condensateurs sont imprégnés de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement, des précautions doivent être prises. Dans certains pays, il existe des dispositions légales à ce sujet.

21. Réglementations nationales

L'acheteur doit spécifier au moment de la commande les prescriptions spéciales concernant les règles de sécurité en vigueur dans le pays où le condensateur doit être installé.

SECTION CINQ - MARQUAGES

22. Marquage du condensateur unitaire

22.1 *Plaque signalétique*

Les indications suivantes sont à donner sur la plaque signalétique de chaque condensateur unitaire:

- 1) Nom du fabricant.
- 2) Numéro d'identification et année de fabrication.
L'année de fabrication peut faire partie du numéro d'identification ou être indiquée sous forme de code.
- 3) Capacité mesurée, C_N , en picofarads.
- 4) Tension assignée, U_N , en kilovolts.

22.2 *Plaque d'avertissement*

Si le condensateur unitaire contient un matériau susceptible de polluer l'environnement ou de présenter un risque d'une autre nature, le condensateur doit porter une étiquette conforme aux lois correspondantes du pays de l'utilisateur; ce dernier doit fournir au fabricant les informations relatives à ces lois.

23. Marquage de l'empilage de condensateurs

23.1 *Plaque signalétique*

Les indications suivantes sont à donner sur la plaque signalétique de chaque empilage de condensateurs:

- 1) Nom du fabricant.
- 2) Numéro d'identification et année de fabrication.
L'année de fabrication peut faire partie du numéro d'identification ou être indiquée sous forme de code.
- 3) Capacité assignée, C_N , en picofarads.
- 4) Tension assignée, $U_m/\sqrt{3}$ ou U_m , en kilovolts.
- 5) Fréquence assignée, f_N , en hertz.

20. Protection of the environment

When capacitors are impregnated with products that shall not be dispersed into the environment, precautions shall be taken. In some countries, there are legal requirements in this respect.

21. National regulations

The purchaser shall specify, at the time of ordering, any special requirements relating to safety regulations which apply to the country in which the capacitor is to be installed.

SECTION FIVE - MARKINGS

22. Marking of the capacitor unit

22.1 *Rating plate*

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor unit:

- 1) Manufacturer.
- 2) Identification number and year of manufacture.
The year may be a part of the identification number or be in code form.
- 3) Measured capacitance, C_N , in picofarads.
- 4) Rated voltage, U_N , in kilovolts.

22.2 *Warning plate*

If the capacitor unit contains material that might pollute the environment or may be hazardous in any other way, the unit shall be equipped with a label according to the relevant laws of the country of the user, who shall inform the manufacturer about such laws.

23. Marking of the capacitor stack

23.1 *Rating plate*

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor stack:

- 1) Manufacturer.
- 2) Identification number and year of manufacture.
The year may be a part of the identification number or be in code form.
- 3) Rated capacitance, C_N , in picofarads.
- 4) Rated voltage, $U_m/\sqrt{3}$ or U_m , in kilovolts.
- 5) Rated frequency, f_N , in hertz.

- 6) Catégorie de température.
- 7) Schéma indiquant le marquage des bornes (si nécessaire).
- 8) Niveau d'isolement (voir la note 1).
- 9) Masse, en kilogrammes.
- 10) Référence à la Publication 358 de la CEI (en précisant l'année de l'édition).

Notes 1.- Il convient d'indiquer le niveau d'isolement par deux nombres séparés par une barre oblique, le premier nombre donnant la valeur efficace de la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (pour $U_m < 300$ kV) ou la valeur de crête de la tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre (pour $U_m \geq 300$ kV), en kilovolts, et le second, la valeur de crête de la tension de tenue assignée aux chocs de foudre, en kilovolts (par exemple 460/1 050 ou 1 050/1 425).

2.- Il est utile de donner les valeurs mesurées des capacités dans un procès-verbal d'essai.

23.2 *Plaque signalétique d'un diviseur capacitif*

Dans les seuls cas où la borne intermédiaire est encore accessible lorsque le transformateur condensateur de tension est complètement assemblé, l'information suivante est à donner sur la plaque signalétique de chaque empilage de condensateurs, en plus des informations 1) à 10) du paragraphe 23.1:

11) Rapport de tension mesuré.

23.3 *Plaque d'avertissement*

Le paragraphe 22.2 est également valable pour l'empilage de condensateurs.

SECTION SIX - GUIDE POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION

24. Généralités

A la différence de la majorité des appareils électriques, les condensateurs, lorsqu'ils sont en service, fonctionnent en permanence à pleine charge ou à des puissances qui n'en diffèrent qu'en fonction des variations de la tension et de la fréquence.

Les surcharges et les échauffements anormaux abrègent la vie des condensateurs; en conséquence, il convient que les conditions de fonctionnement (c'est-à-dire la température, la tension et le courant) soient soigneusement contrôlées.

En raison des différents types de condensateurs et des nombreux facteurs qui entrent en jeu, il n'est pas possible de couvrir, par des règles simples, tous les cas d'installation et d'utilisation. Les indications ci-après portent sur les points les plus importants qu'il y a lieu de considérer.

