

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 55-1

Troisième édition — Third edition

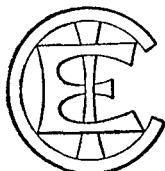
1965

Essais des câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique

**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)**

Tests on impregnated paper insulated metal-sheathed cables

**Part 1: Cables for alternating voltages from 10 kV up to and including 66 kV
(excluding gas-pressure, oil-filled and non-draining cables)**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60065-1:1965

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 55-1

Troisième édition — Third edition

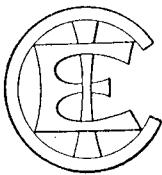
1965

Essais des câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique

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 imprégner non migrante)

Tests on impregnated paper insulated metal-sheathed cables

Part 1: Cables for alternating voltages from 10 kV up to and including 66 kV
(excluding gas-pressure, oil-filled and non-draining cables)



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Désignation de la tension	6
4. Conditions d'essais	6
5. Caractéristiques	8
6. Catégories d'essais	8

SECTION DEUX — ESSAIS INDIVIDUELS

7. Généralités	10
8. Mesure de la résistance du conducteur	10
9. Essai diélectrique	10
10. Mesure du facteur de pertes	12

SECTION TROIS — ESSAIS SPÉCIAUX

11. Généralités	14
12. Essai mécanique	14
13. Mesure du facteur de pertes à différentes températures	18
14. Essai diélectrique de sécurité	20

SECTION QUATRE — ESSAI APRÈS POSE

15. Essai diélectrique	22
----------------------------------	----

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Voltage designation	7
4. Test conditions	7
5. Characteristics	9
6. Categories of tests	9

SECTION TWO — ROUTINE TESTS

7. General	11
8. Conductor resistance test	11
9. High-voltage test	11
10. Power-factor test	13

SECTION THREE — SPECIAL TESTS

11. General	15
12. Mechanical test	15
13. Power-factor/temperature test	19
14. Dielectric security test	21

SECTION FOUR — TEST AFTER INSTALLATION

15. High-voltage test	23
---------------------------------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DES CÂBLES ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ
SOUS Gaine MÉTALLIQUE**

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)

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 20A : Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes № 20 : Câbles électriques.

Cette recommandation représente la première partie de la publication complète sur les essais des câbles isolés au papier imprégné. Les câbles à imprégnation non migrante sont traités dans la deuxième partie. Des recommandations pour les essais des câbles à huile fluide et à pression de gaz sont données dans les Publications 141-1, 141-2 et 141-3 de la C E I.

Des projets furent discutés aux réunions de Milan en 1959 et d'Interlaken en 1961. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1962.

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

Allemagne	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Chine	Suède
Danemark	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	

Le Comité national des Etats-Unis a voté contre la publication de la première partie, les tensions d'essai étant prescrites en fonction de la tension nominale et non directement en fonction de l'épaisseur de l'isolation (articles 9, 10 et 14). Une autre objection réside dans le fait que le paragraphe 12.4 indique que l'examen de l'isolation est effectué uniquement à titre d'information, alors qu'aux Etats-Unis, la conformité à cette prescription est obligatoire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TESTS
ON IMPREGNATED PAPER INSULATED METAL-SHEATHED CABLES

Part 1: Cables for alternating voltages from 10 kV up to and including 66 kV
(excluding gas-pressure, oil-filled and non-draining cables)

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

PREFACE

This Recommendation was prepared by Sub-Committee 20A, High-Voltage Cables, of Technical Committee No. 20, Electric Cables.

This Recommendation forms Part 1 of the complete Publication on tests on impregnated paper insulated cables. Non-draining cables are dealt with in Part 2. Recommendations for tests on gas-pressure and oil-filled cables are given in IEC Publications 141-1, 141-2 and 141-3.

Drafts were discussed in Milan in 1959 and in Interlaken in 1961. As a result of this latter meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1962.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 1:

Austria	Italy
Belgium	Japan
Canada	Norway
China	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	

The United States National Committee voted against approval of Part 1, owing to the test voltages being specified as a percentage of the rated voltages instead of being related directly to insulation thickness (Clauses 9, 10 and 14). A further objection is to Sub-clause 12.4 which calls for the examination of insulation for information only, whereas in the United States compliance with this requirement is mandatory.

