

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**141-4**

Première édition  
First edition  
1980

---

---

**Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz  
et de leurs dispositifs accessoires**

**Quatrième partie: Câbles à huile fluide en tuyau à  
isolation de papier imprégné sous forte pression  
d'huile et accessoires pour des tensions  
alternatives inférieures ou égales à 400 kV**

**Test on oil-filled and gas-pressure cables  
and their accessories**

**Part 4: Oil-impregnated paper-insulated  
high pressure oil-filled pipe-type cables and  
accessories for alternating voltages  
up to and including 400 kV**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 141-4: 1980

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**141-4**

Première édition  
First edition  
1980

---

---

**Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz  
et de leurs dispositifs accessoires**

**Quatrième partie: Câbles à huile fluide en tuyau à  
isolation de papier imprégné sous forte pression  
d'huile et accessoires pour des tensions  
alternatives inférieures ou égales à 400 kV**

**Test on oil-filled and gas-pressure cables  
and their accessories**

**Part 4: Oil-impregnated paper-insulated  
high pressure oil-filled pipe-type cables and  
accessories for alternating voltages  
up to and including 400 kV**

© CEI 1980 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

Q

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	6
PRÉFACE . . . . .	6

### SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

#### Articles

1. Domaine d'application . . . . .	8
2. Définitions . . . . .	8
3. Désignation de la tension . . . . .	10
4. Conditions d'essais . . . . .	10
4.1 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai alternatives à fréquence industrielle . . . . .	10
4.2 Forme d'onde des tensions d'essai de choc . . . . .	10
4.3 Température ambiante . . . . .	10
5. Caractéristiques . . . . .	10
6. Catégories et fréquence des essais . . . . .	12
6.1 Généralités . . . . .	12
6.2 Essais individuels . . . . .	12
6.3 Essais spéciaux . . . . .	12
6.4 Essais de type . . . . .	14
6.5 Essais après pose . . . . .	14

### SECTION DEUX — ESSAIS INDIVIDUELS EFFECTUÉS SUR LES CÂBLES

7. Généralités . . . . .	14
8. Mesure de la résistance de l'âme conductrice . . . . .	14
9. Mesure de la capacité . . . . .	16
10. Mesure de l'angle de pertes diélectriques . . . . .	16

### SECTION TROIS — ESSAIS SPÉCIAUX SUR LES CÂBLES

11. Mesures de l'épaisseur de l'isolant . . . . .	16
12. Essai mécanique et essai diélectrique de sécurité . . . . .	16
12.1 Essai de pliage . . . . .	18
12.2 Essai diélectrique de sécurité . . . . .	18
12.3 Examen des fils de glissement et de l'écran . . . . .	18
12.4 Examen de l'isolant . . . . .	18
12.5 Répétition de l'essai . . . . .	20

### SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE EFFECTUÉS SUR LES CÂBLES

13. Généralités . . . . .	20
14. Prescriptions d'essais . . . . .	22
15. Essai de l'angle de pertes diélectriques/température . . . . .	22
16. Essai de tension de choc à chaud . . . . .	24
16.1 Généralités . . . . .	24
16.2 Prescriptions et modalités de l'essai de choc . . . . .	24
16.3 Température durant l'essai . . . . .	24
16.4 Essai de tension alternative après l'essai de choc . . . . .	24

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	7
PREFACE . . . . .	7

### SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope . . . . .	9
2. Definitions . . . . .	9
3. Voltage designation . . . . .	11
4. Test conditions . . . . .	11
4.1 Frequency and waveform of power-frequency test voltage . . . . .	11
4.2 Waveform of impulse test voltages . . . . .	11
4.3 Ambient temperature . . . . .	11
5. Characteristics . . . . .	11
6. Categories and frequency of tests . . . . .	13
6.1 General . . . . .	13
6.2 Routine tests . . . . .	13
6.3 Special tests . . . . .	13
6.4 Type tests . . . . .	15
6.5 Tests after installation . . . . .	15

### SECTION TWO — ROUTINE TESTS ON CABLES

7. General . . . . .	15
8. Conductor resistance test . . . . .	15
9. Capacitance test . . . . .	17
10. Dielectric loss angle test . . . . .	17

### SECTION THREE — SPECIAL TESTS ON CABLES

11. Measurement of thickness of the insulation . . . . .	17
12. Mechanical test and dielectric security test . . . . .	17
12.1 Bending test . . . . .	19
12.2 Dielectric security test . . . . .	19
12.3 Examination of the skid wires and screen . . . . .	19
12.4 Examination of insulation . . . . .	19
12.5 Re-test procedure . . . . .	21

### SECTION FOUR — TYPE TESTS ON CABLES

13. General . . . . .	21
14. Test requirements . . . . .	23
15. Dielectric loss angle/temperature test . . . . .	23
16. Hot lightning impulse voltage test . . . . .	25
16.1 General . . . . .	25
16.2 Impulse test procedure and requirements . . . . .	25
16.3 Test temperature . . . . .	25
16.4 A.C. voltage test after the impulse test . . . . .	25

SECTION CINQ — ESSAIS INDIVIDUELS EFFECTUÉS SUR TUYAU ET ACCESSOIRES

Articles	Pages
17. Essais sur tuyau d'acier . . . . .	24
18. Essai des extrémités et des boîtes de trifurcation . . . . .	26
19. Essais de l'équipement hydraulique . . . . .	26
19.1 Essais de réservoirs de stockage d'huile . . . . .	26
19.2 Essais des manomètres . . . . .	26
19.3 Essais des manomètres avertisseurs . . . . .	26

SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE EFFECTUÉS SUR ACCESSOIRES

20. Généralités . . . . .	28
20.1 Essai diélectrique de sécurité . . . . .	28
20.2 Essai de tension de choc . . . . .	28
21. Prescriptions de l'essai . . . . .	28
22. Essai de tension de choc . . . . .	28
23. Essai diélectrique de sécurité . . . . .	30

SECTION SEPT — ESSAIS ÉLECTRIQUES EFFECTUÉS APRÈS POSE

24. Généralités . . . . .	30
25. Essai diélectrique . . . . .	30
26. Essais de revêtements anticorrosion ( <i>à l'étude</i> ) . . . . .	30

TABLEAU I . . . . .	32
---------------------	----

TABLEAU II . . . . .	32
----------------------	----

ANNEXE A . . . . .	34
--------------------	----

SECTION FIVE — ROUTINE TESTS ON PIPE AND ACCESSORIES

Clause	Page
17. Tests on steel pipe . . . . .	25
18. Test on sealing-ends and trifurcating boxes . . . . .	27
19. Tests on hydraulic equipment . . . . .	27
19.1 Tests on storage oil tanks . . . . .	27
19.2 Tests on pressure gauges . . . . .	27
19.3 Tests on alarm pressure gauges. . . . .	27

SECTION SIX — TYPE TESTS ON ACCESSORIES

20. General . . . . .	29
20.1 Dielectric security test . . . . .	29
20.2 Lightning impulse voltage test . . . . .	29
21. Test requirements . . . . .	29
22. Lightning impulse voltage test . . . . .	29
23. Dielectric security test . . . . .	31

SECTION SEVEN — ELECTRICAL TESTS AFTER INSTALLATION

24. General . . . . .	31
25. High-voltage test . . . . .	31
26. Test on corrosion resistant coverings ( <i>under consideration</i> ) . . . . .	31

TABLE I . . . . .	33
-------------------	----

TABLE II . . . . .	33
--------------------	----

APPENDIX A . . . . .	35
----------------------	----



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DE CÂBLES À HUILE FLUIDE, À PRESSION DE GAZ  
ET DE LEURS DISPOSITIFS ACCESSOIRES**

**Quatrième partie: Câbles à huile fluide en tuyau à isolation de papier imprégné  
sous forte pression d'huile et accessoires  
pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV**

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.

Un projet fut discuté à la réunion tenue à Poiana Brasov en 1978. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)69, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1979.

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

Allemagne	Finlande
Australie	France
Autriche	Italie
Belgique	Japon
Canada	Norvège
Chine	Pays-Bas
Danemark	Roumanie
Egypte	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Turquie

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme :*

- Publications n°s
- 38: Tensions normales de la CEI.
  - 71: Coordination de l'isolement.
  - 183: Guide au choix des câbles à haute tension.
  - 228: Ames des câbles isolés.
  - 230: Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.
  - 287: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TESTS ON OIL-FILLED AND GAS-PRESSURE CABLES  
AND THEIR ACCESSORIES**

**Part 4: Oil-impregnated paper-insulated high pressure  
oil-filled pipe-type cables and accessories  
for alternating voltages up to and including 400 kV**

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.