- 6) Temperature category.
- 7) Diagram, showing the terminal markings (if necessary).
- 8) Insulation level (see Note 1).
- 9) Mass, in kilograms.
- 10) Reference to IEC Publication 358 (with year of issue).

Notes 1.- The insulation level should be given by means of two numbers separated by a stroke, the first number giving the r.m.s. value of the rated short-duration power-frequency withstand voltage (for $U_m < 300$ kV) or the peak value of the rated switching impulse withstand voltage (for $U_m \geq 300$ kV), in kilovolts, and the second number giving the peak value of the rated lightning impulse withstand voltage, in kilovolts (for example (460/1 050 or 1 050/1 425)).

2.- It is useful to give values of test measurements in a test report.

23.2 *Rating plate of capacitor divider*

In addition to points 1) to 10) of Sub-clause 23.1, the following information shall be given on the rating plate of each capacitor stack only in the cases where an intermediate voltage terminal is still accessible when the capacitor voltage transformer is completely assembled:

- 11) Measured voltage ratio.

23.3 *Warning plate*

Sub-clause 22.2 is also valid for the capacitor stack.

SECTION SIX - GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

24. **General**

Unlike most electric apparatus, capacitors, whenever energized, operate continuously at full load or at loads that deviate from this value only as a result of voltage and frequency variations.

Overstressing and overheating shorten the life of a capacitor and therefore the operating conditions (i.e. temperature, voltage and current) should be strictly controlled.

Because of the different types of capacitors and the many factors involved, it is not possible to cover by simple rules the installation and operation in all possible cases. The following information covers the most important points to be considered.

En outre, il y a lieu de suivre les instructions du fabricant et des organismes distributeurs d'électricité.

25. Choix de la tension assignée

Dans les réseaux triphasés, il convient que la tension assignée U_N d'un condensateur soit, en général, prise égale à $U_m/\sqrt{3}$. Si un empilage de condensateurs est constitué de plusieurs condensateurs unitaires, il y a lieu que la tension assignée de chaque condensateur unitaire soit au moins égale à la valeur de la tension qui s'établit aux bornes du condensateur unitaire lorsque la tension assignée est appliquée à l'empilage, en admettant que tant l'empilage que le condensateur unitaire ont la capacité assignée. Il est recommandé que cette valeur de la tension ou une valeur supérieure soit indiquée sur la plaque signalétique du condensateur unitaire.

Note. - En raison de la tolérance sur la capacité, spécifiée au paragraphe 7.2, la tension d'essai, pour l'essai des unités séparées, a été choisie de 5% supérieure à la tension calculée d'après les valeurs sans tolérances.

26. Choix du niveau d'isolement

Les tableaux III et IV indiquent les combinaisons recommandées des niveaux d'isolement normalisés. En général, la valeur recommandée pour le niveau d'isolement dépend de deux facteurs principaux:

- a) le facteur de défaut à la terre;
- b) le niveau de protection du matériel de protection.

Dans le cas des réseaux qui ne sont pas convenablement protégés contre les surtensions, la limite supérieure des surtensions qui peuvent apparaître sur les bornes de ligne des condensateurs ne peut être déterminée avec certitude, bien que la présence du condensateur puisse réduire dans une certaine mesure l'amplitude d'une surtension transitoire de très courte durée. En conséquence, en l'absence d'une protection convenable contre les surtensions, il convient de choisir le niveau d'isolement le plus élevé figurant dans les tableaux III et IV pour une valeur donnée de U_m ; il peut néanmoins se produire des dommages dans des conditions particulièrement défavorables.

Si une protection contre les surtensions est prévue au voisinage immédiat du condensateur, il y a lieu d'adapter la valeur de crête des tensions de tenue assignées aux chocs de manoeuvre et de foudre au niveau de protection du matériel de protection. (voir les Publications 71-1 et 71-2 de la CEI, en particulier la section trois et l'annexe A).

27. Température de service

27.1 Généralités

Il est recommandé d'accorder une attention particulière à la température de service du condensateur car elle a une grande influence sur sa durée de vie.

In addition, the instructions of the manufacturer and of the power supply authorities should be followed.

25. Choice of rated voltage

In three-phase systems, the rated voltage U_N of a capacitor should, as a general rule, be chosen equal to $U_m/\sqrt{3}$. If a capacitor stack is composed of several units, the rated voltage of each unit should be at least that value of the voltage which appears across the unit when the rated voltage is applied to the stack, assuming that both the stack and the units have the rated capacitance. This value of the voltage or a higher value should be shown on the rating plate of the unit.

Note.- Owing to the capacitance tolerances allowed in Sub-clause 7.2, the test voltage, when testing separate units, has been chosen 5% in excess of the voltage calculated on the assumption of zero capacitance tolerances.

26. Choice of insulation level

Tables III and IV show the recommended combinations of the standard insulation levels. In general, the value to be recommended for the insulation level is governed by two main factors:

- a) the earth fault factor;
- b) the protection level of the protective equipment.

In the case of systems without suitable overvoltage protection, the upper limit of overvoltage which can occur at the line terminals of the capacitors cannot be determined accurately, even though the presence of the capacitor may reduce the magnitude of transient overvoltages of very short duration to some extent. Therefore, in the absence of suitable overvoltage protection, the highest insulation level shown in Tables III and IV for a given value of U_m should be chosen, but nevertheless, damage may still occur under very unfavourable conditions.