ESSAIS DES CÂBLES ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ SOUS Gaine MÉTALLIQUE

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)

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux essais des câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique (à l'exclusion des câbles à pression de gaz, des câbles à remplissage d'huile et des câbles à imprégnation non migrante) destinés à être utilisés dans des réseaux de tension nominale entre phases de 10 kV à 66 kV inclus.

2. Définitions

Les définitions suivantes ont été adoptées pour l'application de la présente recommandation :

E_o — Tension spécifiée à fréquence industrielle entre conducteur et gaine pour laquelle le câble est établi.

E — Tension spécifiée à fréquence industrielle entre conducteurs pour laquelle le câble est établi.

U — Tension nominale du réseau dans lequel le câble est destiné à être utilisé.

Note. — Sauf spécification contraire, il est admis que $E = U$, mais, en aucun cas, E ne doit être inférieure à U .

3. Désignation de la tension

Les câbles doivent être désignés par la tension spécifiée entre conducteurs et gaine E_o et par la tension spécifiée entre conducteurs E , toutes deux en kilovolts, par exemple : 6/10 ou 8/10.

Notes: 1) — Sauf accord contraire entre l'acheteur et le fabricant, lorsqu'une installation de câble doit être utilisée dans un réseau dont la tension nominale est U , il est entendu que la tension spécifiée E du câble est égale à U et la tension spécifiée E_o du câble est égale à $U/1,73$ pour un réseau triphasé et $U/2$ pour un réseau monophasé, le neutre du réseau étant effectivement mis à la terre, ainsi qu'il est défini dans la Publication 71 de la C E I : Recommandations pour la coordination de l'isolement. Si le neutre n'est pas effectivement à la terre, la tension spécifiée E_o du câble doit être déterminée par accord entre l'acheteur et le fabricant, en tenant compte des valeurs les plus élevées de la tension efficace par rapport à la terre de la ou des phases saines, au cours des défauts entre phase et terre qui peuvent se produire dans le réseau ainsi que de la durée de ces défauts.

2) — Sauf accord contraire entre l'acheteur et le fabricant, on doit admettre que le câble peut fonctionner en service continu sous une tension dépassant U de 10 % au plus, mais en aucun cas supérieure à la tension la plus élevée du réseau indiquée dans la Publication 38 de la C E I : Tensions normales des réseaux.

4. Conditions d'essais

4.1 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle

La fréquence des tensions d'essai alternatives doit être comprise entre 49 et 61 Hz. La forme d'onde de cette tension doit être pratiquement sinusoïdale.

4.2 Forme d'onde des tensions d'essai de choc

Le front d'onde doit être compris entre 1 et 5 μ s et la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête comprise entre 40 et 60 μ s étant en outre en accord avec la Publication 60 de la C E I : Essais à haute tension.

TESTS ON IMPREGNATED PAPER INSULATED METAL-SHEATHED CABLES

Part 1: Cables for alternating voltages from 10 kV up to and including 66 kV

(excluding gas-pressure, oil filled and non-draining cables)

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This Recommendation applies to tests on impregnated paper insulated metal-sheathed cables (excluding gas-pressure cables, oil filled cables and non-draining cables) intended for use in systems with nominal voltages between phases from 10 kV up to and including 66 kV.

2. Definitions

The following definitions have been adopted for the purpose of this Recommendation :

- E_o — The rated power-frequency voltage between conductor and sheath for which the cable is designed.
 E — The rated power-frequency voltage between conductors for which the cable is designed.
 U — The nominal voltage of the system for which the cable is intended to be used.

Note. — Unless otherwise specified, it is assumed that $E = U$, but in no case will E be less than U .

3. Voltage designation

Cables shall be designated by the rated voltage between conductor and sheath E_o and by the rated voltage between conductors E , both in kilovolts, for example : 6/10 or 8/10.

- Notes:* 1) — Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, when a cable installation is intended to be used for a system whose nominal voltage is U , it is understood that the rated voltage E of the cable is equal to U and the rated voltage E_o of the cable is equal to $U/1.73$ for a three-phase system and $U/2$ for a single-phase system, provided that the neutral point of the system is effectively earthed as defined in I E C Publication 71, Recommendations for Insulation Co-ordination. If the neutral point is not effectively earthed, the rated voltage E_o of the cable should be determined by agreement between the purchaser and the manufacturer, taking into account the values of the highest r.m.s. voltages to earth of the sound phase or phases during the line-to-earth faults that may happen in the system, and the duration of the faults.
2) — Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, it should be assumed that the cable may be operated continuously at a voltage exceeding U by not more than 10% but in any case not more than the highest voltage of the system, as given in I E C Publication 38, Standard System Voltages.