A draft was discussed at the meeting held in Poiana Brasov in 1978. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)69, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Germany
Austria	Italy
Belgium	Japan
Canada	Netherlands
China	Norway
Denmark	Romania
Egypt	Turkey
Finland	United Kingdom
France	United States of America

*Other IEC publications quoted in this standard:*

Publications Nos.	38: IEC Standard Voltages.
	71: Insulation Co-ordination.
	183: Guide to the Selection of High-voltage Cables.
	228: Conductors of Insulated Cables.
	230: Impulse Tests on Cables and Their Accessories.
	287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).

## ESSAIS DE CÂBLES À HUILE FLUIDE, À PRESSION DE GAZ ET DE LEURS DISPOSITIFS ACCESSOIRES

### Quatrième partie: Câbles à huile fluide en tuyau à isolation de papier imprégné sous forte pression d'huile et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV

#### SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

##### 1. Domaine d'application

La présente norme définit les essais individuels, les essais spéciaux et les essais de type des câbles unipolaires à champ radial, isolés au papier imprégné et possédant des fils de glissement, destinés à être installés en tuyau rempli d'huile sous pression, à des pressions se situant entre 1 000 kPa (10 bar) et 2 000 kPa (20 bar) (au-dessus de la pression atmosphérique) qui sont destinés à être utilisés dans des réseaux en courant alternatif dont la tension nominale ne dépasse 400 kV entre phases.

Les essais sont aussi compris sur les accessoires et sur l'installation complète, c'est-à-dire après pose des câbles et de leurs accessoires, quand le tuyau a été rempli d'huile et mis sous pression.

##### 2. Définitions

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

$U_o$  = la tension assignée à fréquence industrielle entre âme et écran pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus.

$U$  = la tension assignée à fréquence industrielle entre deux âmes conductrices quelconques pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus.

$U_m$  = la tension efficace entre la phase la plus élevée pour laquelle le câble est conçu en ce qui concerne son isolation, ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension. Cette tension est la valeur maximale de la tension la plus élevée du réseau pour laquelle le câble doit être utilisé.

*Note.* — Dans les réseaux dont la tension la plus élevée pour le câble est égale ou supérieure à 123 kV, cette tension  $U_m$  en général ne diffère pas sensiblement de la tension la plus élevée de fonctionnement du réseau. Au-dessous de 123 kV, la tension  $U_m$  peut être supérieure à la tension la plus élevée du réseau puisque chaque valeur normalisée de  $U_m$  est applicable à des réseaux dont les tensions nominales peuvent présenter entre elles des différences allant jusqu'à 20% (par exemple:  $U_m = 24$  kV comprend 20 kV et 22 kV), et dont les tensions les plus élevées présentent en conséquence des valeurs différentes.

$U_p$  = la valeur de crête de la tension de tenue aux ondes de choc pour laquelle le câble et ses accessoires sont établis.

## TESTS ON OIL-FILLED AND GAS-PRESSURE CABLES AND THEIR ACCESSORIES

### Part 4: Oil-impregnated paper-insulated high pressure oil-filled pipe-type cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV

#### SECTION ONE — GENERAL

##### 1. Scope

This standard specifies routine, special and type tests on single-core, radial field, oil-impregnated paper-insulated cables with skid wires intended for installation in a pipe filled with oil under pressure at pressures of between 1 000 kPa (10 bar) and 2 000 kPa (20 bar) (above atmospheric pressure) for use in a.c. transmission systems with nominal voltage between phases, not exceeding 400 kV.

Tests are also included on accessories and on complete installations, i.e. when the cables (and their accessories) have been installed and the pipe has been filled with oil and pressurized.

##### 2. Definitions

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

$U_o$  = the rated power-frequency voltage between conductor and core screen for which the cable and accessories are designed.

$U$  = the rated power-frequency voltage between any two conductors for which the cable and its accessories are designed.

$U_m$  = the highest r.m.s phase-to-phase voltage for which the cable is designed in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage. This voltage is the maximum value of the highest voltage of the system for which the cable may be used.

*Note.* — In systems with highest voltage for equipment equal to or greater than 123 kV, this voltage  $U_m$  in general does not materially differ from the highest value of the system operating voltage. Below 123 kV, the voltage  $U_m$  may be higher than the highest system voltage, since each standard value of  $U_m$  applies to different systems the nominal voltage of which may differ by as much as 20% (for instance:  $U_m = 24$  kV covers 20 kV and 22 kV), and having therefore different values of the highest system voltage.

$U_p$  = the peak value of the lightning impulse withstand voltage for which the cables and accessories are designed.

### 3. Désignation de la tension

Les câbles et accessoires doivent être désignés par la tension nominale entre âme et écran,  $U_o$ , et par la tension nominale entre âmes conductrices  $U$ , exprimées en kilovolts, par exemple 64/110 kV.

*Note.* — Voir la Publication 183 de la CEI: Guide au choix des câbles à haute tension. Les câbles conformes à la présente norme peuvent être utilisés dans les réseaux de première catégorie si tout défaut entre phase et terre n'excède pas 8 h et si la durée cumulée sur un an ne dépasse pas 125 h.

### 4. Conditions d'essais

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

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

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

L'onde de choc est conforme à la Publication 230 de la CEI: Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.

#### 4.3 Température ambiante

Pour l'application des modalités des essais par température ambiante, on entend une température comprise entre 5 °C et 35 °C, sauf si une valeur différente est spécifiée dans l'essai correspondant.

### 5. Caractéristiques

5.1 Pour l'exécution des essais décrits dans la présente norme et l'établissement du procès-verbal correspondant, les caractéristiques suivantes devront être connues ou déclarées:

- 5.1.1 a) la tension spécifiée  $U_o$  en kilovolts;
- b) la tension de tenue aux ondes de choc  $U_p$  en kilovolts.

*Note.* — La tension de tenue aux ondes de chocs  $U_p$  spécifiée au point b) ci-dessus pour chaque fourniture particulière est choisie en accord avec la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement.

5.1.2 Le type, le matériau et la section nominale en millimètres carrés des âmes conductrices.

*Note.* — Si la section nominale n'est pas conforme aux valeurs données dans la Publication 228 de la CEI: Ames des câbles isolés, pour les âmes conductrices de la classe 2, la résistance des âmes conductrices devra être connue ou déclarée.

5.1.3 La capacité entre chaque âme conductrice et l'écran, en microfarads par kilomètre.

5.1.4 La température maximale admissible de l'âme, en degrés Celsius, en régime permanent dans les conditions spécifiées pour ce qui concerne la température ambiante et l'installation du câble.

### 3. Voltage designation

Cables and accessories shall be designated by the rated voltage between conductor and core screen  $U_0$ , and by the rated voltage between conductors  $U$ , both in kilovolts, for example 64/110 kV.

*Note.* — See IEC Publication 183: Guide to the Selection of High-voltage Cables. Cables according to this standard can be operated in a system of category 1 if any one earth fault does not exceed 8 h and the total of the earth-fault durations does not exceed 125 h per year.

### 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 and not more than 61 Hz. The waveform of such voltages shall be substantially sinusoidal.

#### 4.2 Waveform of impulse test voltages

The impulse wave shall be in accordance with IEC Publication 230: Impulse Tests on Cables and Their Accessories.

#### 4.3 Ambient temperature

The ambient temperature for the purpose of the tests is taken as lying between 5 °C and 35 °C unless another value is specified in the relevant test.

### 5. Characteristics

5.1 For the purposes of carrying out and recording the tests described in this standard, the following characteristics must be known or declared:

- 5.1.1 a) the rated voltage  $U_0$  in kilovolts;
- b) the lightning impulse withstand voltage  $U_p$  in kilovolts.

*Note.* — The impulse withstand voltage value  $U_p$  specified in Item b) above for each particular cable should be selected in accordance with IEC Publication 71: Insulation Co-ordination.

5.1.2 The type of conductor, material and the nominal cross-sectional area of the conductor in square millimetres.

*Note.* — If the nominal cross-sectional area is not in accordance with the values listed for Class 2 conductors in IEC Publication 228: Conductors of Insulated Cables, the conductor resistance should be known or declared.

5.1.3 The capacitance between each conductor and core screen in microfarads per kilometre.

5.1.4 The maximum permissible conductor temperature in degrees Celsius for permanent operation under the specified ambient and installation conditions.

5.1.5 Les pressions d'huile minimale et maximale admises, en kilopascals ou en bars.

5.1.6 Les résistances thermiques de l'isolant et de l'huile de remplissage.

*Note.* — La résistance thermique est calculée par l'application des formules données dans la Publication 287 de la CEI:  
Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).

