

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 55-1

Quatrième édition — Fourth edition

1978

---

**Câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique  
pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV  
(avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium et à l'exclusion des câbles  
à pression de gaz et à huile fluide)**

**Première partie: Essais**

---

**Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV  
(with copper or aluminium conductors  
and excluding gas-pressure and oil-filled cables)**

**Part 1: Tests**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

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

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

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

## Terminologie

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

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

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

## Revision of this publication

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

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

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

## Terminology

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

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 55-1

Quatrième édition — Fourth edition

1978

---

**Câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique  
pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV  
(avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium et à l'exclusion des câbles  
à pression de gaz et à huile fluide)**

Première partie: Essais

---

**Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV  
(with copper or aluminium conductors  
and excluding gas-pressure and oil-filled cables)**

Part 1: Tests

---

**Descripteurs:** câbles sous gaine et armés,  
30 kV, définitions, exigences,  
essais.

**Descriptors:** armoured and sheathed cables,  
30 kV, definitions, requirements,  
testing.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4
<b>SECTION UN — GÉNÉRALITÉS</b>	
Articles	
1. Domaine d'application . . . . .	6
2. Définitions . . . . .	6
<b>SECTION DEUX — CONDITIONS D'ESSAI</b>	
3. Fréquence et forme d'onde des tensions d'essais alternatives . . . . .	8
4. Forme d'onde des tensions d'essais de choc . . . . .	8
5. Température ambiante . . . . .	8
<b>SECTION TROIS — CATÉGORIES ET FRÉQUENCE DES ESSAIS</b>	
6. Essais individuels . . . . .	8
7. Essais spéciaux . . . . .	8
8. Essais de type . . . . .	10
9. Essais après pose . . . . .	10
<b>SECTION QUATRE — ESSAIS INDIVIDUELS</b>	
10. Résistance électrique des conducteurs . . . . .	10
11. Essais diélectriques . . . . .	12
12. Mesure du facteur de pertes diélectriques . . . . .	14
<b>SECTION CINQ — ESSAIS SPÉCIAUX</b>	
13. Mesures d'épaisseurs . . . . .	14
14. Essais mécaniques . . . . .	18
15. Essai de migration (pour câbles à imprégnation non migrante) . . . . .	20
16. Répétition des mesures . . . . .	20
<b>SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE</b>	
17. Généralités . . . . .	20
18. Mesure des pertes en fonction de la température . . . . .	20
19. Essais diélectriques de sécurité . . . . .	22
20. Essai de migration . . . . .	24
21. Essais non électriques sur la gaine extérieure . . . . .	24
<b>SECTION SEPT — ESSAIS APRÈS POSE</b>	
22. Essais diélectriques . . . . .	24

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5
<b>SECTION ONE — GENERAL</b>	
Clause	
1. Scope . . . . .	7
2. Definitions . . . . .	7
<b>SECTION TWO — TEST CONDITIONS</b>	
3. Frequency and waveform of power-frequency test voltages . . . . .	9
4. Waveform of impulse test voltages . . . . .	9
5. Ambient temperature . . . . .	9
<b>SECTION THREE — CATEGORIES AND FREQUENCY OF TESTS</b>	
6. Routine tests . . . . .	9
7. Special tests . . . . .	9
8. Type tests . . . . .	11
9. Tests after installation . . . . .	11
<b>SECTION FOUR — ROUTINE TESTS</b>	
10. Electrical resistance of conductors . . . . .	11
11. High-voltage tests . . . . .	13
12. Power factor test . . . . .	15
<b>SECTION FIVE — SPECIAL TESTS</b>	
13. Measurements of thickness . . . . .	15
14. Mechanical tests . . . . .	19
15. Drainage tests (for non-draining cables) . . . . .	21
16. Re-test procedure . . . . .	21
<b>SECTION SIX — TYPE TESTS</b>	
17. General . . . . .	21
18. Power factor/temperature test . . . . .	21
19. Dielectric security tests . . . . .	23
20. Drainage test . . . . .	25
21. Non-electrical tests on non-metallic oversheaths . . . . .	25
<b>SECTION SEVEN — TESTS AFTER INSTALLATION</b>	
22. High-voltage test . . . . .	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ SOUS GAINÉ MÉTALLIQUE  
POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES INFÉRIEURES OU ÉGALES À 18/30 kV  
(AVEC ÂMES CONDUCTRICES EN CUIVRE OU ALUMINIUM ET À  
L'EXCLUSION DES CÂBLES À PRESSION DE GAZ ET À HUILE FLUIDE)**

**Première partie : Essais**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes N° 20 de la CEI: Câbles électriques.

L'ancienne Publication 55 portait le titre « Essais des câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique » et avait été publiée en deux parties: première partie: Câbles pour des tensions alternatives de 10 kV à 66 kV inclus (à l'exclusion des câbles à pression de gaz, à remplissage d'huile fluide et à imprégnation non migrante), et deuxième partie: Câbles à imprégnation non migrante pour des tensions alternatives de 10 kV à 33 kV inclus (à l'exclusion des câbles à pression de gaz).