4. Test conditions

4.1 Frequency and waveform of power-frequency test voltages

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

4.2 Waveform of impulse test voltages

The impulse wave shall have a front duration between 1 and 5 μ s and a nominal time to half-value of 40 to 60 μ s, being further in accordance with I E C Publication 60, High-voltage Test Techniques.

4.3 Température ambiante

On prend pour température ambiante une température comprise entre 10°C et 45°C.

5. Caractéristiques

- 5.1 Pour les essais décrits dans cette recommandation, on doit connaître les caractéristiques suivantes :
- 5.1.1 Les tensions spécifiées E et E_o .
 - 5.1.2 La tension nominale du réseau U .
 - 5.1.3 La matière constituant le conducteur et la section des âmes conductrices exprimée en millimètres carrés.
 - 5.1.4 Le type de construction du câble, c'est-à-dire le nombre de conducteurs constitutifs, la nature du champ (radial ou non radial).
 - 5.1.5 La matière de la gaine.
 - 5.1.6 La température maximale admissible dans le conducteur en service continu dans les conditions spécifiées d'ambiance et d'installation (exprimée en degrés Celsius).
- 5.2 Sur demande de l'acheteur, le fabricant doit indiquer les caractéristiques supplémentaires suivantes :
- 5.2.1 Détails de fabrication : par exemple, forme des conducteurs (circulaires ou non), conducteurs avec ou sans écran.
 - 5.2.2 Epaisseur de l'enveloppe isolante du câble exprimée en millimètres et, uniquement dans le cas des câbles à champ radial, le gradient maximal de potentiel exprimé en volts par millimètre à la tension spécifiée E_o en négligeant les effets du câblage.
 - 5.2.3 Le courant maximal admissible en ampères dans les conditions d'installation et de fonctionnement spécifiées.
 - 5.2.4 La capacité entre chaque conducteur et écran des câbles à champ radial exprimé en microfarads par kilomètre.

6. Catégories d'essais

Dans la présente recommandation, les essais sont répartis en trois groupes principaux intitulés :

- Essais individuels
- Essais spéciaux
- Essais après pose.

6.1 Essais individuels

Les essais individuels sont des essais effectués sur tous les conducteurs de chaque longueur de câble faisant partie d'une fourniture.

6.2 Essais spéciaux

Les essais spéciaux sont les suivants :

- Essai mécanique
- Mesure du facteur de pertes en fonction de la température
- Essai diélectrique de sécurité.

Ces essais spéciaux doivent être effectués sur des échantillons conformes aux spécifications de l'article 11.

4.3 *Ambient temperature*

The ambient temperature is taken as lying between 10°C and 45°C.

5. Characteristics

- 5.1 For the purpose of the tests described in this Recommendation, the following characteristics must be known :

- 5.1.1 The rated voltages E and E_o .
- 5.1.2 The nominal voltage of the system U .
- 5.1.3 The conductor material and the cross-sectional area of the conductors in square millimetres.
- 5.1.4 The basic design of the cable, i.e. number of cores, radial field or non-radial field.
- 5.1.5 The sheath material.
- 5.1.6 The maximum permissible conductor temperature in degrees Celsius for permanent operation under the specified ambient and installation conditions.

- 5.2 The following additional characteristics shall be stated by the manufacturer when requested by the purchaser :

- 5.2.1 Details of construction, e.g. shaped or circular conductors, screened or unscreened conductors.
- 5.2.2 The insulation thickness in millimetres and, for radial-field cables only, the maximum voltage gradient in volts per millimetre at the rated voltage E_o , neglecting any stranding effect.
- 5.2.3 The maximum current rating in amperes under the specified installation and operating conditions.
- 5.2.4 The capacitance between conductor and screen of radial-field cables in microfarads per kilometre.

6. Categories of tests

In this Recommendation, tests are given under three main headings :

- Routine tests
- Special tests
- Tests after installation.

6.1 *Routine tests*

Routine tests are tests made on all cores of every length of cable forming part of a contract.