If overvoltage protection is provided close to the capacitor, the crest value of the rated switching and lightning impulse withstand voltages should be matched to the protection level of the protective equipment (see IEC Publications 71-1 and 71-2, especially Section Three and Appendix A).

27. Operating temperature

27.1 General

Particular attention should be paid to the operating temperature of the capacitor because this has a great influence on its life.

27.2 *Choix de la catégorie de température (paragraphe 4.1)*

La limite inférieure de la catégorie de température doit manifestement être choisie en fonction des plus faibles températures ambiantes que l'on s'attend à rencontrer à l'emplacement envisagé pour le condensateur.

En choisissant la limite supérieure de la catégorie de température, il convient de tenir compte de l'accroissement possible de la température sous l'effet du rayonnement solaire. Les condensateurs montés à l'extérieur ne sont en général pas protégés contre le rayonnement solaire. S'ils sont constitués d'unités en boîtiers de couleur foncée (soit en matière céramique, soit en métal), il y a lieu de prévoir une marge supplémentaire en choisissant la limite supérieure de la catégorie de température si l'on s'attend à de fréquentes expositions à un rayonnement solaire intense. Des catégories de température de symbole B ou C peuvent être nécessaires, même si les températures de l'air ambiant n'exigent pas des valeurs si élevées.

27.3 *Conditions tropicales*

Les condensateurs de symbole C conviennent à la plupart des applications dans des conditions tropicales. Dans quelques cas, cependant, la température ambiante peut être de nature à nécessiter l'utilisation d'un condensateur de symbole D. Il peut également être nécessaire d'utiliser ce dernier type d'appareil lorsque les condensateurs sont souvent exposés au rayonnement du soleil pendant plusieurs heures (par exemple dans les déserts) même si la température ambiante n'est pas extrêmement élevée (paragraphe 27.2).

Dans certains cas exceptionnels, il peut arriver que la valeur maximale de la température ambiante dépasse 55 °C ou que la valeur moyenne journalière dépasse 45 °C, ce qui rend nécessaire l'utilisation de condensateurs spécialement conçus pour ce cas particulier, ou à tension assignée plus élevée.

27.4 *Réseau dans lequel un défaut à la terre peut durer longtemps*

Il peut se présenter un cas spécial lorsque l'on utilise des condensateurs dans un réseau où un défaut à la terre peut se prolonger pendant une durée considérable, par exemple jusqu'à 8 h consécutives, ce qui peut être le cas dans certains réseaux avec point neutre isolé ou mis à la terre à travers un circuit résonant. La Publication 186 de la CEI spécifie pour les transformateurs de tension (y compris les transformateurs condensateurs de tension), utilisés entre phase et terre dans ces réseaux, un essai sous 1,9 fois la tension assignée pendant 8 h. Cette exigence augmente l'échauffement du condensateur, étant donné que ses pertes sont 3,6 fois plus élevées que sous la tension assignée, et le problème de stabilité thermique peut se poser. Dans ce cas particulier, il y a lieu de consulter le fabricant pour savoir si l'on peut être astreint à réduire le gradient électrique à la tension assignée, ce qui équivaut pratiquement à augmenter la tension la plus élevée pour le matériel. En cas de doute, il convient de prendre accord sur un essai qui simule les conditions de fonctionnement avec un défaut à la terre prolongé.

27.2 *Choice of the temperature category (Sub-clause 4.1)*

The lower limit of the temperature category should obviously be chosen in accordance with the lowest ambient air temperature expected at the proposed location of the capacitor.

When selecting the upper limit of the temperature category, the possible increase in temperature by radiation from the sun should be taken into account. Capacitors in outdoor positions are generally not protected from radiation from the sun. If they are composed of units with dark-coloured housings (either ceramic or metal), an extra margin should be allowed when selecting the upper limit of the temperature category if frequent exposure to intense solar radiation is expected. Temperature categories of symbol B or C may be required, even though the ambient air temperature might not call for such high figures.

27.3 *Tropical conditions*

Capacitors for symbol C are suitable for the majority of applications under tropical conditions. In some locations, however, the ambient temperature may be such that a capacitor of symbol D is required. The latter may also be needed for those cases where the capacitors are frequently subjected to the radiation of the sun for several hours (e.g. in desert territories), even though the ambient temperature is not excessive (Sub-clause 27.2).

In exceptional cases, the ambient temperature may be higher than 55 °C maximum, or 45 °C daily average, and capacitors of special design or with a higher rated voltage shall be used.

27.4 *Network in which a sustained earth fault can occur*

A special case may arise when capacitors are used in a network in which a sustained earth fault can occur for a considerable time, for instance up to eight consecutive hours, which may be the case in some networks with an isolated or resonant earthed starpoint. IEC Publication 186 specifies for voltage transformers (including capacitor voltage transformers), used between line and earth in such networks, a test with 1.9 times the rated voltage for 8 h. This requirement increases the temperature rise of the capacitor, as its losses are 3.6 times as high as at rated voltages and the problem of thermal stability may arise. For this special case, the manufacturer should be consulted in order to decide on the possible necessity of decreasing the electric stress at rated voltage, which in fact is equivalent to increasing the highest voltage for equipment. In case of doubt, a test simulating the conditions under prolonged earth fault operation should be agreed upon.