5.1.7 Les gradients de tension (voir point *c*) du paragraphe 13.2.2) en mégavolts par mètre.

5.1.8 Les pressions maximales prévues pour les accessoires en kilopascals ou en bars (voir la section cinq).

5.1.9 Le type de l'écran.

5.1.10 L'épaisseur minimale spécifiée de l'isolant en millimètres.

5.1.11 Le diamètre extérieur nominal du câble et de l'âme et les dimensions du tuyau, en millimètres.

5.1.12 Des détails sur les tuyaux.

## 6. Catégories et fréquence des essais

### 6.1 Généralités

Les essais de type sont constitués par l'ensemble des essais des sections deux, trois et quatre. Les essais individuels de la section deux sont effectués sur câble terminé (voir paragraphe 6.2). Pour les essais spéciaux de la section trois, la fréquence des essais est donnée dans le paragraphe 6.3.

### 6.2 Essais individuels

Les essais individuels, effectués par le fabricant sur la totalité des longueurs de câbles terminés, sont destinés à vérifier le bon état de la fourniture. Selon l'accord intervenu entre l'acheteur et le fabricant, ces essais sont effectués sur les longueurs fabriquées, c'est-à-dire avant tronçonnement en longueurs de livraison, ou sur les longueurs de livraison. Dans le cas des accessoires, les essais individuels sont effectués comme il est indiqué dans la section cinq.

### 6.3 Essais spéciaux

6.3.1 Les essais spéciaux sont effectués par le fabricant sur des échantillons de câbles terminés ou sur des composants prélevés sur des câbles terminés et sur des accessoires, à une fréquence spécifiée, pour vérifier la conformité du produit fini avec la spécification correspondante.

Ces essais ne sont effectués que sur demande exprimée par l'acheteur au moment de la consultation.

#### 6.3.2 Fréquence des vérifications dimensionnelles

Sauf spécification contraire résultant d'une demande de l'acheteur au moment de la consultation, ces vérifications sont effectuées sur 10% au plus du nombre des longueurs de livraison, et sur une longueur au moins.

5.1.5 The minimum and maximum permissible oil pressures in kilopascals or bars.

5.1.6 The thermal resistance of the insulation and filling oil.

*Note.* — The thermal resistance should be calculated using the formula given in IEC Publication 287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).

5.1.7 Voltage gradients (see Item *c*) of Sub-clause 13.2.2) in megavolts per metre.

5.1.8 Maximum design pressures of accessories in kilopascals or bars (see Section Five).

5.1.9 Type of screen.

5.1.10 Specified minimum thickness of the insulation in millimetres.

5.1.11 The nominal outside diameter of the cable and conductor and the dimensions of the pipe in millimetres.

5.1.12 Details of the pipes.

## 6. Categories and frequency of tests

### 6.1 General

The type tests are made up of the whole of the tests of Sections Two, Three and Four. The routine tests according to Section Two shall be carried out on all finished cables (see Sub-clause 6.2). For special tests according to Section Three, the test frequency is given in Sub-clause 6.3.

### 6.2 Routine tests

Routine tests are tests made by the manufacturer on all finished cables to demonstrate their individual integrity. It is a matter of agreement between purchaser and manufacturer whether the tests are carried out on either the manufactured lengths, i.e. before cutting into delivery lengths, or on the delivery lengths. In the case of accessories, the routine tests shall be carried out as specified in Section Five.

### 6.3 Special tests

6.3.1 Special tests are tests made by the manufacturer on samples of finished cables or components taken from finished cables and on components of accessories at a specified frequency in order to verify that the finished product meets the design specification.

These tests should be made only if requested by the purchaser at the time of enquiry.

#### 6.3.2 Frequency of the measurements of dimensions

This test shall be carried out on not more than 10% of the number of delivery lengths — at least on one length — unless specified otherwise by the purchaser at the time of enquiry.

### 6.3.3 Fréquence des essais mécaniques et électriques

Sous réserve que le contrat porte sur une fourniture au moins égale à 4 km de câbles unipolaires, la fréquence maximale de ces essais est celle indiquée dans le tableau suivant:

Longueur de câble unipolaire (km)		Nombre d'échantillons à prélever sur les câbles fabriqués pour le contrat
>	≤	
4	20	1
20	40	2
40	60	3
etc.	etc.	etc.

### 6.4 Essais de type

Les essais de type sont effectués par le fabricant sur un produit fini, couvert par la présente norme, avant sa livraison, selon une base commerciale normale, en vue de démontrer que ces caractéristiques sont appropriées à l'utilisation prévue.

Ces essais sont d'une nature telle qu'une fois exécutés, il n'est pas nécessaire de les répéter, à moins de changements intervenus dans les matériaux ou dans la conception du câble susceptible d'en modifier les caractéristiques.

### 6.5 Essais après pose

Les essais après pose sont des essais effectués dans le but de vérifier le bon état du câble et de ses accessoires.

## SECTION DEUX — ESSAIS INDIVIDUELS EFFECTUÉS SUR LES CÂBLES

### 7. Généralités

Les essais spécifiés aux articles 8 à 10 inclus sont effectués sur câble terminé, comme spécifié au paragraphe 6.2, faisant l'objet du contrat. Pour les essais spécifiés aux articles 9 et 10, les câbles sont installés avec des extrémités appropriées. Les essais sont à effectuer sous la pression atmosphérique.

### 8. Mesure de la résistance de l'âme conductrice

La mesure de la résistance de l'âme conductrice en courant continu est effectuée sur chaque âme conductrice du câble terminé. La valeur mesurée de la résistance, ramenée à une température de 20 °C et à 1 km de longueur ne doit pas dépasser la valeur spécifiée pour les conducteurs de la classe 2 dans la Publication 228 de la CEI, ou la valeur spécifiée au paragraphe 5.1.2. La correction de la température et de la longueur est effectuée conformément aux dispositions de la Publication 228 de la CEI.

Avant l'essai, le câble doit être maintenu à une température sensiblement constante pendant une durée au moins égale à 12 h. Si l'on n'est pas sûr que la température de l'âme conductrice est égale à la température ambiante, cette durée est portée à 24 h.

6.3.3 *Frequency of the mechanical and electrical tests*

Provided that the total length in the contract exceeds 4 km of single-core cable, the maximum frequency of these tests shall be in accordance with the following table:

Single-core cable length (km)		Number of samples taken from cables manufactured for the contract
>	≤	
4	20	1
20	40	2
40	60	3
etc.	etc.	etc.

6.4 *Type tests*

Type tests are tests made by the manufacturer before supplying on a general commercial basis a finished product covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application.

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 materials or the design, which might change the performance characteristics.

6.5 *Tests after installation*

Tests after installation are tests made in order to demonstrate the integrity of the cable and its accessories.

SECTION TWO — ROUTINE TESTS ON CABLES

7. **General**

The tests specified in Clauses 8 to 10 inclusive shall be carried out on all finished cables as defined in Sub-clause 6.2, forming the subject of a contract. For the tests specified in Clauses 9 and 10, the cables shall be installed with suitable terminations. The tests shall be made at atmospheric pressure.

8. **Conductor resistance test**

The d.c. resistance of the conductor in the finished cable shall be measured. The measured value of resistance when corrected to a temperature of 20 °C and a length of 1 km shall not exceed the value specified for Class 2 conductors in IEC Publication 228 or the declared value in Sub-clause 5.1.2. The correction for temperature and length shall be made in accordance with IEC Publication 228.

The cable 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 ambient temperature, the period should be extended to 24 h.

### 9. **Mesure de la capacité**

La capacité est mesurée à fréquence industrielle à l'aide d'un pont en courant alternatif, la capacité de chaque conducteur ne devant pas dépasser de plus de 8% la valeur spécifiée (voir paragraphe 5.1.3).

### 10. **Mesure de l'angle de pertes diélectriques**

L'angle de pertes diélectriques est mesuré à la température ambiante, entre l'âme conductrice et l'écran, sous une tension d'essai à la fréquence industrielle spécifiée ci-après. Si les mesures sont effectuées à une température inférieure à 20 °C, les résultats sont ramenés à 20 °C, soit en déduisant de la valeur mesurée 2% de cette valeur par degré Celsius de la différence entre la température d'essai et 20 °C, soit en utilisant une courbe de correction appropriée à l'isolant, s'il y a eu accord entre l'acheteur et le fabricant sur une telle courbe. On n'effectue pas de correction si la température d'essai est égale ou supérieure à 20 °C.

La tension d'essai est  $0,1 U_0$  et  $0,5 U_0$  pour le câble sous pression atmosphérique.