6.2 *Special tests*

The following tests are special tests :

- Mechanical test
- Power-factor/temperature test
- Dielectric security test.

These special tests shall be made on samples as specified in Clause 11.

6.3 Essais après pose

Les essais après pose sont des essais effectués quand la pose du câble et des accessoires correspondants est terminée.

SECTION DEUX — ESSAIS INDIVIDUELS

7. Généralités

Les essais spécifiés aux articles 8, 9 et 10 doivent être exécutés sur tous les conducteurs de chaque longueur de câble faisant partie d'une fourniture.

8. Mesure de la résistance du conducteur

La résistance du conducteur mesurée en courant continu sur le câble terminé et ramenée à 20°C, ne doit pas excéder, de plus des valeurs suivantes, la résistance calculée pour une âme massive de la même longueur, de section égale à la section spécifiée au paragraphe 5.1.3 et d'une résistivité spécifique de X ohm.mm²/km.

Câbles à 1 conducteur (âmes de cuivre ou d'aluminium) :

- 3% pour les sections égales ou inférieures à 500 mm²
- 4% pour les sections de plus de 500 mm² jusqu'à 1 000 mm² inclus
- 5% pour les sections de plus de 1 000 mm².

Tous câbles multiconducteurs : 4%.

Dans l'alinéa ci-dessus, la valeur de X doit être prise égale à :

- Cuivre recuit : 17,241 ohm.mm²/km
- Aluminium : 28,264 ohm.mm²/km.

Les valeurs à adopter pour le coefficient de température sont les suivantes :

- Cuivre recuit : 0,00393 par degré Celsius à partir de 20°C
- Aluminium : 0,00403 par degré Celsius à partir de 20°C.

Le câble doit séjournier dans la salle d'essais (qui doit être maintenue à une température sensiblement constante) pendant 12 heures au moins avant l'essai. S'il y a doute sur le fait de savoir si la température de l'âme est égale à celle de la salle, la mesure doit être effectuée après un séjour du câble de 24 heures dans la salle d'essais.

La température ambiante doit être mesurée dans cette salle de telle manière qu'elle représente la température au voisinage immédiat du touret.

9. Essai diélectrique

9.1 Câbles à champ radial

On effectue cet essai en appliquant une tension d'essai à fréquence industrielle pendant 15 minutes entre chaque conducteur et la gaine ou l'écran. La tension d'essai est 2,5 E_0 . La tension est élevée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolant.

En variante et sur accord entre l'acheteur et le fabricant, on peut effectuer l'essai en courant continu, la tension appliquée étant 6 E_0 et la durée de l'essai 15 minutes.

6.3 Tests after installation

Tests after installation are tests made when the installation of the cable and its associated accessories has been completed.

SECTION TWO — ROUTINE TESTS

7. General

The tests specified in Clause 8, 9 and 10 shall be made on all cores of every length of cable forming part of a contract.

8. Conductor resistance test

The measured d.c. resistance of each conductor in the completed cable, corrected to 20°C, shall not exceed by more than the following amounts the value of resistance calculated on the basis of a solid conductor of the same length as the cable, having a section equal to the cross-sectional area of the conductor as stated under Sub-clause 5.1.3 and a volume resistivity of X ohm.mm²/km.

Single-core cables (copper or aluminium conductors) :

- 3% for cross-sectional areas up to and including 500 mm²
- 4% for cross-sectional areas above 500 mm², up to and including 1 000 mm²
- 5% for cross-sectional areas above 1 000 mm².

All multicore cables : 4%.

In the above paragraph the value of X shall be taken as follows :

Annealed copper : 17.241 ohm.mm²/km
Aluminium : 28.264 ohm.mm²/km.

The values to be adopted for the temperature coefficient are as follows :

Annealed copper 0.00393 per degree Celsius from 20°C
Aluminium : 0.00403 per degree Celsius from 20°C.

The cable shall be in the test room (which shall be maintained at a reasonably constant temperature) for at least 12 hours before the test. If it is doubtful whether the conductor temperature is the same as the room temperature, the conductor resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 hours.

The ambient temperature shall be measured at such positions in the test room as to ensure that the ambient temperature in the immediate vicinity of the cable drum is determined.