Il a été décidé d'élaborer une révision en tant que spécification de produit complète: Câbles isolés au papier imprégné sous enveloppe métallique pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV (avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium, à l'exclusion des câbles à pression de gaz et à remplissage d'huile fluide). En raison de l'impossibilité d'arriver à un accord fondamental sur les exigences de construction, il fut décidé, lors de la réunion du Sous-Comité 20A tenue à Oslo en 1976, de préparer des « Essais » séparément en tant que première partie, en vue d'une mise au point ultérieure de la deuxième partie: Généralités et exigences de construction.

Un projet, document 20A(Bureau Central)59, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1977.

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

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Suède
Allemagne	Finlande	Suisse
Australie	France	Tchécoslovaquie
Autriche	Israël	Turquie
Belgique	Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Corée (République de)	Japon	Yougoslavie
Danemark	Norvège	
Egypte	Portugal	
Espagne	Roumanie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n<sup>os</sup> 38: Tensions normales de la CEI.
- 71-1: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles.
  - 183: Guide au choix des câbles à haute tension.
  - 228: Sections nominales et composition des âmes des conducteurs et câbles isolés.
  - 230: Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.
  - 540: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PAPER-INSULATED METAL-SHEATHED CABLES FOR RATED VOLTAGES UP TO 18/30 kV (WITH COPPER OR ALUMINIUM CONDUCTORS AND EXCLUDING GAS-PRESSURE AND OIL-FILLED CABLES)**

**Part 1: Tests**

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 20A, High-Voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20, Electric Cables.

Publication 55 was formerly entitled "Tests on Impregnated Paper-insulated Metal-sheathed Cables" and was published in two parts, Part 1: Cables for Alternating Voltages from 10 kV up to and Including 66 kV (Excluding Gas-pressure, Oil-filled and Non-draining Cables), and Part 2: Non-draining Cables for Alternating Voltages from 10 kV up to and Including 33 kV (Excluding Gas-pressure Cables).

It was decided to prepare a revision as a complete product specification: Paper-insulated Metal-sheathed Cables for Rated Voltages up to 18/30 kV (With Copper or Aluminium Conductors and Excluding Gas-pressure and Oil-filled Cables). Because of difficulties in reaching substantial agreement on the construction requirements, it was agreed, at the meeting of Sub-Committee 20A held in Oslo in 1976, to prepare "Tests" separately as Part 1, with the intention of completing Part 2: General and Construction, subsequently.

A draft, Document 20A(Central Office)59, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Israel	Sweden
Austria	Italy	Switzerland
Belgium	Japan	Turkey
Czechoslovakia	Korea (Republic of)	Union of Soviet
Denmark	Norway	Socialist Republics
Egypt	Portugal	United States of America
Finland	Romania	Yugoslavia
France	South Africa (Republic of)	
Germany	Spain	

*Other I E C publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 38: I E C Standard Voltages.
- 71-1: Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules.
  - 183: Guide to the Selection of High-voltage Cables.
  - 228: Nominal Cross-sectional Areas and Composition of Conductors of Insulated Cables.
  - 230: Impulse Tests on Cables and their Accessories.
  - 540: Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds).

# CÂBLES ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ SOUS GAINÉ MÉTALLIQUE POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES INFÉRIEURES OU ÉGALES À 18/30 kV (AVEC ÂMES CONDUCTRICES EN CUIVRE OU ALUMINIUM ET À L'EXCLUSION DES CÂBLES À PRESSION DE GAZ ET À HUILE FLUIDE)

## Première partie : Essais

### SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

#### 1. Domaine d'application

La présente norme spécifie les essais pour câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique (à l'exclusion des câbles à pression de gaz et à huile fluide) dont la tension assignée ( $U_0/U$ ) est comprise entre 0,6/1 et 18/30 kV.

Elle exclut les câbles sous-marins et les câbles pour usages spéciaux.

*Note.* — Les exigences relatives à la construction seront données dans la deuxième partie qui est à l'étude.

#### 2. Définitions

Les définitions suivantes ont été adoptées pour la présente norme.

##### 2.1 Tensions assignées

$U_0$  — Tension assignée à fréquence industrielle entre conducteur et écran ou gaine métallique pour laquelle le câble est établi.

$U$  — Tension assignée à fréquence industrielle entre conducteurs de phase pour laquelle le câble est établi.

##### 2.2 Tensions les plus élevées pour le matériel $U_m$

Les tensions les plus élevées pour le matériel  $U_m$  sont indiquées dans le tableau suivant. Toutes les valeurs, sauf celle de 1,2 kV, proviennent des systèmes de la série I de la :

Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI (tableau III); et de la

Publication 71-1 de la CEI: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles (tableau I).

Tensions assignées des câbles $U_0/U$ (kV)	Tensions les plus élevées pour le matériel $U_m$ (kV)
0,6/1	(1,2)
1,8/3 et 3/3	3,6
3,6/6 et 6/6	7,2
6/10 et 8,7/10	12
8,7/15	17,15
12/20	24
18/30	36

# PAPER-INSULATED METAL-SHEATHED CABLES FOR RATED VOLTAGES UP TO 18/30 kV (WITH COPPER OR ALUMINIUM CONDUCTORS AND EXCLUDING GAS-PRESSURE AND OIL-FILLED CABLES)

## Part 1: Tests

### SECTION ONE — GENERAL

#### 1. Scope

This standard specifies tests for impregnated paper-insulated metal-sheathed cables (excluding gas-pressure and oil-filled cables) having rated voltages  $U_0/U$  from 0.6/1 to 18/30 kV.