L'angle de pertes diélectriques à  $0,1 U_0$  ne doit pas dépasser :

0,004 pour des câbles dont  $U_0$  n'excède pas 87 kV

0,003 pour des câbles dont  $U_0$  est plus grand que 87 kV

L'augmentation de l'angle de pertes diélectriques entre  $0,1 U_0$  et  $0,5 U_0$  ne doit pas dépasser 0,001.

## SECTION TROIS — ESSAIS SPÉCIAUX SUR LES CÂBLES

### 11. **Mesure de l'épaisseur de l'isolant**

L'épaisseur de l'isolant est déterminée sur un échantillon prélevé à une extrémité de chacune des longueurs de câbles terminés, choisies comme indiqué au paragraphe 6.3.2 par la méthode suivante :

L'échantillon est désassemblé pour obtenir les conducteurs isolés, dépourvus de leurs écrans sur isolant. Le diamètre des conducteurs isolés est mesuré en cet état à l'aide d'un ruban métré à 50 mm et à 100 mm de l'extrémité de chaque conducteur. L'espace entre les divisions successives du ruban ne doit pas correspondre à un écart en diamètre supérieur à 0,5 mm. L'isolant est ensuite enlevé pour mettre à nu l'écran sur l'âme conductrice et les diamètres sur cet écran sont alors mesurés à l'aide du ruban métré. L'épaisseur d'isolant en chaque endroit mesuré est calculée comme la demi-différence des deux diamètres mesurés à cet endroit.

La valeur de l'épaisseur en chaque endroit résultant des mesures ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée au paragraphe 5.1.10.

### 12. **Essai mécanique et essai diélectrique de sécurité**

L'essai mécanique consiste en un essai de pliage suivi d'un essai électrique et d'un examen physique du câble. Les échantillons pour cet essai sont prélevés conformément au paragraphe 6.3.3.

**9. Capacitance test**

The capacitance shall be measured at power frequency by means of an a.c. bridge; the capacitance of each cable shall be not greater than 8% above the declared value (see Sub-clause 5.1.3).

**10. Dielectric loss angle test**

The dielectric loss angle shall be measured at ambient temperature between conductor and screen, employing the power-frequency test voltages specified 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 Celsius degree of the difference between the test temperature and 20 °C or by 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 temperature exceeds 20 °C.

With the cable at atmospheric pressure the test voltage shall be  $0.1 U_0$  and  $0.5 U_0$ .

The dielectric loss angle at  $0.1 U_0$  for:

cables with  $U_0$  not exceeding 87 kV shall not exceed 0.004

cables with  $U_0$  greater than 87 kV shall not exceed 0.003

The increase in dielectric loss angle between  $0.1 U_0$  and  $0.5 U_0$  shall not exceed 0.001.

SECTION THREE — SPECIAL TESTS ON CABLES

**11. Measurement of thickness of the 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 Sub-clause 6.3.2 by the following 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 scale divisions of the diameter measuring tape shall be not more than 0.5 mm. The insulation shall then be removed to reveal the conductor screen and the diameters over the conductor screen 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.

For each measurement the thickness values resulting from the measurements shall not fall below the value declared as in Sub-clause 5.1.10.

**12. Mechanical test and dielectric security test**

The test consists of a bending test followed by an electrical test and by a physical examination of the cable. The samples for this test shall be selected according to Sub-clause 6.3.3.

### 12.1 *Essai de pliage*

L'essai de pliage est effectué sur un échantillon de longueur suffisante pour permettre au moins un tour complet autour du mandrin d'essai et d'au moins 10 m y compris les extrémités.

L'essai doit être effectué à la température ambiante\*.

Le diamètre du mandrin d'essai est de  $25(D + d) + 5\%$

où:

$D$  = diamètre du conducteur sans fils de glissement.

$d$  = diamètre de l'âme conductrice.

Le câble étant allongé et de niveau, une extrémité est attachée au mandrin d'essai. Une ligne de repère parallèle à l'axe est tracée sur la génératrice supérieure du câble. Le mandrin est ensuite mis en rotation régulière jusqu'à ce que la totalité de l'échantillon de câble soit enroulée en spire serrée. Le mandrin est ensuite actionné en sens inverse pour dérouler le câble.

Le câble est alors tourné autour de son axe de  $180^\circ$ , et le cycle d'enroulement et de déroulement est répété avec les mêmes sens de rotation qu'auparavant. Le câble est de nouveau tourné de  $180^\circ$  autour de son axe, la ligne de référence revenant à sa position initiale, c'est-à-dire la génératrice supérieure. Il est également possible d'inverser le sens de rotation du mandrin d'essai en conservant la même position du câble, de sorte qu'il s'enroule soit par le haut, soit par le bas du mandrin. Le cycle complet: enroulement/déroulement/rotation du câble/enroulement/déroulement/rotation du câble est effectué trois fois sur l'échantillon de câble.

### 12.2 *Essai diélectrique de sécurité*

Après l'essai de pliage du paragraphe 12.1, l'échantillon de câble est soumis à un essai de tension à fréquence industrielle, la tension d'essai étant appliquée entre l'âme conductrice et l'écran pendant 24 h consécutives.

L'essai est effectué à la température ambiante. La valeur de la tension d'essai (voir tableau I, page 32) est de:

$2,5 U_0$  pour les câbles dont  $U_0$  n'excède pas 87 kV

$1,73 U_0 + 100$  kV pour les câbles dont  $U_0$  dépasse 87 kV

Aucun claquage ne doit se produire dans l'isolant pendant l'essai.

Pour cet essai, l'échantillon ou les échantillons de câble sont installés dans un tuyau convenable avec extrémités, et la pression d'huile au point le plus haut du montage est maintenue à une pression n'excédant pas la valeur minimale spécifiée au paragraphe 5.1.5.

### 12.3 *Examen des fils de glissement et de l'écran*

Après l'essai diélectrique de sécurité selon le paragraphe 12.2, une longueur au plus égale à 1 m, prélevée au milieu de l'échantillon du câble qui a été essayé, doit être examinée. Les fils de glissement et l'écran ne doivent pas être déplacés ou endommagés sérieusement.

### 12.4 *Examen de l'isolant*

Après l'examen des fils de glissement et de l'écran, conformément au paragraphe 12.3, on prélève une longueur de câble de 300 mm au centre de l'échantillon. On enlève l'isolant en retirant les rubans de papier isolant, en n'en prenant qu'un petit nombre à chaque fois, et on examine les dé joints et les déchirures éventuels.

\* L'essai de pliage doit être effectué à  $-10^\circ\text{C}$  si les câbles sont conçus pour être installés à des températures inférieures à  $0^\circ\text{C}$ .

### 12.1 *Bending test*

The bending test shall be made on a sample of cable of sufficient length to provide at least one complete turn round the test cylinder and at least 10 m in length not including terminations.

The test shall be made at ambient temperature\*.

The diameter of the test cylinder shall be  $25(D + d) + 5\%$

where:

$D$  = diameter over the core without the skid wires.

$d$  = conductor diameter.

The cable shall be laid out straight and level, and one end secured to the test cylinder. A reference line shall be drawn along the top of the cable parallel to its longitudinal axis. The cylinder shall then be rotated steadily so that all the cable is taken up in a closely wound coil. The cylinder shall then be rotated in the opposite direction so that the cable is unwound.

The cable shall then be rotated  $180^\circ$  about its longitudinal axis and the winding and unwinding process repeated with the same directions of test cylinder rotation as before. The cable shall then be rotated about its longitudinal axis by  $180^\circ$  to regain its initial position, i.e. reference line uppermost. Alternatively, reversal of the direction of rotation of the test cylinder is permitted in order that the cable may be retained in the same position so that it will alternate between the bottom and the top of the test cylinder. The complete cycle of wind/unwind/cable rotation/wind/unwind/cable rotation shall be carried out three times on the cable sample.

### 12.2 *Dielectric security test*

After the bending test in accordance with Sub-clause 12.1 the sample of cable shall be subjected to a power-frequency test voltage applied between conductor and screen continuously for 24 h.

The test shall be made at ambient temperature. The value of the test voltage (see Table I, page 33) shall be:

2.5  $U_o$  for cables with  $U_o$  not exceeding 87 kV

1.73  $U_o + 100$  kV for cables with  $U_o$  exceeding 87 kV

No breakdown of the insulation shall occur during the test.

For this test, the sample or samples of cable shall be installed in a suitable pipe and with terminations and the oil pressure at the highest point of the assembly shall be maintained at a pressure not exceeding the minimum value specified under Sub-clause 5.1.5.