9. High-voltage test

9.1 Radial-field cables

This test shall be made with a power-frequency test voltage applied for 15 minutes between each conductor and sheath or screen. The test voltage shall be $2.5 E_o$. 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 $6 E_o$ and the duration of the test 15 minutes.

9.2 Câbles à champ non radial

Cet essai peut être effectué, soit comme essai en triphasé, soit sous la forme d'une série d'essais en monophasé comme indiqué ci-dessous. La tension est élevée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolant.

9.2.1 Essai en triphasé (uniquement pour les câbles à 3 conducteurs)

La tension d'essai est appliquée, par l'intermédiaire d'un transformateur triphasé, aux conducteurs, le point neutre du transformateur étant relié à la gaine métallique.

La tension d'essai est $2,5 E$ et la durée de l'essai 15 minutes. Si la tension spécifiée E_o est supérieure à $E/1,73$, on effectue un essai supplémentaire en appliquant une tension monophasée entre 2 conducteurs reliés ensemble et la gaine. La tension d'essai pour l'essai supplémentaire est $2,5 E_o$ et sa durée est de 10 minutes.

9.2.2 Essai en monophasé

On effectue une série d'essais en monophasé en appliquant une tension d'essai égale à $2,5 \times \frac{E_o + E}{2}$ pendant 10 minutes successivement entre chaque conducteur et les autres conducteurs reliés ensemble et à la gaine métallique.

En variante et sur accord entre l'acheteur et le fabricant, on peut effectuer l'essai en courant continu, la tension appliquée étant égale à $6 \times \frac{E_o + E}{2}$ et la durée de l'essai 15 minutes.

10. Mesure du facteur de pertes

Cet essai doit être effectué si la tension spécifiée E_o est supérieure à 8 kV. Sur accord entre l'acheteur et le fabricant, il peut également être effectué si E_o est égal ou inférieur à 8 kV.

Le facteur de pertes de l'isolation doit être mesuré à la température ambiante, comme il est indiqué ci-après. Si les mesures sont faites à une température inférieure à 20°C, les résultats doivent être ramenés à 20°C, soit en soustrayant de la valeur mesurée 2% de cette valeur par degré Celsius de différence entre la température d'essai et 20°C, soit en utilisant une courbe de correction appropriée à l'isolant, si un accord sur une telle courbe est intervenu entre l'acheteur et le fabricant. Aucune correction ne doit être faite si la température d'essai est égale ou supérieure à 20°C.

Les essais doivent être faits à 0,5, 1,25 et 2,0 fois une tension de référence, qui est E_o pour les câbles à champ radial et $\frac{E_o + E}{2}$ pour les câbles à champ non-radial.

La tension d'essai doit être appliquée successivement entre chacun des conducteurs et les autres conducteurs reliés à la gaine.

La valeur du facteur de pertes diélectriques, déterminée par un essai à 0,5 fois la tension de référence, ne doit pas excéder 0,008.

L'augmentation maximale admissible du facteur de pertes avec la tension est donnée ci-dessous :

	Câbles à champ radial	Câbles à champ non radial
	$E_o \leq 15 \text{ kV}$	$E_o > 15 \text{ kV}$
Entre 0,5 et 1,25 fois la tension de référence	0,0010	0,0008
Entre 1,25 et 2,0 fois la tension de référence	0,0025	0,0016

9.2 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 voltages shall be increased gradually to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

9.2.1 Three-phase test (for three-core cables only)

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

The test voltage shall be $2.5 E$ and the duration of the test 15 minutes. Where the rated voltage E_o is higher than $E/1.73$, 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 $2.5 E_o$ and its duration 10 minutes.

9.2.2 Single-phase test

A series of single-phase tests shall be made, in such a way that a test voltage equal to $2.5 \times \frac{E_o + E}{2}$ is applied for 10 minutes 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 $6 \times \frac{E_o + E}{2}$ and the duration of each application being 15 minutes.

10. Power-factor test

This test shall be made if the value of the rated voltage E_o is greater than 8 kV. By agreement between the purchaser and the manufacturer, it may also be made if E_o is equal to or less than 8 kV.

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, 1.25 and 2.0 times a reference voltage, which shall be E_o for radial-field cables and $\frac{E_o + E}{2}$ for non-radial-field cables.

The test voltage shall be applied between each conductor in turn and the other conductors connected to the sheath.