It does not include submarine cables and cables for special purposes.

*Note.* — Construction requirements will be given in Part 2, which is under consideration.

#### 2. Definitions

For the purpose of this standard, the following definitions have been adopted:

##### 2.1 Rated voltages

$U_0$  — The rated power-frequency voltage between conductor and screen or metallic sheath for which the cable is designed.

$U$  — The rated power-frequency voltage between phase conductors for which the cable is designed.

##### 2.2 Highest voltage for equipment $U_m$

The highest voltages for equipment  $U_m$  are given in the following table. All but the value of 1.2 kV are taken from the Series I systems of:

IEC Publication 38, IEC Standard Voltages (Table III);

IEC Publication 71-1, Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules (Table 1).

Rated voltages of cables $U_0/U$ (kV)	Highest voltages for equipment $U_m$ (kV)
0.6/1	(1.2)
1.8/3 and 3/3	3.6
3.6/6 and 6/6	7.2
6/10 and 8.7/10	12
8.7/15	17.5
12/20	24
18/30	36

### 2.3 *Durée des défauts à la terre*

1<sup>re</sup> catégorie — Durée de chaque défaut à la terre inférieure à 8 h, durée totale pour une année inférieure à 125 h.

2<sup>e</sup> catégorie — Toutes durées dépassant la première catégorie.

### 2.4 *Valeur assignée*

Valeur prescrite, qui doit être garantie par le fabricant, et qui est toujours associée à des tolérances définies.

### 2.5 *Valeur approximative*

Valeur qui n'est ni garantie, ni vérifiée; elle est utilisée, par exemple, pour le calcul d'autres dimensions.

### 2.6 *Valeurs mesurées*

Valeurs résultant de mesures ou d'essais exécutés selon des méthodes spécifiées.

## SECTION DEUX — CONDITIONS D'ESSAI

### 3. **Fréquence et forme d'onde des tensions d'essais alternatives**

La fréquence des tensions d'essais alternatives doit être comprise entre 49 Hz et 61 Hz. Leur forme d'onde doit être sensiblement sinusoïdale.

### 4. **Forme d'onde des tensions d'essais de choc**

La forme d'onde doit être conforme aux prescriptions de la Publication 230 de la CEI: Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.

### 5. **Température ambiante**

Sauf indication contraire pour un essai particulier, les essais doivent s'effectuer à une température ambiante comprise entre 5 °C et 35 °C.

## SECTION TROIS — CATÉGORIES ET FRÉQUENCE DES ESSAIS

### 6. **Essais individuels**

Les essais individuels (voir la section quatre), effectués par le fabricant sur la totalité des longueurs de câbles terminés, sont destinés à vérifier le bon état de la fourniture. Par accord entre l'acheteur et le fabricant, il peut être prévu de renoncer à tout ou partie de ces essais.

### 7. **Essais spéciaux**

Si l'acheteur le demande lors de la commande, les essais particuliers précisés à la section cinq doivent être effectués par le constructeur sur un nombre convenu d'échantillons de câbles finis ou de composants prélevés sur des câbles finis, pour vérifier la conformité du produit fini avec la spécification correspondante.

### 2.3 *Earth fault duration*

Category 1 — Each earth fault up to 8 h, total duration per year up to 125 h.

Category 2 — All durations exceeding Category 1.

### 2.4 *Rated values*

Values specified always in connection with a specified tolerance which have to be guaranteed by the manufacturer.

### 2.5 *Approximate values*

A value which is neither guaranteed nor checked; it is used, for example, for the calculation of other dimensional values.

### 2.6 *Measured values*

Values resulting from measurements or tests, carried out according to specified methods.

## SECTION TWO — TEST CONDITIONS

### 3. **Frequency and waveform of power-frequency test voltages**

The frequency of alternating test voltages shall be not less than 49 Hz and not more than 61 Hz. The waveform of such voltages shall be substantially sinusoidal.

### 4. **Waveform of impulse test voltages**

The waveform shall be in accordance with IEC Publication 230, Impulse Tests on Cables and Their Accessories.

### 5. **Ambient temperature**

The tests shall be made at an ambient temperature between 5 °C and 35 °C, unless otherwise specified for the particular test.

## SECTION THREE — CATEGORIES AND FREQUENCY OF TESTS

### 6. **Routine tests**

Routine tests (see Section Four) are made by the manufacturer on all finished cable lengths, to demonstrate the integrity of the cable. By agreement between the purchaser and the manufacturer, the routine tests may be wholly or partly omitted on the delivery lengths.

### 7. **Special tests**

When requested by the purchaser at the time of ordering, the special tests detailed in Section Five shall be made by the manufacturer on an agreed number of samples of completed cables or components taken from completed cables to verify that the finished product meets the design specification.

Pour la mesure des dimensions, le nombre d'échantillons ne doit pas excéder 10% du nombre de longueurs précisé dans le contrat.