### 12.3 *Examination of the skid wires and screen*

After the dielectric security test in accordance with Sub-clause 12.2, a specimen not longer than 1 m, taken from the middle of the sample of cable which has been tested, shall be examined. The skid wires and screen shall not be seriously displaced or damaged.

### 12.4 *Examination of insulation*

After examination of the skid wires and screen in accordance with Sub-clause 12.3, a piece of cable 300 mm long shall be cut from the central part of the sample. The insulation shall be removed by taking off a small number of paper tapes at a time, and the tapes examined for tears and gaps.

\* The bending test shall be carried out at  $-10^\circ\text{C}$  if the cables are intended to be laid at temperatures lower than  $0^\circ\text{C}$ .

On doit constater simultanément que :

- a) le nombre de rubans de papier isolant qui, sur les 300 mm de l'échantillon, contiennent des déchirures longitudinales ou sur les bords de plus de 7,5 mm, ne doit pas être supérieur à deux par conducteur ;
- b) en aucun point, dans l'épaisseur d'isolant, il ne doit y avoir plus de :
  - 1) deux déchirures en coïncidence, quelle que soit leur longueur, sur deux rubans de papier isolant adjacents, ou
  - 2) deux déjoints en coïncidence, quelle que soit la longueur de ceux-ci, sur deux rubans de papier isolant adjacents ; cependant, ce nombre maximal admissible de déjoints en coïncidence est porté à trois pour les zones de changement de sens du rubanage.

Les prescriptions ci-dessus ne concernent pas les papiers au noir de carbone.

#### 12.5 Répétition de l'essai

Si les prescriptions qui précèdent ne sont pas satisfaites, on prélève un nouvel échantillon sur une autre longueur de fabrication et l'ensemble des essais de l'article 12 doit être répété.

Si ces nouveaux essais ne sont pas satisfaisants, le lot dont les échantillons prélevés sont représentatifs est considéré comme non conforme.

Un nouvel échantillonnage et de nouveaux essais font alors l'objet d'une négociation.

### SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE EFFECTUÉS SUR LES CÂBLES

#### 13. Généralités (article 6)

13.1 Les essais de type, comprenant les essais spécifiés aux articles 15 et 16, en plus des essais prévus aux sections deux et trois, sont destinés à vérifier que les caractéristiques du modèle de base du câble examiné répondent aux prescriptions spécifiées.

Ces essais peuvent faire l'objet d'une dispense partielle ou totale, pour celui ou ceux d'entre eux qui ont été effectués précédemment sur des câbles de « fabrication similaire » à celle des câbles objet du contrat, et pour lequel ou lesquels le fabricant peut produire un procès-verbal.

13.2 Un câble est dit de « fabrication similaire » si ses caractéristiques sont comparables, comme il est indiqué ci-après, à celles du câble objet du contrat pour chacun des essais suivants (avec une tolérance de 5 %, sauf spécification contraire ci-dessous).

##### 13.2.1 Essai de l'angle de pertes diélectriques en fonction de la température (article 15)

- a) Tension spécifiée égale à  $U_0$  à  $\pm 10\%$  près.
- b) Température maximale de l'âme conductrice égale ou supérieure.

##### 13.2.2 Essai diélectrique de sécurité (paragraphe 12.2)

Comme défini ci-dessus pour l'essai de l'angle de pertes diélectriques en fonction de la température, mais avec les prescriptions complémentaires suivantes :

- a) Diamètre de l'âme conductrice égal ou supérieur.
- b) Ame de forme géométrique semblable.
- c) Gradient maximal à tension nominale  $U_0$  égal ou supérieur (calculé à partir des dimensions réelles).

The following requirements shall be met:

- a) the number of insulating paper tapes which, in the 300 mm length of the sample, contain longitudinal or edge tears exceeding 7.5 mm shall be not more than two per cable;
- b) at no point throughout the insulation shall there be more than either:
  - 1) two coincidental tears of any length in adjacent insulating papers, or
  - 2) two coincidental gaps of any length in adjacent insulating papers, except that the permissible number of said gaps is three if these coincide with the reversal of the direction of lay.

Carbon black papers are excluded from the above requirements.

#### 12.5 *Re-test procedure*

If the above requirements are not met, a new sample shall be taken from another manufacturing length and the whole test procedure specified in Clause 12 shall be repeated.

Should it fail, the batch of which these samples were representative should be regarded as failing to comply.

Further re-sampling and testing should then be a matter for negotiation.

### SECTION FOUR — TYPE TESTS ON CABLES

#### 13. **General** (Clause 6)

13.1 The type tests, including the tests specified in Clauses 15 and 16 in addition to the tests specified in Sections Two and Three, are intended to demonstrate that the performance characteristics of the basic cable design meet the specified requirements.

Any or all of the tests may be omitted provided that the test or tests has or have previously been made on cables of “similar design” as the cable included in the contract and the manufacturer produces a certificate in this respect.

13.2 “Similar design” is defined as a cable having the following characteristics compared with the contract cable for each of the tests as follows (a tolerance of 5% is permitted except where specified below).

##### 13.2.1 *Dielectric loss angle/temperature test* (Clause 15)

- a) Rated voltage  $U_0$  within  $\pm 10\%$ .
- b) A maximum permissible conductor temperature equal or higher.

##### 13.2.2 *Dielectric security test* (Sub-clause 12.2)

As defined for the dielectric loss angle/temperature test but with the following additional requirements:

- a) Conductor diameter equal or greater.
- b) Similar conductor shape.
- c) Maximum stress at rated voltage  $U_0$  equal or greater (as calculated from the actual dimension values).

Si l'habitude du fabricant est de proposer des câbles d'épaisseur d'isolant identique pour une même tension nominale, quelle que soit la section de l'âme, les prescriptions des points *a)* et *c)* ci-dessus sont remplacées par :

- d)* Même épaisseur d'isolant spécifié.
- e)* Même diamètre de l'âme, ou essais effectués sur deux câbles satisfaisant aux prescriptions ci-dessus, l'un ayant une âme de diamètre inférieur, l'autre une âme de diamètre supérieur.

### 13.2.3 Essai de tension de choc (article 16)

Comme défini pour l'essai diélectrique de sécurité, mais avec les prescriptions complémentaires suivantes :

- a)* Gradient maximal à  $U_p$  égal ou supérieur (calculé à partir des dimensions réelles).

Si l'habitude du fabricant est de proposer des câbles d'épaisseur d'isolant identique pour une même tension nominale, quelle que soit la section de l'âme, la prescription du point *a)* ci-dessus est remplacée par :

- b)* le câble a été essayé à une tension égale ou supérieure à  $U_p$ .

## 14. Prescriptions d'essais

Les essais peuvent être effectués sur des échantillons distincts de câble, ou sur un même échantillon, au choix du fabricant. Si un même échantillon est soumis à plus d'un essai, la séquence des essais est au choix du fabricant. Cependant, si un défaut se produit au cours d'un essai autre que le premier, cet essai défaillant est répété sur un nouvel échantillon de câble, le résultat de ce nouvel essai étant seul pris en considération pour le jugement final des résultats.

Les échantillons destinés aux essais diélectriques doivent être installés dans un tuyau convenable avec extrémités, et la pression d'huile au point le plus élevé de l'installation doit être maintenue à une pression n'excédant pas la valeur minimale spécifiée au paragraphe 5.1.5.

## 15. Essai de l'angle de pertes diélectriques/température

Cet essai est effectué sur un échantillon de câble d'au moins 10 m de long.

L'angle de pertes diélectriques est mesuré sous la tension nominale  $U_0$  et

- a)* à la température ambiante. La température du câble ne doit en aucun cas dépasser 25 °C ;
- b)* après avoir chauffé le câble de manière à porter l'ensemble de l'isolant à une température uniforme (radialement et longitudinalement) de 5 °C supérieure à la température maximale admissible de l'âme conductrice en service; telle qu'elle est spécifiée au paragraphe 5.1.4, en utilisant une des méthodes de chauffage décrites à l'annexe A ;
- c)* à des températures d'isolant (uniformes radialement et longitudinalement) de 60 °C à 40 °C environ, en cours de refroidissement ;
- d)* aussitôt après refroidissement à la température ambiante.

Pour chacune de ces mesures (aux cinq températures), l'angle de pertes diélectriques ne doit pas être supérieur aux valeurs spécifiées au tableau II, page 32.

Where it is the manufacturer's practice to offer cables for the same rated voltage with a constant insulation thickness, independent of the conductor size, requirements *a)* and *c)* above shall not apply and the following shall be inserted:

- d)* The same specified insulation thickness.
- e)* The same conductor diameter, or tests shall have been carried out on two cables meeting all the above requirements, one with a smaller conductor diameter and one with a larger conductor diameter.