The value of power-factor of dielectric loss determined by the test at 0.5 times the reference voltage shall not exceed 0.008.

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

	<i>Radial-field cables</i>	<i>Non-radial-field cables</i>	
	$E_o \leq 15 \text{ kV}$		$E_o > 15 \text{ kV}$
Between 0.5 and 1.25 times the reference voltage	0.0010	0.0008	0.0030
Between 1.25 and 2.0 times the reference voltage	0.0025	0.0016	0.0060

SECTION TROIS — ESSAIS SPÉCIAUX

11. Généralités

Les essais spécifiés dans les articles 12, 13 et 14 doivent être effectués sur des échantillons prélevés sur les câbles fabriqués pour la fourniture, sur les bases suivantes, à condition que la longueur totale de la fourniture dépasse 2 km pour les câbles à 3 conducteurs ou 4 km pour les câbles à 1 conducteur :

Longueur de câble				Nombre d'échantillons
Câbles à 3 conducteurs		Câbles à 1 conducteur		
supérieure à	inférieure ou égale à	supérieure à	inférieure ou égale à	
km	km	km	km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
	etc.			

Dans le cas des câbles à 3 conducteurs, les essais électriques décrits aux articles 12, 13 et 14 doivent être effectués uniquement sur un conducteur.

Le fabricant peut, à sa discrétion, effectuer plus d'un des essais spéciaux indiqués aux articles 12, 13 et 14 sur le même échantillon de câble. Toutefois, si, lors d'un essai autre que le premier, les conditions ne sont pas satisfaites, cet essai doit être renouvelé sur un autre échantillon et seuls les résultats de ce dernier essai doivent compter pour l'appréciation définitive des résultats.

Sur accord entre l'acheteur et le fabricant, on peut se dispenser d'un ou de tous les essais prescrits aux articles 12, 13 et 14, à condition que l'essai ou les essais aient été préalablement effectués sur des échantillons prélevés sur des longueurs de câble de construction similaire à celle des câbles compris dans le contrat et que le fabricant produise un certificat à cet effet. Par même construction, on doit entendre que le câble compris dans le contrat et celui faisant l'objet du certificat d'essai ont des caractéristiques identiques en ce qui concerne les paragraphes 5.1.1, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6, 5.2.1 et 5.2.2.

12. Essai mécanique

L'essai mécanique doit consister en un essai de pliage suivi d'un essai diélectrique et d'un examen physique du câble.

12.1 *Essai de pliage*

L'essai de pliage doit être fait à une température comprise entre 10°C et 15°C, sauf accord contraire entre l'acheteur et le fabricant, sur un tronçon de câble d'une longueur suffisante pour permettre d'effectuer un tour complet autour du mandrin d'essai.

SECTION THREE — SPECIAL TESTS

11. General

The tests specified in Clauses 12, 13 and 14 shall be made on samples taken from cables manufactured for the contract, provided that the total length in the contract exceeds 2 km of three-core cable or 4 km of single-core cable, on the following basis :

Cable length				Number of samples	
Three-core cable		Single-core cable			
Above	Up to and including	Above	Up to and including		
km	km	km	km		
2	10	4	20	1	
10	20	20	40	2	
20	30	40	60	3	
and so on					

In the case of three-core cables, the electrical tests described in Clauses 12, 13 and 14 shall be carried out on one core only.

The manufacturer may, at his discretion, carry out more than one of the special tests specified in Clauses 12, 13 and 14 on one and the same piece of cable. However, if on a subsequent test the requirements are not fulfilled, this test shall be repeated on a new piece of cable and the results of this latter test only shall be valid for the ultimate assessment of the results.

By agreement between the purchaser and the manufacturer, any or all of the tests prescribed in Clauses 12, 13 and 14 may be omitted, provided that the test(s) has (have) previously been made on pieces of cable taken from samples having similar construction to the cable included in the contract, and the manufacturer produces a certificate to this effect. Similar construction means that the cable included in the contract and the cable covered by the certificate have identical characteristics in respect of Sub-clauses 5.1.1, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6, 5.2.1 and 5.2.2.

12. Mechanical test

The mechanical test consists of a bending test followed by an electrical test and by a physical examination of the cable.

12.1 Bending test

The bending test shall be made at a temperature between 10°C and 15°C, unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, on a piece of cable of sufficient length to provide one complete turn round the test cylinder.