Pour l'essai mécanique et l'essai de migration, le nombre d'échantillons ne doit pas être supérieur aux valeurs indiquées dans le tableau qui suit:

Longueur de câbles				Nombre d'échantillons pour câbles de tension $U_0$	
Câbles multipolaires		Câbles unipolaires			
Supérieure à (km)	Inférieure ou égale à (km)	Supérieure à (km)	Inférieure ou égale à (km)	< 8,7 kV	≥ 8,7 kV
2	10	4	20	0	1
10	20	20	40	1	2
20	30	40	60	2	3
	etc.		etc.		etc.

**8. Essais de type**

Ces essais sont effectués par le fabricant, au cours de la période initiale de mise au point d'un nouveau type d'isolation ou de constitution de câble, en vue d'en déterminer les caractéristiques de service. Ces essais sont d'une nature telle qu'une fois qu'ils ont été exécutés, ils n'ont pas à être répétés, à moins qu'il n'ait été apporté, au matériau isolant ou à la constitution des câbles, des modifications de nature à changer leurs caractéristiques de service.

**9. Essais après pose**

Sont exécutés pour vérifier le bon état du câble et des accessoires après l'installation.

**SECTION QUATRE — ESSAIS INDIVIDUELS**

**10. Résistance électrique des conducteurs**

a) Pour les câbles multipolaires, la mesure doit être faite sur tous les conducteurs de chaque longueur de câble choisie pour les essais individuels.

b) La longueur de câble complète ou l'échantillon prélevé sur elle sont placés dans le local d'essai, maintenu à température sensiblement constante, pendant au moins 12 h avant l'essai.

Si l'on doute que la température du conducteur soit égale à celle du local, on mesure la résistance après séjour de 24 h du câble dans le local d'essai. En variante, la résistance peut être mesurée sur un échantillon court du conducteur, conditionné pendant 1 h au moins dans un bain d'huile à température réglée à température constante.

La valeur mesurée sera ramenée à la résistance de 1 km de câble et à une température de 20 °C au moyen des formules appropriées et des coefficients indiqués à l'article 5 de la Publication 228 de la CEI: Sections nominales et composition des âmes des conducteurs et câbles isolés.

c) La résistance de chaque conducteur en courant continu à 20 °C doit être conforme aux tableaux I et II de la Publication 228 de la CEI.

For measurement of dimensions, the number of samples shall not exceed 10% of the number of lengths in the contract.

For the mechanical test and drainage test, the number of samples shall be not greater than shown in the following table:

Cable length				Number of samples for cables with voltage $U_0$	
Multicore cables		Single-core cables		< 8.7 kV	≥ 8.7 kV
Above (km)	Up to and including (km)	Above (km)	Up to and including (km)		
2	10	4	20	0	1
10	20	20	40	1	2
20	30	40	60	2	3
and so on		and so on		and so on	

8. **Type tests**

Type tests are made by the manufacturer during the initial phase of developing a new grade of insulation or cable design, in order to establish performance characteristics. These tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated unless changes are made in either the insulating material or the cable design, thus altering the performance characteristics.

9. **Tests after installation**

Tests after installation are made to demonstrate the integrity of the cable and its accessories as installed.

SECTION FOUR — ROUTINE TESTS

10. **Electrical resistance of conductors**

- a) For multicore cables, the measurement shall be made on all conductors of each cable length selected for the routine tests.
- b) The complete cable length, or a sample therefrom, shall be placed in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature, for at least 12 h before the test.

If it is doubtful whether the conductor temperature is the same as the room temperature, the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. Alternatively, the resistance shall be measured on a short sample of conductor, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled oil bath at constant temperature.

The measured value of resistance shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km length by using the appropriate formulae and factors in IEC Publication 228, Nominal Cross-sectional Areas and Composition of Conductors of Insulated Cables, Clause 5.

- c) The d.c. resistance of each conductor at 20 °C shall comply with IEC Publication 228, Tables I and II.

## 11. Essais diélectriques

### 11.1 Câbles à champ radial

Cet essai consiste à appliquer une tension à fréquence industrielle, durant 5 min, entre chaque conducteur et l'écran ou la gaine. La tension d'essai est la suivante :

- $2,5 U_0 + 2 \text{ kV}$  pour les câbles jusqu'à 3,6 kV/6 kV y compris; et
- $2,5 U_0$  pour les câbles de tension 6/10 kV et au-dessus.

La tension doit être élevée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolant.

Par accord entre l'acheteur et le fabricant, cet essai peut également être effectué avec une tension continue, de valeur 2,4 fois plus élevée que la tension alternative, et une durée de 5 min.

### 11.2 Câbles à champ non radial

L'essai peut être effectué, soit sous tension triphasée, soit sous forme d'essais monophasés successifs comme décrits ci-dessous. La tension est élevée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolant.

#### 11.2.1 Essai triphasé (pour câbles tripolaires uniquement)

La tension est appliquée aux conducteurs à l'aide d'un transformateur triphasé, dont le neutre est raccordé à la gaine métallique du câble.

Les tensions d'essai entre phases sont :

- $2,5 U + 2 \text{ kV}$  pour câbles jusqu'à 6/6 kV; et
- $2,5 U$  pour les câbles de 6/10 kV et au-dessus.

La durée de l'essai est de 5 min.

Pour des câbles de tensions assignées de 3/3, 6/6 et 8,7/10 kV, un essai complémentaire doit être exécuté. Il consiste à appliquer une tension monophasée entre l'ensemble des conducteurs d'une part et la gaine métallique d'autre part. Pour cet essai, la tension sera la valeur spécifiée au paragraphe 11.2.2 et sa durée d'application de 5 min.