28. Conditions spéciales

Outre une température ambiante élevée, d'autres conditions de service défavorables peuvent être rencontrées dans les pays tropicaux. Lorsque l'acheteur sait que ces conditions existent, il y a lieu qu'il en informe le fabricant lors de la commande des condensateurs. Il est recommandé que les mêmes renseignements soient donnés également aux fournisseurs de tout le matériel utilisé pour l'installation des condensateurs.

Les conditions les plus importantes sont les suivantes:

a) *Périodes fréquentes d'humidité relative élevée*

Il peut être nécessaire d'utiliser des isolateurs spéciaux.

b) *Croissance rapide de moisissures*

Les moisissures ne se développent pas sur les métaux, les matières céramiques et certaines sortes de peintures et de laques. Pour d'autres matériaux, les moisissures peuvent se développer aux endroits humides, particulièrement là où la poussière, etc., a tendance à se déposer. L'utilisation de produits fongicides peut améliorer le comportement de ces matériaux.

c) *Atmosphère corrosive des zones industrielles et côtières*

Il y a lieu de remarquer que l'influence d'une atmosphère de ce type peut être plus sévère dans les climats à température élevée que dans les climats tempérés. Une atmosphère très corrosive peut exister même pour des installations à l'intérieur.

d) *Pollution*

Lorsque les condensateurs doivent être installés sur un emplacement où la pollution est importante, il y a lieu de prendre des précautions spéciales.

e) *Altitude supérieure à 1 000 m*

Les condensateurs utilisés à des altitudes dépassant 1 000 m sont soumis à des conditions spéciales du fait que le contournement d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques qui prévalent. Pour obtenir la certitude que les tensions de tenue de l'isolation externe d'un condensateur, destiné à fonctionner à des altitudes dépassant 1 000 m au-dessus du niveau de la mer, sont suffisantes, il faut normalement augmenter la distance d'arc.

A titre de guide, la tension de tenue, sur laquelle est fondée la distance d'arc, devrait être accrue de 1% par 100 m au-delà de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

28. Special conditions

Apart from high ambient temperature, other adverse conditions of use are liable to be encountered in tropical countries. If the purchaser is aware of such conditions the manufacturer should be informed when the capacitors are ordered. This information should also be given to the suppliers of all associated equipment for the capacitor installation.

The most important conditions are the following:

a) Frequent occurrence of periods of high relative humidity

It may be necessary to use insulators of special design.

b) Rapid mould growth

Mould growth does not develop on metals, ceramic materials and certain kinds of paints and lacquers. For other materials, mould growth may develop on humid places, especially where dust, etc., can settle. The use of fungicidal products may improve the behaviour of these materials.

c) Corrosive atmosphere of industrial and coastal areas

It should be noted that in climates with higher temperatures the effects of such atmospheres may be more severe than in temperate climates. A highly corrosive atmosphere may be present also for indoor application.

d) Pollution

When capacitors are to be installed at a location where the pollution is considerable, special precautions should be taken.

e) Altitude exceeding 1 000 m

Capacitors used at altitudes exceeding 1 000 m are subjected to special conditions owing to the fact that the flashover of external insulation depends upon the prevailing atmospheric conditions. To ensure that the withstand voltages of the external insulation of a capacitor, intended for operation at altitudes exceeding 1 000 m above sea level, are sufficient, the arcing distance normally has to be increased.

For general guidance, the withstand voltage, on which the arcing distance is based, should be increased by 1% for each 100 m in excess of 1 000 m above sea level.

29. Contraintes mécaniques

Il est recommandé que les condensateurs destinés à être montés à l'extérieur puissent supporter les contraintes mécaniques résultant de vents de 150 km/h. Dans le cas de conditions plus sévères, telles que vents plus forts, formation de glace, circuit-bouchon monté sur le condensateur ou risque de tremblement de terre, il convient que l'acheteur en informe le fabricant afin qu'il puisse prendre toutes les mesures nécessaires à assurer une résistance suffisante au condensateur. S'il est prévu de monter des circuits-bouchons, il y a lieu que ces informations indiquent également les sollicitations probables résultant des courants de courts-circuits et dépendant de la disposition de la sous-station, le type et la construction du circuit-bouchon prévu pour être monté sur le condensateur, etc.

Il convient que les condensateurs soient reliés aux conducteurs de ligne d'une façon telle qu'ils ne soient pas soumis à une force de traction latérale supérieure à 500 N (voir article 16, note 1).

29. Mechanical stress

Capacitors intended for outdoor mounting should withstand the mechanical stresses resulting from winds of 150 km/h. In the case of more stringent conditions, such as higher winds, ice formation, mounting of line traps on the capacitor, or the possibility of earthquakes, the purchaser should inform the manufacturer so that measures can be taken to ensure adequate strength of the capacitor. When line traps are to be fitted, this information should also include: probable stresses resulting from short-circuit currents depending on the layout of the substation, type and design of the line trap intended to be mounted on the capacitor, etc.