Le diamètre du mandrin d'essai est le suivant :

	Câbles à un seul conducteur et câbles à plusieurs conducteurs à champ non radial	Câbles à plusieurs conducteurs à champ radial
Câbles sous gaines de plomb, d'alliage de plomb ou sous gaine ondulée d'aluminium	25 ($D+d$)	20 ($D+d$)
Câbles sous gaine d'aluminium non ondulée	30 ($D+d$)	30 ($D+d$)

Dans ces formules :

D est le diamètre extérieur de la gaine ou du cercle circonscrit aux gaines si chaque conducteur possède sa propre gaine; il est mesuré sur la crête des ondulations si la gaine est ondulée.

d est le diamètre du conducteur, lorsqu'il est de section circulaire, ou celui du conducteur de section circulaire ayant la même section transversale, si le conducteur a une section différente d'un cercle.

Le tronçon de câble est enroulé autour du mandrin d'essai au moins un tour entier. Il est ensuite déroulé et l'opération de pliage est répétée en sens inverse. Ce cycle d'opérations est répété trois fois si la gaine est en plomb, en alliage de plomb ou en aluminium ondulé, mais deux fois seulement si la gaine est en aluminium non ondulé.

12.2 Essai diélectrique

Après achèvement du cycle d'opérations ci-dessus, le tronçon de câble doit supporter pendant 10 minutes une tension alternative appliquée comme indiqué à l'article 9, mais d'une valeur égale à 1,6 fois la valeur prescrite par cet article pour le type de câble et la méthode d'essai appliquée.

En variante et sur accord entre l'acheteur et le fabricant, l'essai peut être effectué en courant continu, la valeur de la tension appliquée étant égale à $9 E_o$ ou $9 \frac{E_o + E}{2}$ suivant le type de câble et la durée de son application étant de 15 minutes.

Note. — Les rayons de courbure minimale lors de la pose ne doivent pas être inférieurs aux rayons de courbure spécifiés pour l'essai. Lorsque le câble doit être tiré dans des conduits dans des conditions difficiles ou lorsque la température peut descendre à une valeur telle que l'isolant devienne cassant, il convient de prendre des dispositions particulières pour effectuer des essais mécaniques spéciaux.

12.3 Examen de la gaine, de l'armure et des revêtements protecteurs

Après l'essai de pliage, on prélève un échantillon d'environ 1m de longueur sur le milieu du tronçon de câble qui a subi l'essai, on le dépouille et on l'examine. La gaine, l'armure et les revêtements protecteurs ne doivent pas avoir subi de dommages sérieux.

12.4 Examen de l'isolation (Essai facultatif, uniquement à titre d'information)

Sur accord entre l'acheteur et le fabricant, on peut suivre la procédure suivante pour vérifier qu'il ne s'est pas produit de déformation appréciable de l'isolation au cours de l'essai de pliage. Cet examen ne doit être effectué qu'à titre d'information et la non conformité à ce paragraphe ne doit pas être une cause de rejet du câble.

The diameter of the test cylinder shall be as follows :

	Single-core cables and multi-core non-radial-field cables	Multi-core radial-field cables
Lead-sheathed, lead-alloy-sheathed and corrugated-aluminium-sheathed cables	25 ($D+d$)	20 ($D+d$)
Non-corrugated aluminium-sheathed cables	30 ($D+d$)	30 ($D+d$)

Where :

D is the external diameter of the sheath, or of the circle circumscribed to the sheaths if each core is separately sheathed, and is measured over the corrugations if the sheath is corrugated.

d is the diameter of the conductor, if circular, or of a circular conductor having the same sectional area, if shaped.

The piece of cable shall be bent round the test cylinder at least 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 if the sheath is of lead, lead-alloy or corrugated aluminium, but twice only if the sheath is of non-corrugated aluminium.

12.2 Electrical test

After the above cycle of operations has been completed, the piece of cable shall withstand for 10 minutes an alternating test voltage applied as described in Clause 9, but having a value equal to 1.6 times the value prescribed in that clause, according to the type of cable and method of test.

Alternatively, by agreement between the purchaser and the manufacturer, a test may be made with direct current, the applied voltage being equal to $9 E_o$ or $9 \frac{E_o + E}{2}$ according to the type of cable, and the duration of each application being 15 minutes.