#### 11.2.2 Essai monophasé

Des essais monophasés successifs doivent être effectués de telle manière qu'il y ait, durant 5 min' entre chaque conducteur et l'ensemble des autres raccordés à la gaine métallique, application d'une tension égale à :

$$\left(2,5 \times \frac{U_0 + U}{2}\right) + 2 \text{ kV pour câbles jusqu'à 6/6 kV; et}$$

$$2,5 \times \frac{U_0 + U}{2} \text{ pour câbles de 6/10 kV et au-dessus.}$$

Par accord entre l'acheteur et le fabricant, cet essai peut également être effectué avec une tension continue, de valeur 2,4 fois plus élevée que la tension alternative, et une durée de 5 min pour chaque application.

## 11. High-voltage tests

### 11.1 Radial-field cables

This test shall be made with a power-frequency test voltage applied for 5 min between each conductor and sheath or screen. The test voltage shall be:

- $2.5 U_0 + 2$  kV for cables rated up to 3.6/6 kV; and
- $2.5 U_0$  for cables rated 6/10 kV and above.

The voltage shall be gradually increased to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

Alternatively, by agreement between the purchaser and the manufacturer, the test may be made with direct current, the applied voltage being 2.4 times the power-frequency test voltage and the duration of the test 5 min.

### 11.2 Non-radial-field cables

This test may be made either as a three-phase test or as a series of single-phase tests as described below. The voltage shall be increased gradually to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

#### 11.2.1 Three-phase test (for three-core cables only)

The test voltage is applied by a three-phase transformer to the conductors, whilst the neutral point of the transformer is connected to the metallic sheath.

The test voltage between phases shall be:

- $2.5 U + 2$  kV for cables rated up to 6/6 kV, and
- $2.5 U$  for cables rated 6/10 kV and above.

The duration shall be 5 min.

For cables with rated voltages 3/3, 6/6 and 8.7/10 kV, an additional test shall be made, applying a single-phase voltage between the conductors connected together and the sheath. The test voltage for the additional test shall be the voltage specified in Sub-clause 11.2.2 and its duration 5 min.

#### 11.2.2 Single-phase test

A series of single-phase tests shall be made in such a way that a test voltage equal to:

$$\left(2.5 \times \frac{U_0 + U}{2}\right) + 2 \text{ kV for cables rated up to 6/6 kV; and}$$
$$2.5 \times \frac{U_0 + U}{2} \text{ for cables rated 6/10 kV and above,}$$

is applied for 5 min in turn between each conductor and the other conductors connected together and to the metallic sheath.

Alternatively, by agreement between the purchaser and the manufacturer, the test may be made with direct current, the applied voltage being equal to 2.4 times the alternating test voltage and the duration of each application being 5 min.

## 12. Mesure du facteur de pertes diélectriques

La mesure du facteur de pertes n'est faite que sur les câbles à champ radial de tension assignée  $U_0$  égale ou supérieure à 8,7 kV.

Sur les câbles à imprégnation non migrante, cette mesure doit être effectuée avant l'essai diélectrique de l'article 11.

La mesure du facteur de pertes est faite à la température ambiante dans les conditions ci-après. Si la température est inférieure à 20 °C, les résultats seront ramenés à 20 °C, soit en retirant de la valeur mesurée 2% de celle-ci par degré Celsius de la différence entre la température d'essai et 20 °C, soit par l'emploi d'une courbe de correction appropriée à l'isolant, si cette courbe a fait l'objet d'un accord entre acheteur et fabricant. Aucune correction n'est faite si la température d'essai est égale ou supérieure à 20 °C.

Les mesures sont faites sous une tension de 0,5  $U_0$ , 1,25  $U_0$  et 2,0  $U_0$  entre chaque conducteur et l'écran ou la gaine métallique.

La valeur du facteur de pertes diélectriques, pour la tension 0,5  $U_0$ , ne doit pas dépasser 0,006.

L'augmentation maximale admissible du facteur de pertes avec la tension est la suivante:

	Câbles à champ radial			
	Imprégnation à masse		Imprégnation non migrante	
	$U \leq 15$ kV	$U > 15$ kV	$U \leq 15$ kV	$U > 15$ kV
Entre 0,5 et 1,25 fois $U_0$	0,0010	0,0008	0,0050	0,0040
Entre 1,25 et 2,0 fois $U_0$	0,0025	0,0016	0,0100	0,0080

## SECTION CINQ — ESSAIS SPÉCIAUX

### 13. Mesures d'épaisseurs

#### 13.1 Mesure de l'épaisseur d'isolant

L'épaisseur d'isolant est déterminée sur un spécimen prélevé à une extrémité de chacune des longueurs choisies comme indiqué à l'article 7. Il est possible d'employer l'une ou l'autre des méthodes ci-dessous, mais en cas de contestation sur des câbles au-dessous de 18/30 kV, la méthode du micromètre à cadran sera considérée comme méthode de référence. L'épaisseur mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur minimale spécifiée.