Capacitors should be connected to the line conductors in such a way that the capacitor is not subjected to a lateral force exceeding 500 N (see Clause 16, Note 1).

ANNEXE A

SCHEMAS DES CONDENSATEURS

APPENDIX A

CAPACITOR DIAGRAMS

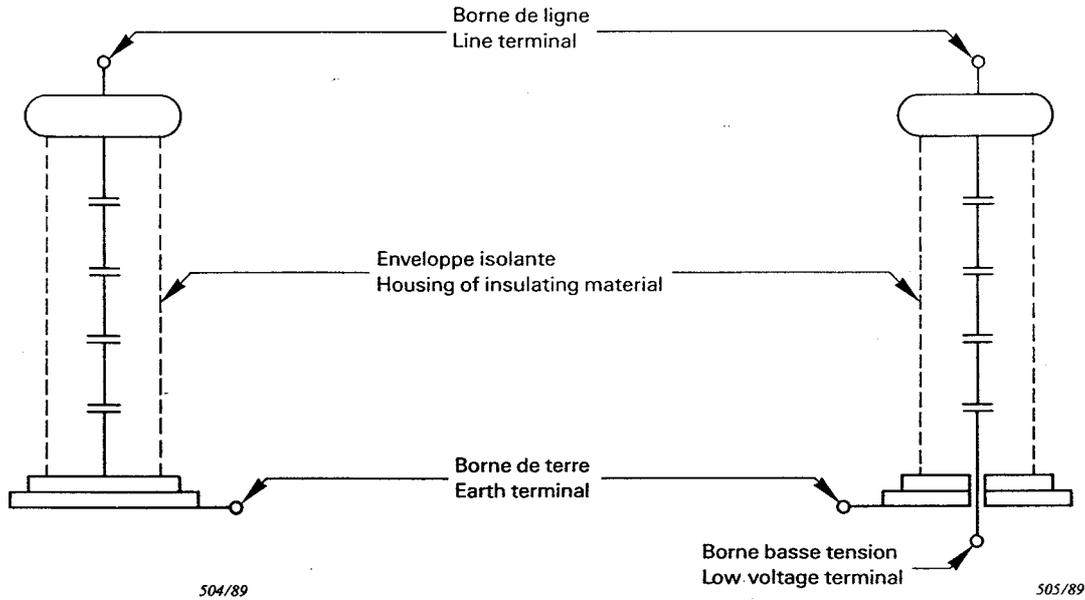


FIG. A1. - Condensateur pour la protection contre les surtensions.

Capacitor for overvoltage protection.

FIG. A2. - Condensateur de couplage pour liaisons à courants porteurs.

Capacitor for power line carrier coupling.

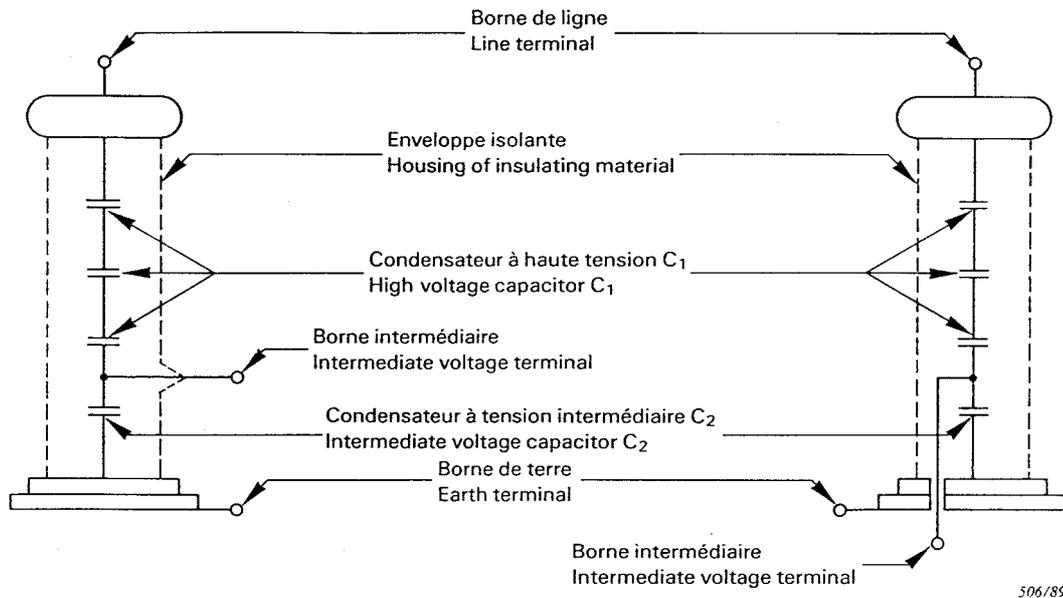


FIG. A3. - Diviseur capacitif (partie d'un transformateur condensateur de tension non utilisé pour le couplage de liaisons à courants porteurs).

Capacitor divider (part of capacitor voltage transformer, not used for connection for power line carrier coupling).