### 13.2.3 *Lightning impulse voltage test* (Clause 16)

As defined for the dielectric security test but with the following additional requirements:

- a)* Maximum stress at  $U_p$  equal or greater, as calculated from the actual dimension values.

Where it is the manufacturer's practice to offer cables for the same voltage rating with a constant insulation thickness independent of conductor size, the following requirement shall be substituted for Item *a)* above:

- b)* The cable has been tested at a voltage equal to or greater than  $U_p$ .

## 14. **Test requirements**

The tests may be carried out on separate samples of cable, or on one sample of cable only, at the discretion of the manufacturer. If more than one test is carried out on one sample of cable, the order in which the tests are performed shall be at the discretion of the manufacturer. If, however, during the second or subsequent test the requirements are not met, the test which has not been passed shall be repeated on a new sample of cable, and the results of this repeat test shall be valid only for the ultimate assessment of the results.

For the electrical tests, the sample or samples of cable shall be installed in suitable pipe and terminations and the oil pressure at the highest point of the assembly shall be maintained at a pressure not exceeding the minimum value declared under Sub-clause 5.1.5.

## 15. **Dielectric loss angle/temperature test**

This test shall be made on a sample of cable at least 10 m long.

The dielectric loss angle shall be measured at the rated voltage  $U_o$  and

- a)* at ambient temperature. The cable temperature shall in no case be higher than 25 °C;
- b)* after the whole dielectric of the cable has been heated to a sufficient uniform temperature (radially and longitudinally) of 5 °C above the maximum permissible operating temperature of the conductor as specified under Sub-clause 5.1.4 using one of the methods of heating described in Appendix A;
- c)* at a sufficient uniform temperature of the dielectric (radially and longitudinally) of about 60 °C and 40 °C during cooling;
- d)* immediately after cooling to ambient temperature.

Throughout the test (i.e. in all five temperature conditions), the dielectric loss angle shall not exceed the value specified in Table II, page 33.

## 16. Essai de tension de choc à chaud

### 16.1 Généralités

L'essai de tension de choc est effectué sur un échantillon de câble de 10 m de long au moins, ayant subi au préalable l'essai de pliage dans les conditions et selon les procédures spécifiées au paragraphe 12.1.

Si l'installation d'essai comporte des jonctions, voir l'article 21. Après l'essai de choc, l'échantillon de câble est soumis à l'essai de tension alternative spécifié au paragraphe 16.4. La longueur minimale de câble entre les entrées des boîtes d'extrémités est de 10 m.

### 16.2 Prescriptions et modalités de l'essai de choc

L'essai de choc est effectué après chauffage du câble conformément au paragraphe 16.3. La température du câble est stabilisée à la valeur de l'essai durant au moins 2 h, après quoi on applique sur un conducteur 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs entre âme et écran. La valeur de crête de la tension de choc (voir paragraphe 4.2) est égale à la valeur spécifiée au point *b*) du paragraphe 5.1.1.

L'étalonnage du générateur de choc et les modalités détaillées de l'essai sont conformes aux prescriptions de la Publication 230 de la CEI.

Aucune perforation de l'isolant du câble ne doit se produire durant l'essai.

### 16.3 Température durant l'essai

Pendant l'essai, la température doit être égale à la température maximale admissible en service continu avec une tolérance de  $+5 - 0$  °C. Le fabricant peut choisir l'une ou l'autre des méthodes de chauffage décrites à l'annexe A.

### 16.4 Essai de tension alternative après l'essai de choc

A la fin de l'essai décrit au paragraphe 16.2, l'échantillon de câble est soumis à un essai à haute tension à fréquence industrielle, à la température ambiante ou à toute température intermédiaire durant le refroidissement, au choix du fabricant.

La valeur de la tension d'essai, entre âme conductrice et écran, est conforme aux indications ci-après et sa durée d'application est de 15 min.

$$\begin{aligned} & 2 U_o + 10 \text{ kV pour les câbles dont } U_o \text{ ne dépasse pas } 87 \text{ kV} \\ & 1,67 U_o + 10 \text{ kV pour les câbles dont } U_o \text{ est à } 87 \text{ kV ou plus} \end{aligned}$$

La tension est graduellement augmentée jusqu'à la valeur spécifiée. Aucune perforation de l'isolation du câble ne doit se produire.

## SECTION CINQ — ESSAIS INDIVIDUELS EFFECTUÉS SUR TUYAU ET ACCESSOIRES

### 17. Essais sur tuyau d'acier

Chaque longueur du tuyau d'acier doit être fabriquée et essayée selon les normes nationales concernant les tuyaux d'acier utilisés dans les limites de pression spécifiées.

## 16. Hot lightning impulse voltage test

### 16.1 General

The impulse voltage test shall be made on a sample of cable at least 10 m long, which has already been subjected to the bending test in accordance with the procedures specified in Sub-clause 12.1.

If the test assembly includes cable joints, see Clause 21. After the impulse voltage test, the cable sample shall be submitted to the a.c. voltage test specified in Sub-clause 16.4. The minimum length between the end-plates of the sealing ends shall be 10 m.

### 16.2 Impulse test procedure and requirements

The impulse voltage test shall be carried out after the sample has been heated in accordance with the requirements specified in Sub-clause 16.3. The cable shall be maintained at the test temperature for at least 2 h, then shall be subjected to 10 positive and 10 negative impulses, applied between conductor and core screen. The peak value of the impulse test voltage (see Sub-clause 4.2) shall be equal to the value declared under Item *b*) of Sub-clause 5.1.1.

The calibration of the impulse generator and the detailed test procedure shall be in accordance with the requirements of IEC Publication 230.

During the test, no breakdown of the cable insulation shall occur.

### 16.3 Test temperature

The test temperature shall be the maximum continuous operating temperature with a tolerance of  $+5-0^{\circ}\text{C}$ . The manufacturer may choose any one of the heating methods described in Appendix A.

### 16.4 A.C. voltage test after the impulse test

After completion of the test described under Sub-clause 16.2, the sample shall be subjected to a power-frequency high voltage test at ambient temperature or at any temperature during cooling at the discretion of the manufacturer.

The value of the test voltage, between conductor and screen, shall be as given below and the duration 15 min.

$$\begin{aligned} &2 U_o + 10 \text{ kV for cables with } U_o \text{ not exceeding } 87 \text{ kV} \\ &1.67 U_o + 10 \text{ kV for cables with } U_o \text{ exceeding } 87 \text{ kV} \end{aligned}$$

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

## SECTION FIVE — ROUTINE TESTS ON PIPE AND ACCESSORIES

### 17. Tests on steel pipe

Each length of steel pipe shall be manufactured and tested in accordance with the appropriate national regulations for steel pipes for operation under the specified pressure limits.

## 18. Essai des extrémités et des boîtes de trifurcation

Chaque extrémité complète et chaque boîte de trifurcation doivent être essayées hydrauliquement pendant 15 min à une pression double de la pression maximale de service. Il ne doit pas se produire de fuite ou d'éclatement.

## 19. Essais de l'équipement hydraulique

### 19.1 Essais de réservoirs de stockage d'huile

Pour les systèmes avec pompes où l'huile est stockée sous vide, les essais suivants sont effectués sur le réservoir de stockage. Dans le cas où l'huile n'est pas stockée sous vide, les essais sur le réservoir de stockage font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

#### a) Essai de vide

On fait le vide dans le réservoir jusqu'à ce qu'il soit sec et vidé jusqu'à une pression absolue inférieure à 0,13 kPa (1 mm Hg). Le réservoir est alors séparé de la pompe à vide et la pression doit être relevée pendant une durée de 24 h. Pendant cette durée, la pression absolue ne doit pas dépasser 1,3 kPa (10 mm Hg).

#### b) Essais sous pression

On soumet le réservoir à une pression hydrostatique de 200 kPa (2,0 bar) pendant 24 h.

Il ne doit se produire ni rupture ni déformation sensible du réservoir pendant l'un ou l'autre des essais.

### 19.2 Essai des manomètres

L'essai qui suit est supprimé s'il existe un procès-verbal d'essai du fabricant du manomètre. Chaque manomètre monté verticalement est essayé à une température de  $20 \pm 5$  °C sur toute sa plage de mesure, les lectures étant faites en pression croissante et décroissante.

L'erreur sur l'indication de pression, en tout point compris entre 10% et 90% de la déviation maximale, doit être inférieure à 1% de la déviation maximale et, pour le reste de l'échelle, 1,5% de cette déviation maximale.

Après l'essai ci-dessus, la pression est portée à une valeur supérieure de 25% à celle de la déviation maximale et ensuite ramenée immédiatement à zéro.