##### 13.1.1 Méthode du ruban à métrer

Le spécimen est désassemblé jusqu'à ce que les conducteurs soient dépouillés de leurs rubans d'écran sur isolation. Le diamètre sur isolant dans cet état est mesuré au moyen d'un ruban à métrer à 50 mm et 100 mm de l'extrémité de chaque conducteur.

La précision et les graduations du ruban à métrer doivent permettre de mesurer une différence de diamètre de 0,5 mm.

**12. Power factor test**

The power factor test shall only be made on radial-field cables having a rated voltage  $U_0$  equal to or greater than 8.7 kV.

For non-draining cables, this test shall be made before the high-voltage test specified in Clause 11.

The power factor of the insulation shall be measured at ambient temperature, as described below. If the measurements are made at a temperature below 20 °C, the results shall be corrected to 20 °C, either by subtracting from the measured value 2% of this value per degree Celsius of the difference between the test temperature and 20 °C, or by the use of a correction curve appropriate to the insulant, if agreement on such a curve has been reached between the purchaser and the manufacturer. No correction shall be made if the test temperature is 20 °C or greater.

The test shall be made at 0.5  $U_0$ , 1.25  $U_0$  and 2.0  $U_0$  between each conductor and screen or metallic sheath.

The value of power factor of dielectric loss, at 0.5  $U_0$ , shall not exceed 0.006.

The maximum permissible rise of power factor with voltage is as follows:

	Radial-field cables			
	Mass-impregnated		Non-draining cables	
	$U \leq 15$ kV	$U > 15$ kV	$U \leq 15$ kV	$U > 15$ kV
Between 0.5 and 1.25 times the rated voltage $U_0$	0.0010	0.0008	0.0050	0.0040
Between 1.25 and 2.0 times the rated voltage $U_0$	0.0025	0.0016	0.0100	0.0080

**SECTION FIVE — SPECIAL TESTS**

**13. Measurements of thicknesses**

**13.1 Measurement of thickness of insulation**

The thickness of the insulation shall be determined on a sample taken from one end of each of the finished cable lengths selected as described in Clause 7. Either of the following methods may be used, but in case of dispute for cables below 18/30 kV, the deadweight micrometer method shall be used. The thickness shall not fall below the minimum value specified.

**13.1.1 Diameter tape method**

The samples shall be dismantled until the cores are available with dielectric screening tapes removed. The diameters of the cores, in this state, shall be measured by means of a diameter measuring tape at 50 mm and 100 mm from the end of each piece of core.

The accuracy and the scale division of the measuring tape shall be such that it will be possible to measure a diameter difference of 0.5 mm.

L'isolant doit alors être dépouillé pour mettre à nu les écrans sur les âmes conductrices, s'il y a des écrans, ou les âmes conductrices, s'il n'y a pas d'écrans, et les diamètres sur ces écrans ou sur les âmes, selon le cas, doivent être mesurés à l'aide du ruban à métrer. L'épaisseur d'isolant en chaque emplacement de mesure est calculée comme la demi-différence des deux diamètres mesurés à cet emplacement.

#### 13.1.2 *Méthode du micromètre à cadran*

L'ensemble des papiers isolants est retiré de l'échantillon du conducteur et maintenu en liasse sans enlèvement d'imprégnant, puis mesuré en épaisseur totale à l'aide d'un micromètre à cadran ayant les caractéristiques ci-après. Si c'est nécessaire pour la mesure, on peut séparer l'isolation en plusieurs parties.

Le micromètre doit avoir une précision d'au moins  $\pm 0,006$  mm.

Le diamètre de la touche de pression doit être compris entre 6 mm et 8 mm. La pression appliquée doit être  $350 \text{ kN/m}^2 \pm 5\%$ . Les faces en regard doivent être planes, concentriques et parallèles à moins de 0,003 mm dans la plage de déplacement.

#### 13.2 *Mesure d'épaisseur de la gaine de plomb*

L'épaisseur de la gaine de plomb est déterminée par l'une des deux méthodes suivantes, au choix du fabricant et l'épaisseur ne doit pas être inférieure à la valeur minimum spécifiée.

##### 13.2.1 *Méthode « à plat »*

La mesure est faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, retiré d'une longueur de câble terminée choisie comme indiqué à l'article 7.

L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement redressé. Après nettoyage, l'épaisseur de l'échantillon est mesurée en un certain nombre de points, le long de la périphérie, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée, pour être sûr que l'épaisseur minimale est mesurée. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches comprises entre 4 mm et 8 mm de diamètre de précision  $\pm 0,01$  mm.

##### 13.2.2 *Méthode de l'anneau*

Les mesures sont prises sur un anneau soigneusement prélevé sur le câble. L'épaisseur est mesurée en un nombre de points suffisant sur la périphérie de l'anneau, pour être sûr d'obtenir la valeur minimale. Les mesures sont faites à l'aide d'un micromètre ayant une touche plane et une touche sphérique, ou une touche plane et une touche plane rectangulaire de 0,8 mm de largeur et de 2,4 mm de longueur. La touche sphérique ou rectangulaire doit être appliquée sur la face intérieure de l'anneau. La précision du micromètre doit être de  $\pm 0,01$  mm.