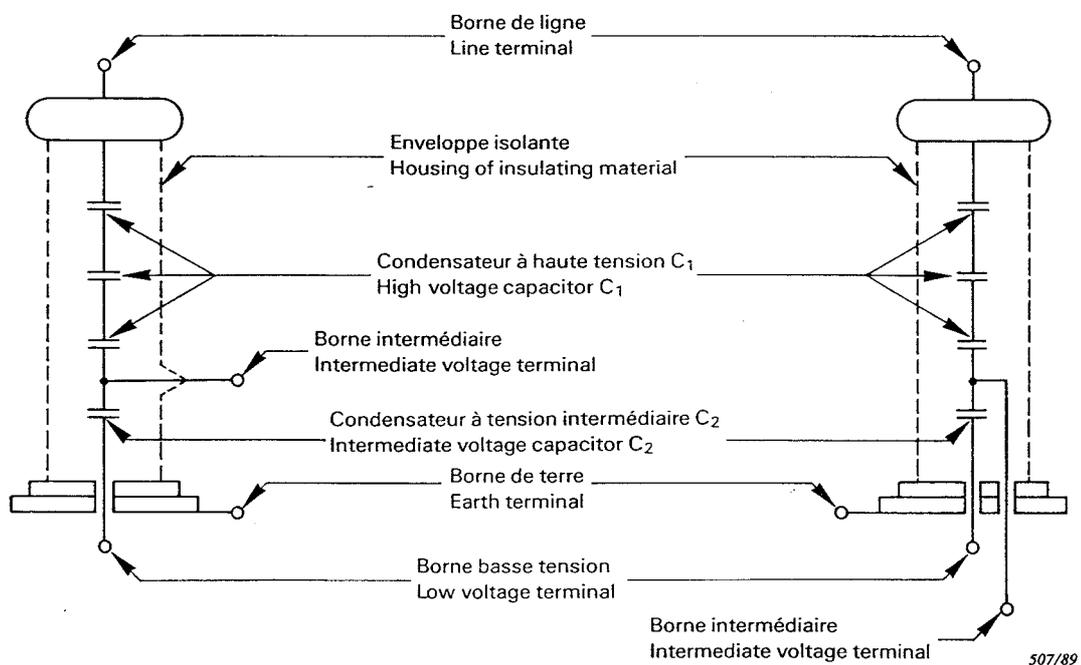


FIG. A4. - Diviseur capacitif (partie d'un transformateur condensateur de tension avec une connexion pour le couplage de liaisons à courants porteurs).

Capacitor divider (part of capacitor voltage transformer, with connection for power line carrier coupling).

ANNEXE B

CARACTERISTIQUES EN HAUTE FREQUENCE DES CONDENSATEURS
DE COUPLAGE POUR LIAISONS A COURANTS PORTEURS
SUR LIGNES DE TRANSPORT D'ENERGIE

B1. Capacité et résistance-série équivalente à haute fréquence

Les conditions de fréquence mentionnées à l'article 1 sont celles qui se rencontrent dans la grande majorité des cas. Pour les conditions différentes qui peuvent se présenter dans certains pays pour des fréquences supérieures à 500 kHz ou inférieures à 30 kHz, les recommandations peuvent différer, si nécessaire, des valeurs de la section deux (article 12).

Il peut également être nécessaire de fixer des prescriptions s'écartant des présentes recommandations, par exemple par accord direct entre le fabricant et l'acheteur, pour d'autres conditions particulières telles qu'une très faible capacité assignée (inférieure à 2 000 pF) ou une capacité assignée élevée à une très haute tension assignée (au-dessus de 420 kV), à condition qu'elles soient compatibles avec les exigences d'une bonne transmission de la haute fréquence.

Il convient de tenir compte du fait que toute modification des caractéristiques en haute fréquence du condensateur de couplage, par exemple une variation de la capacité du condensateur de couplage lui-même ou l'introduction de grandeurs parasites (capacités, etc.) peut affecter la bande passante de la transmission (bande de fréquence utile), déplacer cette bande et produire un affaiblissement supplémentaire de couplage.

B2. Capacité et conductance parasites de la borne basse tension

Il y a lieu que la capacité et la conductance parasites entre la borne basse tension et la borne de terre soient aussi faibles que possible.

- Notes*
- 1.- Les valeurs supérieures à 20 μ s peuvent avoir une influence appréciable sur la bande passante du dispositif de couplage, au moins en fonctionnement à des fréquences inférieures à 100 kHz et pour une faible capacité de couplage.
 - 2.- En général, les valeurs données à l'article 12 ne peuvent pas être obtenues lorsqu'on essaie un transformateur condensateur de tension complet à cause de la capacité et des pertes additionnelles de l'élément électromagnétique. Dans le cas d'un transformateur condensateur de tension, on peut retenir, en général, les valeurs limites suivantes:

APPENDIX B

HIGH-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF COUPLING CAPACITORS
FOR POWER LINE CARRIER CIRCUITS**B1. High frequency capacitance and equivalent series resistance**

The frequency conditions mentioned in Clause 1 are those occurring in the great majority of cases. For different conditions that may occur in certain countries for frequencies above 500 kHz or below 30 kHz, the recommendations may differ, if necessary, from the values in Section Two (Clause 12).

It may likewise prove necessary to lay down requirements deviating from the present recommendations, for instance by direct agreement between the manufacturer and purchaser, for other special conditions such as very low rated capacitance (below 2 000 pF) or high rated capacitance at very high rated voltage (above 420 kV) provided they are compatible with the requirements of good high frequency transmission.