On essaie alors de nouveau le manomètre pour vérifier sa précision, en suivant la méthode spécifiée au premier alinéa du présent paragraphe.

### 19.3 Essais des manomètres avertisseurs

L'essai qui suit est supprimé s'il existe un procès-verbal d'essai du fabricant de l'appareil.

Les pressions de déclenchement du manomètre à contact électrique sont vérifiées et ne doivent pas différer des valeurs affichées de plus de  $\pm 2\%$  de la déviation maximale.

**18. Test on sealing-ends and trifurcating boxes**

Each sealing-end assembly and each trifurcating box shall be hydraulically tested for 15 min at a pressure of twice the maximum operating pressure. No leakage or breaking shall occur.

**19. Tests on hydraulic equipment**

**19.1 Tests on storage oil tanks**

For pumping units where the oil is stored under vacuum, the following tests shall be made on the oil storage tank. Where the oil is not stored under vacuum, the tests on the oil storage tank will be subject to agreement between the manufacturer and purchaser.

*a) Vacuum test*

Vacuum shall be applied to the tank until it is dry and evacuated to an absolute pressure less than 0.13 kPa (1 mm Hg). The tank shall then be isolated from the vacuum pump and the pressure observed over a period of 24 h. During this period the absolute pressure shall not exceed 1.3 kPa (10 mm Hg).

*b) Pressure test*

The tank shall be subjected to a hydrostatic pressure of 200 kPa (2.0 bar) for 24 h.

No rupture or significant distortion of the tank shall occur during either of the tests.

**19.2 Test on pressure gauges**

This test shall be omitted if a test certificate of the pressure gauge manufacturer is available. Each gauge, installed in a vertical plane, shall be tested at a temperature of  $20 \pm 5$  °C over its entire scale, taking readings with increasing and decreasing pressure.

The error in pressure indication at any point above 10% and below 90% of the maximum scale graduation, shall not exceed 1% of the maximum scale graduation and, for the remainder of the scale, 1.5% of the maximum scale graduation.

After the above test, the pressure shall be raised to a value of 25% above the maximum scale reading and then immediately released to zero.

The gauge shall then be retested for accuracy in accordance with the procedure specified in the first paragraph of this sub-clause.

**19.3 Tests on alarm pressure gauges**

This test shall be omitted if a test certificate of the pressure gauge manufacturer is available.

The tripping pressures of the electrical contact gauge shall be checked and shall not vary by more than  $\pm 2\%$  of the full-scale value from the nominal settings.

## SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE EFFECTUÉS SUR ACCESSOIRES

### 20. Généralités

Les essais spécifiés aux articles 22 et 23 sont destinés à vérifier que les caractéristiques du modèle de base de l'accessoire considéré répondent aux prescriptions spécifiées. Ces essais peuvent faire l'objet d'une dispense partielle ou totale, pour celui ou ceux d'entre eux qui ont été effectués précédemment sur un accessoire de « fabrication similaire » à celle des accessoires objet du contrat, et pour lequel ou lesquels le fabricant peut produire un procès-verbal.

Un accessoire est dit de « fabrication similaire » si ses caractéristiques sont comparables, comme il est indiqué ci-après, à celles de l'accessoire objet du contrat pour chacun des essais (avec une tolérance de 5%, sauf spécification contraire ci-dessous).

#### 20.1 Essai diélectrique de sécurité (article 23)

- a) Tension spécifiée égale à  $U_o \pm 10\%$  près.
- b) Température maximale admissible de l'âme conductrice du câble égale ou supérieure.
- c) Même principe de fonctionnement électrique.
- d) Pression d'huile minimale admissible égale ou inférieure.
- e) Diamètre de l'âme conductrice du câble égal ou supérieur.
- f) Ame du câble de forme géométrique semblable.

#### 20.2 Essai de tension de choc (article 22)

Comme défini ci-dessus pour l'essai de sécurité diélectrique, avec la prescription complémentaire suivante :

- a) L'accessoire a été essayé à une tension égale ou supérieure à  $U_p$ .

### 21. Prescriptions de l'essai

Les essais sont effectués sur une installation consistant en un câble unique installé dans un tuyau adapté. Pour obtenir une qualification pour une jonction droite ou de trifurcation, une jonction de la même conception électrique doit être montée dans l'installation sur un seul câble et installée dans un manchon convenable.

La longueur de câble prise pour l'essai est normalement un échantillon du câble auquel les accessoires sont associés dans l'installation ; cependant, par accord entre l'acheteur et le fabricant, il est admis d'utiliser un câble de tension spécifiée supérieure. Dans le premier cas, l'essai est considéré comme étant valable à la fois pour le câble et pour les accessoires, à condition que le câble satisfasse complètement par ailleurs aux prescriptions des articles 12 et 16, et que la longueur de câble interposée entre accessoires successifs soit de 5 m au moins.

### 22. Essai de tension de choc

L'essai de tension de choc est effectué selon les prescriptions des paragraphes 16.2 et 16.3, la température étant vérifiée au point le plus chaud du câble et non de l'accessoire.

Il ne doit se produire ni claquage d'isolant ni contournement des boîtes d'extrémités en aucun point de l'installation d'essai. Les éclateurs à corne ou à anneau peuvent être démontés avant l'essai.

SECTION SIX — TYPE TESTS ON ACCESSORIES

20. **General**

The tests specified in Clauses 22 and 23 are intended to demonstrate the satisfactory performance characteristics of the basic accessory design to meet the specified requirements. Any or all of the tests may be omitted provided that the test or tests has or have previously been made on an accessory of “similar design” to the accessories included in the contract and the manufacturer produces a certificate to this effect.

“Similar design” is defined as an accessory with the following characteristics compared with the contract accessory for each of the tests as follows (a tolerance of 5% is accepted unless otherwise specified).

20.1 *Dielectric security test* (Clause 23)

- a) Rated voltage  $U_0$  within  $\pm 10\%$ .
- b) A maximum permissible cable conductor temperature equal to or higher.
- c) Similar electrical design.
- d) Minimum permissible oil pressure equal to or lower.
- e) Cable conductor diameter equal to or greater.
- f) Similar conductor shape.

20.2 *Lightning impulse voltage test* (Clause 22)

As defined for the dielectric security test but with the following additional requirement.

- a) The accessory has been tested at a voltage equal to  $U_p$  or greater.

21. **Test requirements**

The tests shall be carried out on an installation consisting of single cable installed in a suitable pipe. To obtain approval for a straight or trifurcating joint, a joint of the same electrical design shall be fitted to the installation on single cable and contained in a suitable sleeve.

The cable length used for testing shall normally be a sample of the cable with which the accessories will be associated in the installation; it may, however, be a cable of higher voltage rating if agreed by the purchaser and the manufacturer. In the first case, the test shall be considered valid both for the cable and the accessories, provided that, for the cable, the requirements of Clauses 12 and 16 are fully complied with, and that the length of cable between the ends of adjacent accessories is not less than 5 m.

22. **Lightning impulse voltage test**

The lightning impulse voltage test shall be made as specified in Sub-clauses 16.2 and 16.3, the temperature at the hottest point of the cable being controlled and not that of the accessory.

No breakdown in any part of the test assembly or flashover of the sealing ends shall occur. Arcing horns or rings may be removed for the test.

### 23. Essai diélectrique de sécurité

On effectue l'essai diélectrique de sécurité spécifié au paragraphe 12.2. Il ne doit se produire ni claquage en aucun point de l'installation d'essai, ni contournements des boîtes d'extrémités.

## SECTION SEPT — ESSAIS ÉLECTRIQUES EFFECTUÉS APRÈS POSE

### 24. Généralités

A l'achèvement du contrat, l'installation complète est soumise aux essais électriques décrits aux articles 25 et 26.

Pendant l'installation et avant remplissage, un essai diélectrique peut être effectué sur le revêtement anticorrosion du tuyau et des accessoires pour vérifier son intégrité.

*Note.* — Avant le remplissage d'huile, des essais sont effectués sur le tuyau mis en place avec les équipements pour vérifier que le tuyau est sec et sans fuite.

### 25. Essai diélectrique

Après avoir mis l'installation à la pression spécifiée, le câble, ses jonctions et boîtes d'extrémités formant un circuit complet sont essayés en tension continue et doivent supporter une tension égale à la plus faible des tensions définie par la valeur indiquée ci-après ou à 50% de la tension de choc (voir le point *b*) du paragraphe 5.1.1) appliquée entre chaque âme conductrice et l'écran pour une durée de 15 min. :

- 4,5  $U_o$  pour des câbles dont  $U_o$  ne dépasse pas 64 kV
- 4  $U_o$  pour des câbles dont  $U_o$  est compris entre 64 et 130 kV
- 3,5  $U_o$  pour des câbles dont  $U_o$  dépasse 130 kV

Si le câble se termine par une entrée de transformateur ou dans une cellule blindée, cet essai suppose un accord entre l'acheteur, le fabricant de transformateurs ou de cellules blindées et le fabricant de câbles.

*Note.* — S'il se produit un contournement, il peut en résulter une onde de surtension dans le câble. Si cette oscillation de tension est plus élevée que le niveau de tenue garanti (voir point *b*) du paragraphe 5.1.1), elle peut provoquer un claquage de câble ou d'accessoires. Il est donc essentiel que toutes précautions soient prises pour éviter tout contournement sur les extrémités et autres équipements.

### 26. Essais de revêtements anticorrosion

A l'étude.

**23. Dielectric security test**

The dielectric security test specified in Sub-clause 12.2 shall be made. No breakdown in any part of the test assembly or flashover of the sealing ends shall occur.

SECTION SEVEN — ELECTRICAL TESTS AFTER INSTALLATION

**24. General**

On completion of the contract, the complete installation shall be subjected to the electrical tests described in Clauses 25 and 26.

During installation and before backfilling, a spark test should be carried out on the anti-corrosion covering of the pipe and the accessories to check its integrity.

*Note.* — Prior to oil-filling, tests shall be carried out on the installed pipe and cable system to ensure that the pipe is dry and free of leaks.

**25. High-voltage test**

After the system has been brought up to its design oil pressure, the cable, joints and sealing ends forming a complete circuit, shall be tested with direct current and shall withstand a voltage equal to either the value given below or 50% of the specified lightning impulse withstand voltage (see Item *b*) of Sub-clause 5.1.1) whichever is the lower:

4.5  $U_0$  for cables with  $U_0$  not exceeding 64 kV

4  $U_0$  for cables with  $U_0$  exceeding 64 kV but not exceeding 130 kV

3.5  $U_0$  for cables with  $U_0$  exceeding 130 kV

applied between each conductor and screen for a period of 15 min.

If the cable is to end in a transformer or in enclosed switchgear, this test requires an agreement to be reached between the purchaser, the manufacturer of the transformer or switchgear and the cable manufacturer.

*Note.* — If a flashover occurs, a transient voltage may be produced in the cable line. Such a transient voltage swing if higher than the guaranteed withstand level (see Item *b*) of Sub-clause 5.1.1) may cause a breakdown in the cable or accessories. It is therefore important that all possible precautions are taken to prevent flashovers of the sealing ends and other equipment.

**26. Test on corrosion resistant coverings**

Under consideration.

TABLEAU I

*Valeurs normalisées des tensions et des tensions d'essais recommandées pour les câbles à utiliser dans les réseaux triphasés*

1	2	3	4	5
Tensions nominales* du réseau (à titre indicatif)	Tension la plus élevée pour le matériel*  ( $U_m$ )	Tension spécifiée des câbles*  ( $U_o$ )	Tensions d'essais pour les câbles	
			Essai diélectrique de sécurité Tension alternative*	Essais après pose** Tension continue
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)
30	36	18	45	81
33	52	26	65	117
45	72.5	36	90	162
47	123	64	160	290
66	145	76	190	305
69	170	87	220	350
110	245	130	325	520
115	300	160	375	560
132	362	200	445	700
138	420	230	500	805
150	(525)	(300)	(620)	(1050)
161				
220				
230				
275				
287				
330				
345				
380				
400				
(500)				

\* Efficace.

\*\* Voir l'article 25.

Notes 1. — Ce tableau est une extrapolation du tableau V de la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI.

2. — La dernière ligne de ce tableau sort du domaine d'application de cette norme et est donnée à titre provisoire et uniquement pour étude.

3. — Les valeurs des colonnes 4 et 5 ont été arrondies au kilovolt jusqu'à 200 kV et à 5 ou 10 kV, selon les cas, pour les tensions supérieures à 200 kV.

TABLEAU II

*Mesure de l'angle de pertes diélectriques en fonction de la température*

Prescriptions pour l'angle de pertes diélectriques à la tension spécifiée  $U_o$ .

Tension spécifiée $U_o$ (kV)	Angle maximal de pertes diélectriques $\times 10^4$ à $U_o$
Jusqu'à 36	35
50	35
64	33
76	33
87	33
130	30
160	30
200	28
230	28

TABLE I

*Standard values of voltages and test voltages recommended  
for cables to be used in three-phase systems*

1		2	3	4	5
Nominal system voltages* (for information only)		Highest voltages for equipment*  ( $U_m$ )	Rated voltages of cables*  ( $U_o$ )	Test voltages for cables	
				Dielectric security test a.c.*	Test after installation** d.c.
(kV)		(kV)	(kV)	(kV)	(kV)
30	33	36	18	45	81
45	47	52	26	65	117
66	69	72.5	36	90	162
110	115	123	64	160	290
132	138	145	76	190	305
150	161	170	87	220	350
220	230	245	130	325	520
275	287	300	160	375	560
330	345	362	200	445	700
380	400	420	230	500	805
(500)		(525)	(300)	(620)	(1050)

\* R.M.S.

\*\* See Clause 25.

Notes 1. — This table is an extension of Table V in IEC Publication 38: IEC Standard Voltages.

2. — The last line of this table is outside the scope of the present standard and is provisionally given for study purposes only.

3. — The values in the columns 4 and 5 are rounded off to full kilovolt values for voltages up to and including 200 kV and to 5 kV or 10 kV values respectively for voltages exceeding 200 kV.

TABLE II

*Dielectric loss angle/temperature test*

Requirements for the dielectric loss angle at rated voltage  $U_o$ .

Rated voltage $U_o$ (kV)	Maximum dielectric loss angle $\times 10^4$ at $U_o$
Up to 36	35
50	35
64	33
76	33
87	33
130	30
160	30
200	28
230	28

## ANNEXE A

### A1. Méthodes de chauffage

La température de l'échantillon de câble est élevée lentement aux températures d'essai en chauffant:

- a) soit le tuyau métallique seul;
- b) soit l'âme et le tuyau métallique;
- c) soit l'âme seulement.

L'échauffement du tuyau métallique dans les cas *a)* et *b)* peut être obtenu par toute méthode, (électrique ou non) au choix du fabricant; l'échauffement de l'âme conductrice dans les cas *b)* et *c)* est obtenu par passage d'un courant électrique. Dans tous les cas, le tuyau peut être recouvert d'une isolation thermique convenable.

### A2. Réglage des températures

A2.1 Dans le cas *a)* de l'article A1, la température est déterminée par des thermocouples placés en des endroits convenables du tuyau.

A2.2 Dans tous les cas *a)*, *b)*, *c)* de l'article A1, la mesure de température peut être effectuée par l'une des méthodes suivantes:

- a) mesure directe de la température de l'âme conductrice, par exemple au moyen de thermocouples;
- b) mesure directe (par thermocouples) de la température de l'écran métallique et des fils de glissement, et addition de la chute de température dans l'isolation qui est calculée comme étant le produit des pertes engendrées dans l'âme conductrice à la température d'essai et la résistance thermique de l'isolant (voir paragraphe 5.1.6);
- c) mesure de la résistance de l'âme conductrice en courant continu (si la possibilité existe) et calcul de la température de l'âme conductrice.

## APPENDIX A

### A1. Methods of heating cable samples

The cable piece is brought slowly to the test temperatures by heating either:

- a)* the metallic pipe only, or
- b)* the conductor and metallic pipe, or
- c)* the conductor only.

Heating of the metallic pipe in cases *a)* and *b)*, may be effected by any (electrical or non-electrical) method, at the manufacturer's choice; heating of the conductors in cases *b)* and *c)*, shall be by electric current. In all cases the pipe may be covered by a suitable thermal insulation.

### A2. Control of the temperatures

A2.1 In case *a)* of Clause A1 the temperature may be determined by thermocouples placed at suitable points on the pipe;

A2.2 In all cases *a)*, *b)*, *c)* of Clause A1, the temperature measurement may be determined by one of the following methods:

- a)* direct conductor temperature measurement, for example by thermocouples;
- b)* direct measurement (by thermocouples) of the temperature of the metallic screen and skid wires and addition of the temperature drop in the insulation, which is calculated as the product of the conductor losses at the test temperature and the thermal resistance of the insulation (see Sub-clause 5.1.6);
- c)* conductor d.c. resistance measurement (if applicable) and calculation of the conductor temperature.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

---

**ICS 29.060.20**

---