#### 13.3 *Mesure d'épaisseur des gaines non métalliques*

La mesure est faite conformément aux prescriptions du paragraphe 4.2 de la Publication 540 de la CEI: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

#### 13.4 *Mesure d'épaisseur des feuillards d'acier*

La mesure est faite à mi-largeur sur les feuillards jusqu'à 40 mm de large, à 20 mm de chaque bord sur les feuillards de largeur supérieure.

The insulation shall then be removed to reveal the conductor screens if present, or the conductors if there are no conductor screens, and the diameters over the conductor screens or the conductors, as appropriate, shall be measured with the diameter measuring tape. The insulation thickness at each point of measurement shall be calculated by halving the difference of the two diameters measured at that position.

#### 13.1.2 *Deadweight micrometer method*

The individual insulating paper tapes removed from the sample shall be bunched together without removal of surplus compound and then measured to their total thickness by a deadweight (dial) micrometer having the characteristics given below. If necessary, the insulation may be separated into a few groups to obtain a satisfactory measurement.

The micrometer shall have an accuracy of not less than  $\pm 0.006$  mm.

The pressure foot shall have a diameter of not less than 6 mm and not more than 8 mm. The pressure applied shall be  $350 \text{ kN/m}^2 \pm 5\%$ . The faces shall be flat, concentric and parallel to within 0.003 mm over the range of travel.

#### 13.2 *Measurement of thickness of lead sheath*

The thickness of the lead sheath shall be determined by one of the following methods, at the discretion of the manufacturer, and shall not fall below the minimum value specified.

##### 13.2.1 *Strip method*

The thickness of the lead sheath shall be determined on a test piece of sheath, about 50 mm in length, removed from the finished cable length selected as described in Clause 7.

The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. After cleaning the test piece, a number of measurements shall be taken along the circumference of the sheath and not less than 10 mm away from the edge of the flattened piece to ensure that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made by a micrometer with plane faces of 4 mm to 8 mm diameter and an accuracy of  $\pm 0.01$  mm.

##### 13.2.2 *Ring method*

The measurements shall be taken on a ring carefully cut from the sample. The thickness of the sheath shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring sample to ensure that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made with a micrometer having either one flat nose and one ball nose or one flat nose and a flat rectangular nose 0.8 mm wide and 2.4 mm long. The ball nose or the flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be  $\pm 0.01$  mm.

#### 13.3 *Measurement of thickness of non-metallic sheath*

The thickness of the non-metallic sheath shall be measured as described in Sub-clause 4.2 of IEC Publication 540, Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds).

#### 13.4 *Measurement of thickness of steel tapes*

In the case of tapes up to 40 mm in width, the measurement shall be made at the centre. In the case of wider tapes, the measurement shall be made 20 mm from each edge of the tape.

13.5 *Mesure du diamètre des fils d'acier ronds, et de l'épaisseur des fils d'acier méplats*

Le diamètre des fils d'acier ronds et l'épaisseur des fils d'acier méplats sont mesurés à l'aide d'un micromètre.

14. **Essais mécaniques**

14.1 *Essai de pliage*

L'essai de pliage, sauf accord particulier entre l'acheteur et le fabricant, est effectué à une température comprise entre 10 °C et 25 °C, sur un tronçon de câble de longueur suffisante pour former au moins un tour complet autour du cylindre d'essai.

Le diamètre du cylindre est le suivant:

Tensions assignées $U_0/U$ (kV)		Jusqu'à et y compris 8,7/10	8,7/15 - 12/20	18/30
Diamètres de pliage (tolérance +5%)	Câbles unipolaires	18 ( $D + d$ )	21 ( $D + d$ )	25 ( $D + d$ )
	Câbles multipolaires	15 ( $D + d$ )	18 ( $D + d$ )	21 ( $D + d$ )
	Câbles triplombs	15 (2,15 $D + d$ )	15 (2,15 $D + d$ )	18 (2,15 $D + d$ )

Où:

$D$  = diamètre mesuré sur gaine de plomb

$d$  = diamètre mesuré sur le (plus gros) conducteur (sur conducteurs non circulaires,  $d = 1/3,14$  fois le périmètre mesuré)

Le tronçon de câble est enroulé autour du cylindre d'essai à vitesse constante jusqu'à former un tour complet. Il est alors déroulé et l'opération recommencée dans la direction opposée. Ce cycle d'opérations est effectué trois fois.

14.2 *Essai diélectrique*

Après achèvement des opérations ci-dessus, le tronçon de câble doit supporter pendant 5 min une tension d'essai alternative, appliquée comme prévu à l'article 11 avec les valeurs suivantes:

- pour le câble de tension assignée  $U_0$  dépassant 3,6 kV, la tension prescrite à l'article 11 multipliée par 1,6;
- pour les câbles de tension assignée inférieure ou égale à 3,6 kV, la tension prescrite à l'article 11.

Par accord entre l'acheteur et le fabricant, cet essai peut également être effectué avec une tension continue de valeur égale à celle de la tension alternative multipliée par 2,4, et d'une durée de 5 min.