The fact should be considered that any change in the high frequency characteristics of the coupling capacitor, as, for instance, a change in the capacitance of the coupling capacitor itself or the introduction of stray quantities (capacitance, etc.) may affect the transmission bandwidth (useful frequency band), shift this band and produce an additional coupling attenuation.

B2. Stray capacitance and conductance of the low voltage terminal

Stray capacitance and conductance of the low voltage terminal, with respect to the earth terminal, should be as low as possible.

Notes 1.- Values higher than 20 μ s may have an appreciable effect on the bandwidth of the coupling equipment, at least for operation at frequencies lower than 100 kHz and for a low coupling capacitance.

2.- The values given in Clause 12 cannot generally be obtained when testing a complete capacitor voltage transformer, owing to the capacitance and the additional losses of the electromagnetic unit. In the case of a capacitor voltage transformer, the following limiting values can generally be assumed:

- pour la capacité parasite: $300 + 0,05 C_N$ (en pF), où C_N représente la capacité assignée (en accord avec le paragraphe 3.5), exprimée en picofarads;
- pour la conductance parasite: 50 μ s.

3.- Il est recommandé de choisir la conception et la disposition des bornes de façon que l'effet des conditions atmosphériques défavorables (humidité, neige, givre, poussière, etc.) n'entraîne pas une augmentation appréciable des valeurs de capacité et de conductance parasites par rapport à celles qui sont indiquées ci-dessus et à l'article 12.

B3. Courant à haute fréquence dans un condensateur de couplage

Les condensateurs de couplage doivent être conçus de façon à supporter sans dommage un courant à haute fréquence d'au moins 1 A (valeur efficace du courant qui correspond à une puissance traversante de 400 W pour une résistance de charge de 400 Ω).

B4. Mesure de la capacité et de la résistance-série équivalente à haute fréquence (article 12)

Les mesures sont effectuées sur l'empilage de condensateurs de couplage.

Les mesures à effectuer dans une enceinte climatique en vue de vérifier l'effet d'une basse température peuvent être exécutées, après accord, sur un modèle de condensateur constitué d'un nombre restreint d'éléments.

La méthode de mesure donnant les valeurs de la capacité et de la résistance-série équivalente à haute fréquence peut être choisie à volonté parmi celles qui sont applicables à haute fréquence, telles que les méthodes de pont, les méthodes de substitution, etc.

La figure B1 donne en exemple un schéma de méthode de mesure par pont qui permet la lecture directe des grandeurs recherchées (C_s et R_s).

Après équilibrage du pont par réglage de C_m et de R_m , les grandeurs recherchées sont données par:

$$C_s = C_m$$

$$R_s = R_m$$

Lorsque la méthode de mesure employée ne donne pas des valeurs séries, on peut les calculer à partir des valeurs parallèles C_p et R_p :

$$C_s = C_p [1 + 1/(\omega^2 \cdot C_p^2 \cdot R_p^2)]$$

$$R_s = R_p / (1 + \omega^2 \cdot C_p^2 \cdot R_p^2)$$

- for stray capacitance: $300 + 0.05 C_N$ (in pF), where C_N represents the rated capacitance (in accordance with Sub-clause 3.5), expressed in picofarads;
- for stray conductance: 50 μ s.

3.- Terminal design and arrangement should be chosen so that the effect of adverse atmospheric conditions (humidity, snow, frost, dust, etc.) does not involve stray capacitance and conductance values appreciably higher than those stated above and in Clause 12.

B3. High frequency current of a coupling capacitor

Coupling capacitors shall be designed to withstand a steady high frequency current through the coupling capacitor of at least 1 A (r.m.s. value of current equivalent to a power of 400 W for a terminal resistance of 400 Ω), without any damage or deterioration.

B4. Measurement of the high frequency capacitance and equivalent series resistance (Clause 12)

Measurements shall be made on the coupling capacitor stack.

Measurements to be made in a climatic chamber to check the effect of low temperature may be performed, by agreement, on a model capacitor containing a limited number of elements.

The measuring method giving the values of high-frequency capacitance and equivalent series resistance may be chosen, as convenient, from various high frequency procedures such as bridge methods, substitution methods, etc.

Figure B1 gives an example of a bridge measuring method, enabling the quantities required (C_s and R_s) to be read off directly.

After the bridge is balanced by adjusting C_m and R_m , the required quantities are given by:

$$C_s = C_m$$

$$R_s = R_m$$

When the measuring method used does not give series values, these can be computed from the parallel values C_p and R_p :

$$C_s = C_p [1 + 1/(\omega^2 \cdot C_p^2 \cdot R_p^2)]$$

$$R_s = R_p / (1 + \omega^2 \cdot C_p^2 \cdot R_p^2)$$

Il est recommandé de réduire autant que possible les capacités et les inductances dues aux connexions de mesure (en réduisant leur longueur) ainsi que les capacités contre terre des condensateurs de couplage. Un soin particulier doit être apporté au blindage du matériel de mesure et, si nécessaire, des connexions.

Si l'effet des capacités et inductances parasites du dispositif de mesure est appréciable, on doit en tenir compte dans les résultats de mesure.