Note. — The minimum bending radii during installation should be not less than the bending radii 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 should be made the subject of special agreement.

12.3 Examination of sheath, armour and protective coverings

After the bending test, a specimen about 1m in length, taken from the middle of the piece of cable that has been tested, shall be dismantled and examined. The sheath, armour and protective coverings shall not be seriously damaged.

12.4 Examination of insulating (Optional test, for information only)

By agreement between the purchaser and the manufacturer, the following procedure may be followed to check that no appreciable deformation of the insulation has occurred during the bending test. This examination shall be for information only, and failure to comply with this sub-clause shall not lead to rejection of the cable.

On prélève sur le centre de la portion de câble qui a été soumise au pliage le plus intense au cours de l'essai, 3 échantillons de câble voisins d'environ 30 cm de longueur chacun.

On effectue des mesures de déformation sur l'échantillon milieu avant de le dépouiller. On le coupe soigneusement de façon que ses extrémités aient une surface lisse et perpendiculaire à l'axe du câble. Le câble est considéré comme non satisfaisant si l'épaisseur minimale de l'isolation, mesurée à chaque extrémité de l'échantillon, est inférieure à 80 % de l'épaisseur spécifiée ou de l'épaisseur moyenne mesurée sur un échantillon non plié prélevé tout près de la partie pliée.

Les trois échantillons sont tous dépouillés de leurs revêtements protecteurs, de leur armure et de leur gaine. L'isolation est retirée, à raison de pas plus de cinq rubans à la fois, et examinée soigneusement relativement aux dommages qu'elle a pu subir, et notamment des déchirures du papier, une déchirure étant définie comme une séparation partielle de longueur supérieure à 6 mm dans un seul ruban. Pour cet examen, les rubans spéciaux, tels que les rubans semi-conducteurs et les rubans formant écran sont considérés comme des rubans isolants.

Le câble est considéré comme non satisfaisant s'il y a plus de deux rubans adjacents déchirés au même endroit ou si le nombre de rubans déchirés dans l'un quelconque des échantillons dépasse deux sur dix rubans consécutifs quelconques. L'enveloppe isolante des conducteurs individuels et la ceinture isolante, s'il en existe une, sont examinées séparément.

13. Mesure du facteur de pertes à différentes températures

Cet article n'est applicable qu'aux câbles ayant une tension spécifiée E_o supérieure à 8 kV. On effectue l'un des essais suivants, ou les deux, selon ce qui a été convenu entre l'acheteur et le fabricant.

- 13.1 Le tronçon de câble à essayer doit avoir au moins 30 m de longueur et doit être prélevé sur une longueur ayant satisfait au préalable aux essais spécifiés dans les articles 9 et 10. Le câble doit être muni de boîtes d'extrémités aménagées de façon telle qu'il n'y ait pas de migration de compound de la boîte vers l'intérieur du câble. Le câble est chauffé en utilisant une des méthodes décrites ci-après. La température du câble dans la méthode 1, ou celle des conducteurs dans la méthode 2, doit être déterminée en mesurant la résistance des conducteurs.

Méthode 1

Le chauffage est réalisé en plaçant le câble dans une cuve contenant un liquide ou dans une étuve. La température est augmentée progressivement jusqu'à ce que le câble ait atteint une température inférieure de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ à la température maximale de fonctionnement admissible pour les conducteurs, indiquée au paragraphe 5.1.6, et est maintenue à cette valeur pendant 2 heures.

Méthode 2

Le câble est posé sur le sol du local d'essai et on le chauffe en faisant passer du courant dans les conducteurs. Dans cette méthode, la température maximale des conducteurs à atteindre est égale à la température de fonctionnement admissible pour les conducteurs, indiquée au paragraphe 5.1.6, avec une tolérance de ± 1 degré Celsius, et est maintenue pendant 2 heures.

Après cette période de deux heures à la température maximale, le câble est refroidi jusqu'à une température comprise entre 10°C et 20°C et est alors soumis à l'essai spécifié à l'article 10.

Le facteur de pertes déterminé à 0,5 fois la tension de référence ne doit pas être supérieur à 0,008 et l'ionisation ne doit pas dépasser de plus de 20 % les valeurs spécifiées à l'article 10 (toutes valeurs ramenées à 20°C).