*Note.* — Il est recommandé de respecter en cours d'installation des câbles des rayons de courbure au moins égaux au diamètre de l'essai de pliage spécifié. Si les câbles doivent être tirés en fourreaux dans des conditions difficiles, ou si la température en cours de pose peut être assez basse pour rendre fragile l'isolant des câbles, des essais mécaniques peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

14.3 *Examen de la gaine, de l'armure et des revêtements de protection*

Après l'essai diélectrique du paragraphe 14.2, un échantillon de 300 mm est prélevé dans la partie centrale du tronçon de câble, puis dépouillé et examiné. Le revêtement ou la gaine extérieure doit

13.5 *Measurement of diameters of round steel wires and of thicknesses of flat steel wires*

The diameters of round steel wires and the thicknesses of flat steel wires shall be measured by means of a micrometer.

14. **Mechanical tests**

14.1 *Bending test*

The bending test shall be made at a temperature between 10 °C and 25 °C, unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, on a sample of cable of sufficient length to provide at least one complete turn around the test cylinder.

The diameter of the test cylinder shall be as follows:

Rated voltages $U_0/U$ (kV)		Up to and including 8.7/10	8.7/15 - 12/20	18/30
Bending diameters (with +5% tolerance)	Single-core cables	18 ( $D + d$ )	21 ( $D + d$ )	25 ( $D + d$ )
	Multicore cables	15 ( $D + d$ )	18 ( $D + d$ )	21 ( $D + d$ )
	three-core with a lead sheath on each core	15 ( $2.15 D + d$ )	15 ( $2.15 D + d$ )	18 ( $2.15 D + d$ )

Where:

$D$  = measured diameter on the lead sheath

$d$  = measured diameter on the (largest) conductor (for non-circular conductors,  $d = 1/3.14$  times the measured perimeter)

The sample of cable shall be bent around the test cylinder at a uniform speed to make one complete turn. It shall then be unwound and the process shall be repeated in the opposite direction. This cycle of operations shall be performed three times.

14.2 *Electrical test*

After the above cycle of operations has been completed, the sample of cable shall withstand for 5 min an alternating test voltage, applied as described in Clause 11, with the following values:

- for cables with rated voltage  $U_0$  greater than 3.6 kV, 1.6 times the test voltage prescribed in Clause 11.
- for cables with rated voltage  $U_0$  up to and including 3.6 kV, the test voltage prescribed in Clause 11.

Alternatively, by agreement between the purchaser and the manufacturer, the test may be made with direct current, the applied voltage being equal to 2.4 times the alternating test voltage and the duration of each application being 5 min.

*Note.* — It is recommended that the minimum bending radius during installation should be not less than the bending diameter specified for the test. Where the cable is to be drawn into ducts under difficult conditions, or where the temperature may be so low as to make the insulation brittle, special mechanical tests may be included after agreement between manufacturer and user.

14.3 *Examination of sheath, armour and protective coverings*

After the voltage test of Sub-clause 14.2, a specimen 300 mm in length taken from the middle of the sample which has been tested, shall be stripped and examined. The serving or oversheath shall

être exempt de fissures, l'armure ne doit pas être sensiblement déplacée, la gaine de plomb ou d'alliage de plomb ne doit comporter ni fissure ni déchirure.

**15. Essai de migration (pour câbles à imprégnation non migrante)**

Un échantillon de câble, de longueur comprise entre 290 mm et 300 mm, comportant sa gaine métallique, est coupé sur la longueur choisie.

Cet échantillon non scellé est suspendu verticalement dans une étuve à une température égale à la température maximale admissible en service permanent, avec une tolérance de  $\pm 2$  °C.

Après une période de 8 h, la quantité d'imprégnant qui s'est écoulée est mesurée; son volume ne doit pas dépasser 1,5% du volume compris à l'intérieur de la gaine de l'échantillon.

**16. Répétition des mesures**

Si l'une quelconque des mesures prévues dans cette section n'est pas conforme, deux nouveaux échantillons doivent être prélevés sur le même lot de câbles et soumis à la mesure ou aux mesures défectueuses. Si les deux contre-essais sont satisfaisants, l'ensemble des câbles du lot doit être considéré conforme aux prescriptions de cette norme. Si l'un ou l'autre des contre-essais est à nouveau défectueux, le lot de câbles doit être considéré comme non conforme. Le prélèvement et la mesure de nouveaux échantillons sont alors matière à négociation.

SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE

**17. Généralités**

Les essais suivants sont des essais de type:

- a) essai pertes/température (article 18);
- b) essai diélectrique en alternatif (paragraphe 19.1);
- c) essai de choc (paragraphe 19.2);
- d) essai de migration pour câbles non migrants seulement (article 20);
- e) essai non électrique des gaines extérieures non métalliques (article 21).

Le fabricant peut choisir d'effectuer sur un même tronçon de câble plusieurs des essais a), b), et c). Cependant, si un défaut se produit au cours d'un essai autre que le premier, cet essai devra être répété sur un nouveau tronçon du même câble, le résultat de ce nouvel essai étant seul pris en considération pour le jugement final des résultats.

Dans les câbles tripolaires, un seul conducteur doit être soumis aux essais a), b) et c).

**18. Mesure des pertes en fonction de la température**

Cet essai n'est applicable qu'aux câbles à champ radial de tension assignée  $U_0$  égale ou supérieure à 8,7 kV. La longueur du tronçon d'essai sous gaine métallique doit être de 4 m au moins. Le facteur de pertes de l'isolant est mesuré sous la tension  $U_0$  à quatre températures au moins, par exemple:

- a) à température ambiante;
- b) à environ 40 °C;