L'introduction d'éléments parasites non contrôlés peut donner lieu à des erreurs graves dans la mesure de la capacité.

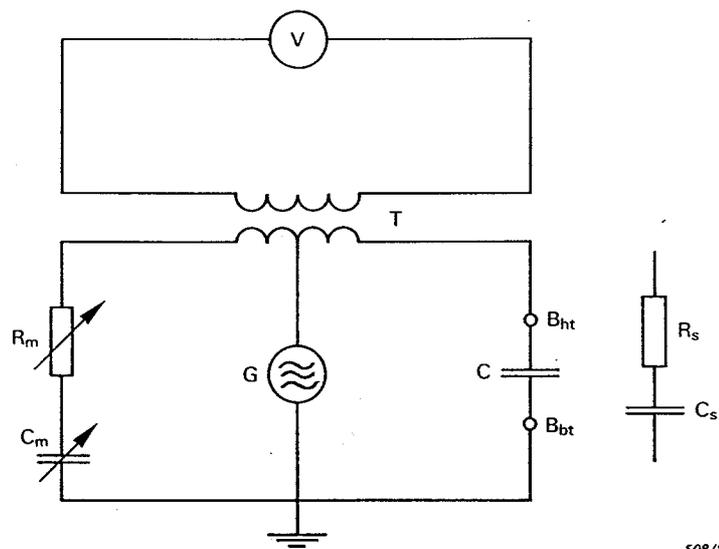
Afin de réduire à des valeurs insignifiantes les inductances dues aux connexions de mesure, il est proposé d'utiliser deux cages isolées l'une de l'autre et formées chacune de six à huit bandes de cuivre. Ces cages doivent être montées sur le condensateur en essai et maintenues en contact étroit avec le corps isolant sur toute sa longueur. Une extrémité de la cage supérieure est connectée à la borne de ligne, tandis qu'une extrémité de la cage inférieure est connectée à la borne basse tension. Connecter le pont de mesure aux deux extrémités des cages, qui ne sont pas raccordées aux bornes du condensateur, en utilisant deux fils aussi courts que possible comme indiqué à la figure B2.

It is recommended that capacitances and inductances due to the measurement connections should be reduced as far as possible (by minimizing the length thereof) and likewise the earth capacitances of the coupling capacitor. Particular care should be taken to screen the measuring equipment and, if necessary, the connections.

If the stray capacitance and inductance of the measuring arrangement produce an appreciable effect, this shall be allowed for in computing the results of the measurements.

The introduction of uncontrolled stray elements may give rise to serious errors in measuring the capacitance.

In order to reduce to insignificant values the inductances due to the measurement connections, it is suggested that two cages, insulated one from the other, and each made with six or eight copper straps are used. These cages shall surround the capacitor under test and shall be in close contact with the insulating material throughout its length. One end of the upper cage should be connected to the line terminal, while one end of the lower cage should be connected to the low voltage terminal. The measuring bridge should be connected with two wires as short as possible, to the two other ends of the cages as shown in Figure B2.

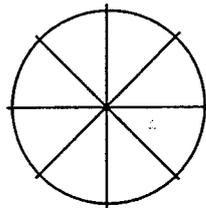
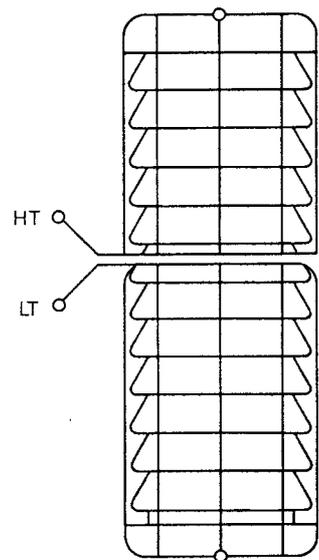


508/89

- C = condensateur de couplage en essai
coupling capacitor under test
- R_s = résistance-série équivalente du condensateur de couplage
equivalent series resistance of the coupling capacitor
- C_s = capacité à haute fréquence du condensateur de couplage
high frequency capacitance of the coupling capacitor
- B_{bt} = borne basse tension
low voltage terminal
- B_{ht} = borne de ligne
line terminal
- C_m = condensateur variable de mesure
variable measuring capacitor
- R_m = résistance variable de mesure
variable measuring resistor
- G = générateur haute fréquence
high frequency generator
- T = transformateur différentiel
hybrid (differential) transformer
- V = voltmètre ou autre détecteur de signal
voltmeter or other signal detector

FIG. B1. - Méthode de pont pour la mesure de la capacité et de la résistance-série équivalente à haute fréquence d'un condensateur de couplage.

Bridge method for measuring the high frequency capacitance and equivalent series resistance of a coupling capacitor.



509/89

HT = Borne de ligne
 Line terminal

LT = Borne basse tension
 Low voltage terminal

FIG. B2. - Schéma de filerie du circuit pour la mesure de la capacité à haute fréquence et de la résistance-série équivalente d'un condensateur de couplage.

Wiring diagram of the measuring circuit for the high frequency capacitance and equivalent series resistance of a coupling capacitor.

ICS 29.120.99 29.240.99 31.060.70

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND