

**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 92-3**

Deuxième édition — Second edition

1965

---

**Installations électriques à bord des navires**

**Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations)**

---

**Electrical installations in ships**

**Part 3: Cables (construction, testing and installations)**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60092-3:1965

Withdrawn

**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 92-3**

Deuxième édition — Second edition

1965

---

**Installations électriques à bord des navires**

**Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations)**

---

**Electrical installations in ships**

**Part 3: Cables (construction, testing and installations)**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## SOMMAIRE

|                                                                                           | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                                       | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                         | 4     |
| Avant-Propos . . . . .                                                                    | 8     |
| <br>CHAPITRE X — CABLES, CONSTRUCTION ET ESSAIS<br><br>                                   |       |
| Articles                                                                                  |       |
| 10.00 Définitions . . . . .                                                               | 10    |
| <br>SECTION UN — CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION<br><br>                                 |       |
| 10.01 à 10.05 Ames conductrices . . . . .                                                 | 10    |
| 10.06 à 10.14 Isolation . . . . .                                                         | 14    |
| 10.15 à 10.26 Revêtements protecteurs . . . . .                                           | 20    |
| 10.27 à 10.31 Assemblage . . . . .                                                        | 26    |
| <br>SECTION DEUX — SPÉCIFICATIONS D'ESSAIS<br><br>                                        |       |
| 10.32 à 10.34 Recommandations générales pour les essais . . . . .                         | 28    |
| 10.35 à 10.40 Examen de la qualité de la fabrication et contrôle des dimensions . . . . . | 30    |
| 10.41 à 10.44 Essais électriques sur longueurs entières de câbles . . . . .               | 36    |
| 10.45 à 10.47 Essais électriques sur échantillons . . . . .                               | 40    |
| 10.48 à 10.54 Essais physiques sur échantillons . . . . .                                 | 42    |
| 10.55 à 10.62 Essais de matériaux . . . . .                                               | 50    |
| Tableaux V, VI, VII . . . . .                                                             | 54-62 |
| ANNEXE A . . . . .                                                                        | 64    |
| ANNEXE B . . . . .                                                                        | 66    |
| ANNEXE C . . . . .                                                                        | 70    |
| ANNEXE D . . . . .                                                                        | 80    |
| ANNEXE E . . . . .                                                                        | 90    |
| ANNEXE F . . . . .                                                                        | 94    |
| ANNEXE G . . . . .                                                                        | 98    |
| ANNEXE H . . . . .                                                                        | 108   |
| ANNEXE J . . . . .                                                                        | 110   |
| <br>CHAPITRE XI — CHOIX ET INSTALLATION DES CABLES<br><br>                                |       |
| Définition . . . . .                                                                      | 112   |
| 11.01 à 11.10 SECTION UN — CHOIX DES CÂBLES . . . . .                                     | 112   |
| 11.11 à 11.28 SECTION DEUX — INSTALLATION DES CÂBLES . . . . .                            | 120   |
| ANNEXE K . . . . .                                                                        | 140   |
| GRAPHIQUES . . . . .                                                                      | 142   |
| INDEX . . . . .                                                                           | 150   |

## CONTENTS

|                        | Page |
|------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .     | 5    |
| PREFACE . . . . .      | 5    |
| Introduction . . . . . | 9    |

### CHAPTER X — CABLES, CONSTRUCTION AND TESTS

#### Clauses

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 10.00 | Definitions . . . . . | 11 |
|-------|-----------------------|----|

#### SECTION ONE — SPECIFIED CHARACTERISTICS

|             |                                |    |
|-------------|--------------------------------|----|
| 10.01—10.05 | Conductors . . . . .           | 11 |
| 10.06—10.14 | Insulation. . . . .            | 15 |
| 10.15—10.26 | Protective coverings . . . . . | 21 |
| 10.27—10.31 | Cabling. . . . .               | 27 |

#### SECTION TWO — TESTING SPECIFICATIONS

|             |                                                                        |       |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| 10.32—10.34 | General recommendations for tests . . . . .                            | 29    |
| 10.35—10.40 | Inspection for regular manufacturing and check of dimensions . . . . . | 31    |
| 10.41—10.44 | Electrical tests on full cable lengths . . . . .                       | 37    |
| 10.45—10.47 | Electrical tests on cable samples . . . . .                            | 41    |
| 10.48—10.54 | Physical tests on cable samples . . . . .                              | 43    |
| 10.55—10.62 | Tests on materials . . . . .                                           | 51    |
|             | Tables V, VI, VII . . . . .                                            | 55–63 |
|             | APPENDIX A . . . . .                                                   | 65    |
|             | APPENDIX B . . . . .                                                   | 67    |
|             | APPENDIX C . . . . .                                                   | 71    |
|             | APPENDIX D . . . . .                                                   | 81    |
|             | APPENDIX E . . . . .                                                   | 91    |
|             | APPENDIX F . . . . .                                                   | 95    |
|             | APPENDIX G . . . . .                                                   | 99    |
|             | APPENDIX H . . . . .                                                   | 109   |
|             | APPENDIX J . . . . .                                                   | 111   |

### CHAPTER XI — CHOICE AND INSTALLATION OF CABLES

|                 |                                                |     |
|-----------------|------------------------------------------------|-----|
|                 | Definition. . . . .                            | 113 |
| 11.01—11.10     | SECTION ONE — CHOICE OF THE CABLES . . . . .   | 113 |
| 11.11—11.28     | SECTION TWO — INSTALLATION OF CABLES . . . . . | 121 |
|                 | APPENDIX K. . . . .                            | 141 |
|                 | GRAPHS. . . . .                                | 143 |
| INDEX . . . . . |                                                | 151 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES A BORD DES NAVIRES

Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations)

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 cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La première édition de la Publication 92 de la CEI fut publiée en 1957 et les sujets traités étaient les mêmes que ceux qui le seront dans la deuxième édition. On reconnut à cette époque que l'étude intensive de ces sujets devait se poursuivre de façon continue afin de tenir compte des développements nouveaux et de la tendance prononcée à utiliser le courant alternatif.

En conséquence, le Comité d'Etudes N° 18 entreprit immédiatement la préparation de la deuxième édition et, de 1955 à 1962, se réunit annuellement dans ce but. On décida dès le début que, pour faciliter les révisions futures sans encourir les frais d'impression de l'ensemble du document, celui-ci serait divisé et publié en six parties, savoir:

Première partie: Règles générales.

Deuxième partie: Symboles graphiques.

Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations).

Quatrième partie: Appareillage, Protection électrique, Distribution et Appareils de commande.

Cinquième partie: Transformateurs pour énergie et éclairage, Redresseurs à semiconducteurs, Génératrices (avec moteurs primaires associés) et Moteurs, Propulsion électrique, Navires citernes.

Sixième partie: Appareillage d'installation, Eclairage, Batteries d'accumulateurs, Appareils de chauffage et de cuisson, Communications intérieures, Paratonnerres.

Le présent fascicule contient la Troisième partie. Les autres parties, la 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> constituent respectivement les Publications 92-1, 92-2, 92-4, 92-5 et 92-6.

La Troisième partie, a été complétée à Stockholm en 1961 et le projet en a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en mai 1962.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS

#### Part 3: Cables (construction, testing and installations)

##### 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.
- 5) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

##### PREFACE

The first edition of IEC Publication 92 was published in 1957 and included the same subjects as those which will be covered by the second edition. It was realized at that time that intensive study of these subjects must be continuous in order to take account of new developments and the rapid trend towards the use of alternating current.

Accordingly Technical Committee No. 18 immediately commenced work on the second edition and from 1955 to 1962 met annually for this purpose. It was decided at the outset that to facilitate future revisions without incurring the expense of reprinting the whole document, it should be divided and published in six Parts, viz.:

Part 1: General Requirements.

Part 2: Graphical Symbols.

Part 3: Cables (construction, testing and installations).

Part 4: Switchgear, Electrical Protection, Distribution and Controlgear.

Part 5: Transformers for Power and Lighting, Semi-conductor Rectifiers, Generators (with associated prime-movers) and Motors, Electric Propulsion and Tankers.

Part 6: Accessories, Lighting, Accumulator (Storage) Batteries, Heating and Cooking appliances, Internal Communications, Lightning Conductors.

The present booklet contains Part 3. Parts 1, 2, 4, 5 and 6 will be issued as IEC Publications 92-1, 92-2, 92-4, 92-5 and 92-6 respectively.

Part 3 was completed at Stockholm in 1961 and the draft was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1962.

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

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Allemagne             | Norvège         |
| Belgique              | Pays-Bas        |
| Canada                | Portugal        |
| Danemark              | Royaume-Uni     |
| Etats-Unis d'Amérique | Suède           |
| France                | Tchécoslovaquie |
| Italie                | Turquie         |
| Japon                 |                 |

Les prescriptions des chapitres suivants de la première partie de la Publication sont également applicables.

*Chapitre 1* — Définitions d'ordre général.

*Chapitre 2* — Prescriptions et conditions générales.

*Chapitre 3* — Mise à la masse des pièces métalliques normalement isolées des parties sous tension.

*Chapitre 4* — Emploi des facteurs d'utilisation.

*Chapitre 5* — Réseaux de distribution à courant continu.

*Chapitre 6* — Réseaux de distribution à courant alternatif.

*Chapitre 7* — Perturbations radioélectriques.

*Chapitre 8* — Essais de l'installation après achèvement.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 3:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Belgium        | Netherlands              |
| Canada         | Norway                   |
| Czechoslovakia | Portugal                 |
| Denmark        | Sweden                   |
| France         | Turkey                   |
| Germany        | United Kingdom           |
| Italy          | United States of America |
| Japan          |                          |

The requirements of the following chapters contained in Part 1 of this Publication also apply:

*Chapter 1* — General definitions.

*Chapter 2* — General requirements and conditions.

*Chapter 3* — Earthing of non-current-carrying parts.

*Chapter 4* — Application of diversity (demand) factors.

*Chapter 5* — D.C. ship's service system of supply.

*Chapter 6* — A.C. ship's service system of supply.

*Chapter 7* — Abatement of radio interference.

*Chapter 8* — Test of completed installation.

## AVANT-PROPOS

Quel que soit leur chantier d'origine, les navires qui sillonnent toutes les mers du monde se trouvent placés dans les mêmes conditions en ce qui concerne le fonctionnement des appareils électriques. A part quelques différences de qualité, les matériaux employés dans la construction du matériel électrique sont de même type et obéissent aux mêmes lois physiques. On peut d'avance connaître ou prédéterminer les caractéristiques des circuits et la tenue en service du matériel électrique: elles suivent les mêmes lois fondamentales quel que soit le pays d'origine.

On peut donc établir des normes internationales qui garantissent un bon fonctionnement du matériel, sans aléas et sans danger, ayant les qualités essentielles pour la sécurité et le bien-être de l'équipage et des passagers, ainsi que pour le transport des marchandises de valeur.

C'est à cette fin qu'on a établi les présentes recommandations. Les constructeurs de navires, les installateurs et constructeurs de matériel électrique intéressés à la construction navale sur le marché international se heurtent actuellement à la nécessité de satisfaire à plusieurs catégories de règlements bien que, comme il a été indiqué plus haut, les conditions de service soient identiques.

Il est bien connu que des appareils construits dans des pays différents présenteront inévitablement des différences de forme et de conception, mais les appareils et les matériaux utilisés aux mêmes fins devront obligatoirement satisfaire aux mêmes conditions de service. On a donc rédigé le présent code sous forme de «Recommandations», ce qui laisse au constructeur le champ le plus large pour user de son initiative dans la conception et l'exécution de son matériel et pour utiliser son outillage et son équipement existants, pour autant qu'ils conviennent.

Il est essentiel que du début à la fin de la construction, il s'établisse une coopération étroite et fructueuse entre l'architecte naval, le constructeur du navire, l'armateur, l'ingénieur électricien et l'installateur; on est ainsi assuré non seulement que les appareils électriques répondent aux services demandés mais aussi que l'on dispose pour les câbles et les appareils d'emplacements appropriés et suffisamment spacieux.

On n'a pas l'intention d'exclure les innovations dans les matériaux, les appareils et les méthodes, pas plus que de décourager les esprits inventifs.

On ne saurait trop insister sur ce point qu'une sérieuse étude technique, un choix judicieux des appareils, des matériaux de bonne qualité et appropriés et avant tout une exécution soignée jouent un rôle essentiel dans la qualité de l'installation. Les recommandations ne visent pas à se substituer à des spécifications détaillées ni à renseigner des personnes non averties.

Les présentes recommandations se réfèrent dans plusieurs de leurs chapitres à d'autres publications de la CEI. Il est bien entendu que seules sont valables les éditions de ces publications en vigueur à la date de parution des présentes recommandations, dans la mesure où elles ne leur sont pas contraires.

En outre, le Comité d'Etudes N° 18 pourra apporter aux présentes recommandations des modifications ou des compléments, soit en raison de l'édition de nouvelles publications, soit en raison de modifications apportées par d'autres Comités aux publications de la CEI existantes, dans la mesure où les recommandations correspondantes intéressent les travaux du Comité N° 18.

On ne doit pas considérer que les présentes recommandations remplacent ou complètent les règlements des Sociétés de classification ou les normes nationales. Si un armateur demande, lors de la commande de son navire, que les présentes recommandations soient appliquées, il ne doit pas donner à cette demande le caractère d'une stipulation. S'il existe des divergences, ce sont les règlements des Sociétés de classification et les normes nationales qui ont priorité sur les recommandations.

*Notes 1.)* — Toutes les dimensions figurant dans ces recommandations sont données en premier lieu en unités métriques; les valeurs, exprimées entre parenthèses, en unités des systèmes britannique et américain, ne représentent pas l'équivalent rigoureux des valeurs en unités métriques, mais les dimensions les plus voisines utilisées en pratique dans les pays correspondants.

*2.)* — Les chapitres de la 1<sup>re</sup> partie s'appliquent à toutes les installations et à tout le matériel faisant l'objet des autres parties des recommandations, c'est-à-dire des parties 2 à 6.

## INTRODUCTION

The operating conditions in ships sailing the seven seas as far as they affect electrical appliances are the same regardless of where the ship is built. Except for variations in quality, the materials used in the construction of electrical appliances are similar and are subject to the same natural laws. The characteristics of electric circuits and the behaviour of appliances are likewise predeterminable and follow the same fundamental laws irrespective of the country of origin.

It is accordingly feasible to establish international standards to secure that degree of performance, reliability and safety which are essential for the well-being of crews and passengers alike and for the safe carriage of valuable cargoes.

It is for the fulfilment of these ends that the present Recommendations have been formulated. Shipbuilders, electrical contractors and manufacturers engaged in the building of ships for the international market are faced at present with several codes of rules and regulations with which to comply although, as already stated, the conditions of service are identical.

It is recognized that apparatus manufactured in various countries will inevitably differ in appearance and conception, but for the same duties similar apparatus and materials will necessarily have to meet the same service conditions. This code has therefore been drafted in the form of "Recommendations" thus allowing the fullest possible scope for the manufacturer to use initiative in the design and development of his product and to use existing tools and patterns so far as they are suitable.

Complete and progressive co-operation between the naval architect, the shipbuilder, the owner and the designer and installer of the electrical installation are essential from the earliest stages right through to completion to ensure not only that all services required of the electrical appliances are met, but that proper and suitable space and accommodation is provided for electric cables and appliances.

It is not intended to exclude new materials, appliances and methods or to discourage invention.

It cannot be too strongly emphasized that good technical design, the correct choice of apparatus, good and suitable materials and, above all, good workmanship are essential for a sound installation. The Recommendations are not intended to take the place of a detailed specification or to instruct untrained persons.

These Recommendations make reference, in several of their chapters, to other IEC Publications. It should be understood that the editions of these Publications in force on the date of issue of these Recommendations, are the only valid ones, in so far as they are not in contradiction with them.

Moreover, Technical Committee No. 18 may be led to amend and supplement these Recommendations, either because of the issue of new IEC Publications or due to amendments made by other Committees to existing IEC Publications, to the extent in which the corresponding Recommendations concern the work of Technical Committee No. 18.

The present Recommendations are not to be regarded as a substitute for, or as additional Rules to, the Classification Rules and National Standards. Where a shipowner requests the observance of these Recommendations when ordering his vessel, he should not give this request the character of a stipulation. Where there are deviations, the Rules of the Classification Societies and the National Standards have preference over the Recommendations.

*Notes 1.) — All dimensions in these Recommendations are, in the first place, given in metric units; figures in brackets in British and American units are not exact numerical equivalents of the metric quantities, but are the nearest dimensions in practical use in the respective countries.*

*2.) — The Chapters in Part 1 apply to all installations and to the equipment dealt with in all other Parts of these Recommendations, i.e. Part 2 to Part 6.*

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES A BORD DES NAVIRES

### Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations)

#### CHAPITRE X — CABLES, CONSTRUCTION ET ESSAIS

##### DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont utilisées dans la présente publication.

*a) Câble*

Longueur comportant un ou plusieurs conducteurs élémentaires (à âme massive ou câblée), ayant chacun sa propre enveloppe isolante et assemblés par câblage. Le ou les conducteurs peuvent être munis ou non d'un revêtement les protégeant contre les contraintes de nature mécanique.

*b) Conducteur isolé*

Conducteur avec son enveloppe isolante mais sans revêtement de protection contre les contraintes mécaniques.

*c) Câble souple*

Câble destiné à raccorder un appareil transportable ou portatif et comportant un ou plusieurs conducteurs isolés formés chacun d'un assemblage de brins, le diamètre des conducteurs et des brins étant suffisamment faible pour assurer la souplesse.

*d) Longueur de câblage*

Longueur axiale d'un tour complet de l'hélice formée par un conducteur dans le cas d'un câble, ou par un fil dans le cas d'un conducteur à âme câblée.

*e) En ce qui concerne les définitions de termes d'emploi général utilisés dans les présentes recommandations, il y a lieu de se reporter au Vocabulaire Electrotechnique International (Publication 50 de la CIE).*

#### SECTION UN — CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION

##### AMES CONDUCTRICES

##### 10.01 Matières premières

Dans les présentes recommandations, seul est pris en considération, comme matière première, le cuivre de haute conductivité.

##### 10.02 Etamage ou revêtement d'alliage

Les fils de cuivre doivent être étamés ou revêtus d'un alliage lorsqu'ils sont utilisés dans des conducteurs isolés au caoutchouc; pour les conducteurs munis d'une autre isolation, l'étamage ou l'autre revêtement peut être supprimé.

L'étamage ou l'autre revêtement est considéré comme satisfaisant si, au cours d'un examen visuel (voir article 10.35), la surface du fil apparaît brillante et si l'isolation n'adhère pas au conducteur. Si un essai chimique est spécifié, l'article 10.61 et l'annexe H doivent être appliqués.

## ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS

### Part 3: Cables (construction, testing and installations)

#### CHAPTER X — CABLES, CONSTRUCTION AND TESTS

##### DEFINITIONS

For the purpose of this publication, the following definitions shall apply:

*a) Cable*

A length of insulated single conductor (solid or stranded), or of two or more such conductors, each provided with its own insulation, which are laid up together. The insulated conductor or conductors may or may not be provided with an overall mechanical protective covering.

*b) Core (of a cable)*

The conductor with its insulation but not including any mechanical protective covering.

*c) Flexible cable or cord*

A cable or cord intended to connect movable or portable equipment in a construction containing one or more cores, having conductors formed of a group of wires, the diameters of the cores and wires being sufficiently small to afford flexibility.

*d) Length of lay*

The axial length of one complete turn of the helix formed by the core, in the case of a cable, or of the wire, in the case of a stranded conductor.

*e)* For the definitions of general terms used in these Recommendations, reference should be made to the International Electrotechnical Vocabulary (IEC Publication 50).

#### SECTION ONE — SPECIFIED CHARACTERISTICS

##### CONDUCTORS

###### 10.01 Material

High conductivity copper only is considered as standard material for conductors in these Recommendations.

###### 10.02 Tinning or alloy coating

Copper wires should be tinned or alloy coated when used for rubber insulated conductors; for otherwise insulated conductors, tinning or coating may be omitted.

Tinning or coating should be considered satisfactorily if, at a visual inspection (see Clause 10.35), the wire surface appears bright and the insulation is not adherent to the conductor. If a chemical test is specified, Clause 10.61 and Appendix H should be applied.

### 10.03 Détermination de la section

Au sens des présentes recommandations, c'est la valeur *effective* de la section de chaque âme qui doit être spécifiée. Ses tableaux peuvent spécifier en plus la *valeur nominale*, mais uniquement dans un but d'identification.

La section effective de chaque âme doit être déterminée par une mesure de résistance électrique (voir articles 10.05 et 10.42).

### 10.04 Forme et composition du câblage

La composition de l'âme et son câblage doivent être choisis de manière à assurer une souplesse suffisante au câble (voir articles 10.50 et 10.51). Les câblages rétreints pour les conducteurs ronds ou sectoriaux peuvent être autorisés. La forme de l'âme doit être régulière et dépourvue d'arêtes tranchantes ou de tout autre défaut susceptible d'endommager l'isolation. La bonne exécution de ces conducteurs doit être vérifiée par examen visuel (voir article 10.35) et par les essais mécaniques (voir articles 10.48 et 10.49).

### 10.05 Résistance électrique

La résistance électrique en courant continu de chaque conducteur de cuivre dans un câble terminé, ramenée à 20°C, ne doit pas dépasser la valeur calculée par la forme suivante:

$$R = \frac{17,241 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{N \cdot 0,7854 \cdot d^2} = \frac{17,241 \cdot k_1 \cdot k_3}{A}$$

où:

$R$  = résistance électrique maximale garantie en ohm/km, à 20°C;

17,241 = résistivité normale du cuivre recuit en ohm.mm<sup>2</sup>/km, à 20°C;

$N$  = nombre spécifié des fils qui constituent le conducteur;

$d$  = diamètre spécifié des fils, en mm;

$A$  = section effective de l'âme, en mm<sup>2</sup>, égale à la section d'une âme massive de même longueur, constituée d'une matière de résistivité normale et ayant la même résistance;

$k_1$  = facteur de correction tenant compte des différences de diamètre et de conductivité entre les brins individuels;

$k_2$  = facteur de correction tenant compte de l'assemblage par câblage des fils de l'âme;

$k_3$  = facteur de correction tenant compte de l'assemblage par câblage de conducteurs isolés dans un câble à deux ou plusieurs conducteurs.

Les valeurs des facteurs  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  sont données dans le tableau I, ci-après.

Notes 1.) — La première partie de la formule ci-dessus s'applique aux âmes de section circulaire composées de fils cylindriques ayant tous le même diamètre.

2.) — La seconde partie de la formule ci-dessus s'applique également aux âmes sectoriales et/ou rétreintes à condition que la section «A» utilisée soit la section effective.

### 10.03 Cross-sectional area

For the purpose of these Recommendations, the *effective* cross-sectional area of each conductor should be specified. Tables may further specify the *nominal* cross-sectional area of each conductor but for designation purposes only.

The effective cross-sectional area of each conductor should be checked by measuring its electrical resistance (see Clauses 10.05 and 10.42).

### 10.04 Strand composition and shape

Conductor composition and stranding should be so selected that sufficient flexibility is assured for the cable (see Clauses 10.50 and 10.51). Compact stranding, both for round and shaped conductors, may be permitted. Conductor shape should be regular, free from sharp projections and other defects liable to damage the insulation. Compliance should be checked by visual inspection (see Clause 10.35) and mechanical tests (see Clauses 10.48 and 10.49).

### 10.05 Electrical resistance

The d.c. electrical resistance of each copper conductor in a completed cable, corrected to 20°C, should not exceed the value calculated in the following way:

$$R = \frac{17.241 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{N \cdot 0.7854 \cdot d^2} = \frac{17.241 \cdot k_1 \cdot k_3}{A}$$

where:

- $R$  = the maximum electrical resistance to be guaranteed, in ohms/km, at 20°C;
- 17.241 = standard resistivity of the annealed copper, in ohm.mm<sup>2</sup>/km, at 20°C;
- $N$  = specified number of strands of which the conductor is made up;
- $d$  = specified diameter of the strands, in mm;
- $A$  = the effective cross-sectional area of the conductor, in mm<sup>2</sup>, and is equal to the area of a solid conductor of the same length, composed of material of standard resistivity and having the same resistance.
- $k_1$  = the correction factor which allows for variations in diameter and conductivity of individual wires;
- $k_2$  = the correction factor which allows for the laying up of the strands in the conductor;
- $k_3$  = the correction factor which allows for the laying up of the cores in a twin or multi-core cable.

The values of factors  $k_1$ ,  $k_2$  and  $k_3$  are given in the following Table I.

Notes 1.) — The first part of the above formula is applicable to circular conductors consisting of cylindrical wires all of the same diameter.

2.) — The second part of the formula applies also to shaped and/or compacted conductors, provided the area "A" used is the effective area.

TABLEAU I

*Facteurs de correction pour la résistance de l'âme*

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                 | 3                 | 4                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Diamètre nominal des fils de l'âme en mm*)                                                                                                                                                                                                                                                    | de 0,10<br>à 0,30 | de 0,30<br>à 0,90 | de 0,90<br>à 3,60 |
| Valeurs de $k_1$ pour fils revêtus (étamés)<br>Conducteurs à âme massive<br>Conducteurs à âme câblée                                                                                                                                                                                          | —<br>1,07         | 1,05<br>1,04      | 1,04<br>1,03      |
| Valeurs de $k_1$ pour fils non revêtus<br>Conducteurs à âme massive<br>Conducteurs à âme câblée                                                                                                                                                                                               | —<br>1,04         | 1,03<br>1,02      | 1,03<br>1,02      |
| $k_2 = 1,00$ pour les conducteurs à âme massive;<br>$k_2 = 1,02$ pour les conducteurs à âme câblée dont le diamètre des fils dépasse 0,6 mm;<br>$k_2 = 1,04$ pour les conducteurs à âme câblée dont le diamètre des fils ne dépasse pas 0,6 mm.                                               |                   |                   |                   |
| $k_3 = 1,02$ pour tous les câbles, sauf dans les cas suivants:<br>$k_3 = 1,00$ pour conducteurs à une seule âme et câbles méplats à 2 et 3 conducteurs;<br>$k_3 = 1,05$ pour câbles et cordons souples à plusieurs conducteurs;<br>$k_3 = 1,03$ pour câbles téléphoniques à plusieurs paires. |                   |                   |                   |

\*) Pour les conducteurs rétreints, le diamètre nominal des fils constitutifs s'entend avant compression.

## ISOLATION

### 10.06. Matières premières

Dans ces recommandations, onze catégories de matières isolantes ont été prises en considération dans un but de normalisation; ces matières isolantes sont indiquées avec des numéros de référence dans le tableau II ci-après.

L'emploi d'autres matériaux isolants peut être autorisé (par exemple: caoutchouc, silicone, ruban de soie de verre traité aux silicones, papier imprégné, amiante et polychlorure de vinyle, etc.). Dans ce cas, les caractéristiques de chacune des matières retenues doivent être entièrement définies dans une spécification de contexture semblable à celle du présent chapitre.

TABLE I

*Correction factors for Conductor Resistance*

| 1                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                        | 3                        | 4                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nominal diameter of the strands in the conductor in mm*)                                                                                                                                                                                               | above 0.10<br>up to 0.30 | above 0.30<br>up to 0.90 | above 0.90<br>up to 3.60 |
| Values of $k_1$ for coated (tinned) wires<br>For single-wire (solid) conductors<br>For stranded conductors                                                                                                                                             | —<br>1.07                | 1.05<br>1.04             | 1.04<br>1.03             |
| Values of $k_1$ for plain wires<br>For single-wire (solid) conductors<br>For stranded conductors                                                                                                                                                       | —<br>1.04                | 1.03<br>1.02             | 1.03<br>1.02             |
| $k_2 = 1.00$ for single-wire (solid) conductors;<br>$k_2 = 1.02$ for stranded conductors with strands exceeding 0.6 mm in diameter;<br>$k_2 = 1.04$ for stranded conductors with strands not exceeding 0.6 mm in diameter.                             |                          |                          |                          |
| $k_3 = 1.02$ for all cables except the following:<br>$k_3 = 1.00$ for single-core, flat twin and flat three-core cables,<br>$k_3 = 1.05$ for flexible cables and cords having two or more conductors;<br>$k_3 = 1.03$ for multi-pair telephone cables. |                          |                          |                          |

\*) For compacted conductors, the nominal diameter of the component wires shall be understood "before crushing".

INSULATION

10.06 Material

Eleven categories of insulating materials are considered for standardization purposes in these Recommendations; they are listed in the following Table II and referred to by designation numbers.

Other types of insulating materials may, however, be permitted (for instance: silicone rubber, silicone treated glass tapes, impregnated paper, asbestos and polyvinylchloride, etc.); in that case, the characteristics of each preferred material should be fully specified similarly to what is specified in the present Chapter.

TABLEAU II

| Désignation | Types normalisés de matériaux isolants                                             | Température de service spécifiée *) | Notes    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 60A         | Mélange à base de caoutchouc naturel — Usage général                               | 60°C (140°F)                        | 1) 2)    |
| 60B         | Mélange à base de caoutchouc synthétique — Usage général                           | 60°C (140°F)                        | 1) 2)    |
| 60C         | Mélange à base de polychlorure de vinyle — Usage général                           | 60°C (140°F)                        | 1) 2)    |
| 60D         | Isolant composite caoutchouc-polychloroprène                                       | 60°C (140°F)                        | 1) 2)    |
| 75A         | Mélange à base de caoutchouc naturel — qualité résistant à la chaleur              | 75°C (167°F)                        | 1) 2)    |
| 75B         | Mélange à base de caoutchouc synthétique — qualité résistant à la chaleur          | 75°C (167°F)                        | 1) 2)    |
| 75C         | Mélange à base de polychlorure de vinyle — qualité résistant à la chaleur          | 75°C (167°F)                        | 1) 2)    |
| 80A         | Mélange à base de caoutchouc synthétique — qualité spéciale résistant à la chaleur | 80°C (176°F)                        | 1) 2) 3) |
| 80B         | Isolant tissu verni                                                                | 80°C (176°F)                        | 4) 5)    |
| 85A         | Isolant tissu verni-amiante                                                        | 85°C (185°F)                        | 6) 7)    |
| 95A         | Isolant minéral                                                                    | 95°C (203°F)                        | 8)       |

1) Caractéristiques de fabrication: voir article 10.07 et tableau V.

2) Les isolants qui satisfont à l'essai du paragraphe 10.50 e) sont considérés comme «non propagateurs de la flamme».

3) Les caoutchoucs silicones ne sont pas compris dans ce type.

4) Caractéristiques de fabrication: voir article 10.10.

5) La température de 85°C peut être autorisée au lieu de 80°C dans certains cas bien délimités.

6) Caractéristiques de fabrication: voir article 10.12.

7) La température de 95°C peut être autorisée au lieu de 85°C dans certains cas bien délimités.

8) Caractéristiques de fabrication: voir article 10.13.

\*) La température du conducteur présumée pour le calcul des intensités admissibles des câbles en service continu (voir articles 11.04 et 11.05).

#### 10.07 Mélanges isolants élastomères ou thermoplastiques

Huit «qualités de mélanges» isolants de caoutchouc ou de polychlorure de vinyle (voir article 10.06) sont considérées comme applicables à la fabrication des câbles pour navires. Chacune de ces qualités comporte certains avantages particuliers et donne lieu à certaines limitations d'emplois.

Leurs propriétés doivent répondre aux conditions spécifiées dans le tableau V et satisfaire aux essais prévus dans la Section Deux de ce chapitre (particulièrement ceux mentionnés au tableau V).

La température de service spécifiée (température maximale de service du conducteur) dans les tableaux II et V pour chaque mélange ne doit pas être dépassée (voir chapitre XI).

#### 10.08 Application de l'enveloppe isolante de caoutchouc

L'enveloppe isolante doit comprendre une ou plusieurs couches de mélange de caoutchouc de même qualité ou de différentes qualités (y compris les mélanges de néoprène, mais non de caoutchouc naturel pur). L'application de l'isolation en une seule couche n'est autorisée que lorsque celle-ci est appliquée par extrusion. Les différentes couches doivent être soudées entre elles et l'isolant doit s'appliquer étroitement à l'âme de cuivre, mais sans adhérer à celui-ci.

Le fabricant peut, sans que ceci constitue une obligation, appliquer un ruban ou un film sur l'enveloppe de caoutchouc et/ou un séparateur analogue entre l'enveloppe et l'âme.

TABLE II

| Designation number | Standard types of insulating materials                  | Rated operating temperature*) | Notes    |
|--------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 60A                | Natural rubber compound — General purpose               | 60° C (140° F)                | 1) 2)    |
| 60B                | Synthetic rubber compound — General purpose             | 60° C (140° F)                | 1) 2)    |
| 60C                | Polyvinylchloride compound — General purpose            | 60° C (140° F)                | 1) 2)    |
| 60D                | Rubber-polychloroprene composite insulation             | 60° C (140° F)                | 1) 2)    |
| 75A                | Natural rubber compound — heat-resistance quality       | 75° C (167° F)                | 1) 2)    |
| 75B                | Synthetic rubber compound — heat-resistance quality     | 75° C (167° F)                | 1) 2)    |
| 75C                | Polyvinylchloride compound — heat-resistance quality    | 75° C (167° F)                | 1) 2)    |
| 80A                | Butyl rubber compound — special heat resistance quality | 80° C (176° F)                | 1) 2) 3) |
| 80B                | Varnished cambric insulation                            | 80° C (176° F)                | 4) 5)    |
| 85A                | Asbestos-varnished-cambric insulation                   | 85° C (185° F)                | 6) 7)    |
| 95A                | Mineral insulation                                      | 95° C (203° F)                | 8)       |

1) Specified characteristics: see Clause 10.07 and Table V.

2) Insulating materials complying with the test specified under Sub-clause 10.50 e) are considered as “flame-retardant materials”.

3) Silicone rubber is not considered under this quality.

4) Specified characteristics: see Clause 10.10.

5) 85° C instead of 80° C may be permitted in certain carefully considered situations.

6) Specified characteristics: see Clause 10.12.

7) 95° C instead of 85° C may be permitted in certain carefully considered situations.

8) Specified characteristics: see Clause 10.13.

\*) The temperature of the conductor assumed for the calculation of current ratings (current carrying capacities) of cables for continuous service (see Clauses 11.04 and 11.05).

## 10.07 Rubberlike insulating compounds

Eight “qualities” of rubber and polyvinylchloride insulating compounds (see Clause 10.06) are considered suitable for ship cables, each quality with some particular advantages and limitations.

Their properties should comply with the values specified in Table V and with the test specified in Section Two of this Chapter (particularly with those referred to in the same Table V).

The rated operating temperature (maximum operating conductor temperatures) indicated in Tables II and V for each compound should not be exceeded (see Chapter XI).

## 10.08 Application of the rubber insulation

The insulation should consist of one or more layers of rubber compounds equal or different in quality (including polychloroprene compound but not pure rubber). The use of a single layer should be permitted only when it is applied by extrusion. The layers should be bonded together and the insulating wall should be close-fitting but not adherent to the copper conductor.

The manufacturer should be allowed, but not obliged, to apply a tape or film on the rubber insulation and/or a similar separator between insulation and conductor.

#### 10.09 Application de l'enveloppe isolante en polychlorure de vinyle

L'enveloppe isolante de polychlorure de vinyle doit être mise en place par extrusion en une ou plusieurs couches qui doivent s'appliquer étroitement à l'âme, mais sans adhérer à celle-ci.

#### 10.10 Isolation au tissu verni

Le tissu verni doit consister en une étoffe de coton tissée serrée qui doit être recouverte uniformément sur les deux faces avec un vernis isolant composé d'huiles siccatives et de bitume. L'emploi de textiles autres que le coton peut être autorisé.

L'épaisseur moyenne de la toile de coton après vernissage doit rester comprise entre les limites de 0,13 mm (5 mils) et 0,33 mm (13 mils). Les propriétés de l'isolation au tissu verni doivent satisfaire aux conditions d'essais spécifiées à l'article 10.60.

Conformément à l'article 10.44, la constante d'isolement  $K_1$  à 20°C ne doit pas être inférieure à 400 megohm.km (ou 1 300 megohms . 1 000 ft ou 435 megohms . 1 000 yards).

La température normale de service de l'isolant doit être de 80°C (voir chapitre XI). Un maximum de 85°C peut toutefois être autorisé pour des types spéciaux de câbles et dans des cas bien délimités.

#### 10.11 Application de l'isolation au tissu verni

L'enveloppe isolante doit être composée de plusieurs couches et rubans de tissu verni. Les rubans doivent être appliqués en hélice, sans tension exagérée, avec ou sans recouvrement. Chaque ruban doit recouvrir l'intervalle (s'il en existe) entre les bords du ruban de la couche sous-jacente.

Un composé isolant et lubrifiant, de nature appropriée, doit être appliqué entre les couches de tissu verni isolant, de manière à éliminer l'air et l'humidité dans toute la mesure du possible.

Le fabricant peut, sans que ceci constitue une obligation, appliquer un séparateur (par exemple un film ou un ruban tissé) entre le conducteur et l'isolation et appliquer un revêtement par dessus l'enveloppe isolante. Si le revêtement ou le ruban de repérage est de matière isolante, il peut être considéré comme faisant partie de l'enveloppe isolante.

#### 10.12 Isolation tissu verni-amiante

L'enveloppe isolante de chaque conducteur doit comprendre une couche d'amiante feutrée imprégnée, un certain nombre de rubans de tissu verni conformes aux articles 10.10 et 10.11 et une couche d'amiante feutrée imprégnée. L'amiante feutrée doit être faite de longues fibres d'amiante chrysolite séchées puis imprégnées à cœur d'un mélange résistant à la chaleur et à l'humidité. Le fabricant peut, facultativement, à la place de chaque couche d'amiante feutrée, utiliser une couche de rubans d'amiante ou de soie de verre ou des bandes de fibres d'amiante ou de verre. Dans tous les cas, ces rubans doivent avoir été séchés et imprégnés comme indiqué précédemment.

L'isolation tissu verni-amiante doit satisfaire aux conditions d'essais spécifiées pour l'isolation du tissu verni et, en plus, aux essais spéciaux prévus à l'article 10.44 (dernière phrase).

La température normale de service doit être de 85°C. Un maximum de 95°C peut toutefois être autorisé pour des types spéciaux de câbles et dans des cas bien délimités.

#### 10.09 Application of the polyvinylchloride insulation

The polyvinylchloride insulating wall should be applied by extrusion in one or more layers, which should be close-fitting but not adherent to the conductor.

#### 10.10 Varnished cambric insulation

The varnished cambric should consist of a closely woven cotton cloth, which should be uniformly coated on both sides with an insulating varnish consisting of drying oils and bitumen. Textile materials other than cotton may be permitted.

The average thickness of the finished varnished cloth (cotton) should be neither less than 0.13 mm (5 mils) nor more than 0.33 mm (13 mils). The properties of v.c. insulation should comply with the tests specified in Clause 10.60.

With reference to Clause 10.44, the insulation resistance constant  $K_1$  at 20°C should not be lower than 400 megohm.km. (or 1 300 megohm . 1 000 ft or 435 megohm . 1 000 yards).

Its rated operating temperature should be 80°C (see Chapter XI). A rated temperature as high as 85°C may, however, be permitted for particular cable constructions and in certain carefully considered situations.

#### 10.11 Application of the varnished cambric insulation

The insulating wall should consist of several layers of varnished cambric tapes. The tapes should be applied helically and smoothly, with or without overlapping, each tape covering the gap (if any) of the adjacent tape.

An insulating and suitable lubricating compound should be applied between the layers of varnished cloth so as to exclude as far as practicable air and moisture.

The manufacturer should be allowed, but not obliged, to insert a separator (for instance a film or a woven tape) between conductor and insulation, and to apply a binder on the insulating wall. If the binder or the identification tape is made of an insulating material, it may be considered as a part of the insulating wall.

#### 10.12 Asbestos-varnished cambric insulation

The insulating wall of each conductor should consist of a layer of impregnated felted asbestos, plus some layers of varnished cambric tapes complying with Clauses 10.10 and 10.11, plus a layer of impregnated felted asbestos. The felted asbestos should be made of long fibre chrysolite asbestos, dried and then saturated with a heat and moisture resisting compound. The manufacturer should be allowed to use, in place of each felted asbestos layer, a layer of asbestos roving or glass roving, or of asbestos or glass tapes, which in any case should be dried and impregnated as above indicated.

The asbestos-varnished cambric insulation should comply with the tests specified for the varnished cambric insulation and further with the requirement specified under Clause 10.44 (last sentence).

Its rated operating temperature should be 85°C. A rated operating temperature as high as 95°C may, however, be permitted for particular cable constructions and in certain carefully considered situations.

### 10.13 Isolant minéral

L'isolant minéral doit consister en une poudre d'une matière minérale (par exemple de l'oxyde de magnésium) fortement comprimée entre les conducteurs et l'enveloppe de cuivre. L'isolation doit être stable avec la température et ne doit pas attaquer le cuivre. Elle doit satisfaire aux essais spécifiés dans la Section Deux de ce chapitre pour les câbles à isolant minéral. Conformément à l'article 10.44, la constante d'isolement  $K_1$  à 20° C ne doit pas être inférieure à 5 000 megohm.km (5 000 megohm. 1 000 ft ou 5 000 megohm. 1 000 yards).

0,305

0,915

La température normale de service de ce type d'isolant, en service continu, doit être de 95°C compte tenu des qualités thermiques des matériaux utilisés pour l'aménagement des extrémités de câbles.

### 10.14 Epaisseur de l'enveloppe isolante

Dans le cas des isolations élastomères ou thermoplastiques, lorsqu'on spécifie une valeur d'épaisseur, elle doit s'entendre comme «l'épaisseur moyenne minimale», de sorte que la moyenne des valeurs réellement mesurées ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée. Les mesures d'épaisseur doivent être effectuées conformément à la méthode indiquée au paragraphe 10.37 b). L'épaisseur minimale en un point quelconque doit être conforme aux tolérances spécifiées au même paragraphe.

Dans le cas d'isolations à rubans, lorsqu'on spécifie une valeur d'épaisseur, elle doit s'entendre comme une valeur satisfaisant aux essais spécifiés au paragraphe 10.37 c).

## REVÊTEMENTS PROTECTEURS

### 10.15 Eléments constitutifs des revêtements protecteurs

Le revêtement protecteur de tout câble comprend un ou plusieurs «constituants élémentaires» qui doivent être précisés dans chaque cas. Les présentes recommandations s'appliquent aux types suivants de «constituants élémentaires»:

a) Eléments métalliques (articles 10.16 à 10.22):

- 1 — gaine de plomb ou d'alliage de plomb,
- 2 — gaine de cuivre,
- 3 — armure en tresses métalliques,
- 4 — armure en fils métalliques,
- 5 — armure en feuillets métalliques.

b) Eléments non métalliques (articles 10.23 à 10.26):

- 1 — gaine élastomère ou thermoplastique (y compris polychlorure de vinyle),
- 2 — tresse de fibre imprégnée,
- 3 — matelas sous l'armure métallique,
- 4 — peinture de l'armure métallique.

### 10.16 Gaine de plomb ou d'alliage de plomb

Chacun des alliages mentionnés au tableau VI doit être considéré comme convenant aux gaines pour les câbles de navire; sauf dans certains cas spéciaux, leur choix est laissé au fabricant. Le plomb pur (tel qu'il est défini dans le même tableau) ne doit être autorisé que lorsque la gaine de plomb est protégée par une enveloppe imperméable non métallique (voir article 10.23). Le plomb contenant de 0,04 à 0,08 % de cuivre peut être utilisé dans les mêmes conditions que le plomb.

### 10.13 Mineral insulation

The mineral insulation should consist of a powdered mineral material (for instance magnesium oxide) highly compressed between conductors and copper sheath. The insulation should be temperature stable and non-corrosive to copper. It should comply with the test specified in Section Two of this Chapter for mineral insulated cables. With reference to Clause 10.44 the insulation constant  $K_i$  at 20°C should be not lower than 5 000 megohm.km.  $\frac{5\,000}{0.305}$  megohm. 1 000 ft or  $\frac{5\,000}{0.915}$  megohm. 1 000 yards).

The rated operating temperature, in continuous service, of this insulation should be 95°C, giving consideration to the temperature capabilities of materials used in terminating the cable.

### 10.14 Thickness of the insulated wall

In the case of rubber-like insulations, when a thickness value is specified, it should be understood as “minimum average thickness” so that the average of the actually measured values should be not less than the specified value. The thickness measurements should be carried out with the method specified in Sub-clause 10.37 b). The “minimum thickness at any point” should comply with the tolerances specified in the same sub-clause.

In the case of taped insulations, when a thickness value is specified, it should be understood as a value complying with the test specified in Sub-clause 10.37 c).

## PROTECTIVE COVERINGS

### 10.15 Constituent elements of protective coverings

The protective covering of any cable consists of one or more “constituent elements” which shall be specified case by case. The following types of “constituent elements” are considered in these Recommendations:

- a) Metallic elements (Clauses 10.16 to 10.22):
  - 1 — lead or lead-alloy sheath,
  - 2 — copper sheath,
  - 3 — metal braid armour,
  - 4 — metal wire armour,
  - 5 — metal tape armour.
- b) Non-metallic elements (Clauses 10.23 to 10.26):
  - 1 — rubber or rubberlike sheath (including polyvinylchloride),
  - 2 — impregnated fibrous braid,
  - 3 — bedding for metal armour,
  - 4 — paint for metal armour.

### 10.16 Lead or lead-alloy sheath

Any of the lead-alloys indicated in Table VI should be considered suitable for sheathing ship cables; except for special cases, the choice should be left to the manufacturer. Lead (as defined in the same Table) should be permitted only when the lead sheath is protected by a non-metallic impervious sheath (see Clause 10.23). Lead containing from 0.04 to 0.08% of copper may be used in the same conditions as lead.

#### 10.17 Gaine de cuivre

Une gaine de cuivre n'est utilisée que sur les câbles à isolant minéral qui sont fabriqués par des procédés spéciaux.

#### 10.18 Epaisseur des gaines métalliques

Au sens des présentes recommandations, lorsqu'une valeur d'épaisseur est spécifiée, elle doit s'entendre comme « épaisseur moyenne minimale » de telle sorte que la moyenne des valeurs réellement mesurées ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée. Pour la méthode de mesure et les tolérances, voir paragraphe 10.38 c).

#### 10.19 Armure en tresses métalliques

Le type normal d'armure métallique doit être réalisé avec des fils d'acier recouverts de zinc (galvanisés). Sur demande spéciale, la tresse peut être réalisée avec des fils de cuivre, d'alliage de cuivre ou d'alliage d'aluminium.

La densité de recouvrement de la tresse doit être telle que son poids soit au moins 90 % du poids d'un cylindre qui serait fait du même métal avec un diamètre intérieur égal au diamètre intérieur de la tresse et une épaisseur égale à celle d'un des fils qui constituent celle-ci. (Méthode d'essai, voir paragraphe 10.39 b).

#### 10.20 Armure en fils métalliques

Le type normal d'armure en fils métalliques doit être réalisé avec des fils d'acier doux recuit, dont l'allongement à la rupture est d'au moins 12 %; ces fils doivent satisfaire aux essais de galvanisation spécifiés à l'article 10.65 et à l'annexe J.

Sur demande spéciale, les fils peuvent être en métal amagnétique, ils peuvent avoir une section méplate au lieu d'une section circulaire.

Les fils doivent être appliqués par-dessus le matelas de façon à former une couche cylindrique uniforme pratiquement ininterrompue et de manière à assurer une souplesse suffisante aux câbles terminés (voir essai de pliage à l'article 10.48).

#### 10.21 Armure en feuillards métalliques

Le type normal d'armure en feuillards métalliques utilise des bandes d'acier doux recuit. Celles-ci peuvent être galvanisées sur demande spéciale; également sur demande spéciale des feuillards en métal amagnétique (par exemple cuivre ou alliage d'aluminium) peuvent être utilisés à la place des feuillards d'acier.

L'armure doit, en général, être constituée par deux feuillards enroulés dans le même sens autour du matelas, de telle façon que l'intervalle libre entre spires de la première couche ne soit pas supérieur à la moitié de la largeur du feuillard et que la seconde couche s'applique avec un recouvrement sur cet intervalle.

Des types particuliers d'armures (par exemple armure avec un seul ruban) peuvent être autorisés pourvu que leurs caractéristiques mécaniques soient définies.

#### 10.17 Copper sheath

A copper sheath is only considered for mineral insulated cables, which are manufactured by a special process.

#### 10.18 Thickness of metal sheaths

For the purpose of these Recommendations, when a thickness value is specified, it should be understood as a “minimum average thickness”, so that the average of the actually measured values should be not less than the specified value. For the measurement method and tolerances, see Sub-clause 10.38 c).

#### 10.19 Metal braid armour

The standard type of braid armour should be made of zinc-coated (galvanized) steel wires. On special request, the braid may be formed of copper, copper-alloy or aluminium-alloy wires.

The “coverage density” of the braid should be such that the weight of the braid is at least 90 % of the weight of a tube consisting of the same metal, having an internal diameter equal to the internal diameter of the braid and a thickness equal to the diameter of one of the wires forming the braid. (Test method, see Sub-clause 10.39 b).)

#### 10.20 Metal wire armour

The standard type of metal wire armour should consist of annealed steel, having an elongation at break of at least 12 % and complying with the galvanizing test specified in Clause 10.65 and Appendix J.

On special request, wires may be of a non-magnetic metal instead of steel and may have a flat instead of a circular cross-section.

The wires should be applied over the bedding so as to form a uniform and substantially uninterrupted cylindrical layer, and so as to assure a sufficient flexibility for the finished cable (see bending test under Clause 10.48).

#### 10.21 Metal tape armour

The standard type of metal tape armour should be made of annealed steel tapes which, on special request, may be galvanized. Tapes of non-magnetic metals (for instance copper or aluminium-alloys) may be used, on special request, in place of steel tapes.

The armour should, in general, be formed of two tapes wound over the bedding in the same direction so that the gap in the first layer is not more than one half of the tape width and the second layer covers this gap with an overlap.

Particular types of metal tape armours (for instance consisting of one tape) may be permitted, provided their mechanical characteristics are specified.

Pour les câbles dont le diamètre sous le matelas est inférieur à 10 mm (0,4 in), l'emploi d'une armure en feuillards métalliques n'est pas recommandé.

#### 10.22 Dimensions des armures métalliques

Au sens des présentes recommandations, lorsque des diamètres de fils, épaisseurs de feuillard et autres dimensions analogues d'armures sont spécifiés, ils doivent s'entendre comme «valeurs moyennes» conformes au paragraphe 10.39 a).

#### 10.23 Gaine imperméable non métallique

Dans les présentes recommandations, les six «qualités» de mélanges indiquées dans le tableau III ci-après ont été prises en considération pour la fabrication des gaines imperméables.

Leurs propriétés doivent répondre aux valeurs spécifiées dans le tableau VII et doivent satisfaire aux essais spécifiés dans la Section Deux du présent chapitre (particulièrement à ceux mentionnés au tableau VII).

L'emploi d'autres types de mélanges peut être autorisé à condition que leurs propriétés soient complètement définies.

TABLEAU III

| N° de référence | Type de gaine imperméable non métallique | Température max. admissible du conducteur | Application                            |
|-----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| SP1             | Mélange de polychloroprène               | 60° C (140° F)                            | uniquement pour câbles fixés à demeure |
| SP2             | Mélange de polychloroprène               | 80° C (176° F)                            |                                        |
| SV1             | Mélange de polychlorure de vinyle        | 60° C (140° F)                            |                                        |
| SV2             | Mélange de polychlorure de vinyle        | 80° C (176° F)                            |                                        |
| SP3             | Mélange de polychloroprène               | 60° C (140° F)                            | également pour câbles souples          |
| SP4             | Mélange de polychloroprène               | 80° C (176° F)                            |                                        |

Caractéristiques de fabrication: voir tableau VII et article 10.23.

#### 10.24 Épaisseur des gaines non métalliques

Au sens des présentes recommandations, lorsqu'une valeur d'épaisseur est spécifiée, elle doit s'entendre comme «valeur moyenne minimale», selon les indications de l'article 10.14. Pour les méthodes de mesure et les tolérances, voir paragraphe 10.38 b).

#### 10.25 Tresse textile imprégnée

Si son emploi est autorisé, la tresse textile doit être en coton, en chanvre, en amiante, en soie de verre ou en toute autre fibre textile équivalente et elle doit avoir une résistance mécanique en rapport avec les dimensions du câble. Elle doit être efficacement imprégnée avec un mélange résistant à l'humidité, non propagateur de la flamme et n'exerçant pas d'action nocive sur les différents matériaux qui constituent le câble.

For cables whose diameter under the bedding is less than 10 mm (0.4 in) the use of a metal tape armour is not recommended.

## 10.22 Dimensions of the metal armours

For the purposes of these Recommendations, when wire diameters, tape thicknesses, and other similar armouring dimensions are specified, they should be understood as “average values”, complying with Sub-clause 10.39 *a*).

## 10.23 Non-metallic impervious sheath

Six “qualities” of compounds, as listed in the following Table III are considered in these Recommendations for manufacturing impervious sheaths.

Their properties should comply with the values specified in Table VII and with the tests specified in Section Two of this Chapter (particularly with those referred to in Table VII).

Other kinds of compounds may be permitted provided their properties are fully specified.

TABLE III

| Designation number | Type of non-metallic impervious sheath | Maximum rated conductor temperature | Suitable for                       |
|--------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| SP1                | Polychloroprene compound               | 60° C (140° F)                      | cables for fixed installation only |
| SP2                | Polychloroprene compound               | 80° C (176° F)                      |                                    |
| SV1                | Polyvinylchloride compound             | 60° C (140° F)                      |                                    |
| SV2                | Polyvinylchloride compound             | 80° C (176° F)                      |                                    |
| SP3                | Polychloroprene compound               | 60° C (140° F)                      | also for flexible cables           |
| SP4                | Polychloroprene compound               | 80° C (176° F)                      |                                    |

Specified characteristics: see Table VII and Clause 10.23.

## 10.24 Thickness of non-metallic sheath

For the purpose of these Recommendations, when a thickness value is specified, it should be understood as a “minimum average value” as indicated under Clause 10.14. For measurements methods and tolerances, see Sub-clause 10.38 *b*).

## 10.25 Impregnated fibrous braid

The textile braid, if permitted, should be of cotton, hemp, asbestos, glass or other equivalent textile fibre, and should be of a strength suitable for the size of the cable. It should be effectively impregnated with a compound which is resistant to moisture, flame-retardant and free from deleterious action upon the various materials constituting the cable.

## 10.26 Matelas sous armure

Lorsque le matelas est constitué par des rubans, ceux-ci doivent être disposés de telle manière que chaque ruban recouvre l'intervalle existant entre les bords du ruban de la couche sous-jacente. Les rubans tissés (par exemple ruban de coton ou de soie de verre) doivent être imprégnés ou recouverts avec un mélange résistant à l'humidité et, s'il en est ainsi spécifié, non propageur de la flamme.

Lorsque l'on utilise des boudins de matière fibreuse (par exemple de jute, d'amiante ou de fibre de verre), ils doivent être enroulés en spirales jointives; ils doivent être imprégnés ou recouverts d'un mélange résistant à l'humidité et, s'il en est ainsi spécifié, non propageur de la flamme.

Lorsqu'une tresse textile est utilisée comme matelas, elle doit être conforme à l'article 10.25.

Quand une gaine non métallique est utilisée comme matelas, elle doit être conforme à l'article 10.23. Par ailleurs, son épaisseur spécifiée ne doit pas s'entendre comme «épaisseur moyenne minimale» (selon les indications de l'article 10.24).

## ASSEMBLAGE

### 10.27 Généralités

Quelle que soit la nature de l'isolant, les présentes recommandations considèrent comme également applicables le type d'exécution à ceinture commune et le type sans ceinture commune pour des câbles à 2, 3 ou plusieurs conducteurs, à condition que l'épaisseur de l'enveloppe soit choisie et spécifiée d'une manière appropriée. Le choix entre les deux types d'exécution doit être précisé, dans chaque cas, par exemple dans des tableaux de dimensions normalisées.

### 10.28 Câble sans ceinture commune isolante

Dans le cas d'un câble sans ceinture, à deux ou plusieurs conducteurs, chacun d'eux comprenant en plus un ruban ou un séparateur (au choix du fabricant, voir articles 10.08 et 10.11) et une marque distinctive (voir article 10.31), les conducteurs doivent être assemblés par câblage avec un pas long et régulier. Les espaces vides entre conducteurs doivent être remplis avec une matière fibreuse ou des bourrages élastomères ou thermoplastiques (voir article 10.30) et l'assemblage cylindrique ainsi obtenu doit être gainé avec la protection spécifiée. Le fabricant peut, à son gré, utiliser un revêtement (un ruban par exemple) entre l'assemblage et le revêtement protecteur.

Les bourrages peuvent être supprimés dans les câbles à plusieurs conducteurs dont la section d'âme ne dépasse pas  $4,5 \text{ mm}^2$  ( $0,007 \text{ in}^2$ ).

### 10.29 Câble avec ceinture commune isolante

Dans le cas d'un câble à ceinture, sa constitution doit être conforme aux indications de l'article 10.28, sauf toutefois qu'une épaisseur isolante supplémentaire doit être ajoutée sur les conducteurs assemblés avant application du revêtement protecteur et du séparateur (facultatif). Pour les câbles isolés au caoutchouc ou au polychlorure de vinyle, la ceinture isolante commune peut être constituée par un mélange de caoutchouc ou de polychlorure de vinyle (pas nécessairement de la même qualité que celle de l'enveloppe isolante des conducteurs). Au choix du fabricant, cette enveloppe peut faire corps avec le bourrage ou non.

L'épaisseur spécifiée de la ceinture isolante doit s'entendre conformément aux indications de l'article 10.14.

Dans le cas des ceintures élastomères ou thermoplastiques, pour la méthode de mesure et les tolérances, voir paragraphe 10.38 b), dernière phrase; pour le cas des ceintures à ruban, voir paragraphe 10.37 b).

## 10.26 Bedding for armour

When tapes are used as a bedding, they should be wound in such a manner that each tape covers the gap (if any) between the edges of the adjacent tape. Woven tapes (for instance cotton or glass tapes) should be saturated or coated with a moisture resisting and, if specified, flame-retardant compound.

When fibrous rovings are used (for instance jute or asbestos or glass rovings), they should be wound in close spirals and should be saturated and filled with moisture resisting and, if specified, flame-retardant compound.

When a fibrous braid is used as a bedding, it should comply with Clause 10.25.

When a non-metallic sheath is used as a bedding, it should comply with Clause 10.23. On the other hand, its specified thickness should not be understood as “minimum average thickness” (as stated under Clause 10.24).

## CABLING

### 10.27 General

Whichever be the insulating material, both the “belted” and the “non-belted” constructions are considered acceptable by these Recommendations for 2, 3 and multi-conductor cables, provided the insulation thicknesses are suitably determined and specified. The choice of either type should be specified case by case, for instance in Tables of Standard Dimensions.

### 10.28 Cables without common belt of insulation

When a “non-belted cable” is specified, two or more insulated cores, each with the addition of a tape or binder (at the option of the manufacturer, see Clauses 10.08 and 10.11) and a distinctive marking (see Clause 10.31) should be cabled together with a long and regular lay. The spaces among the cores should be filled with fibrous or rubberlike fillers (see Clause 10.30) and the cylindrical assembly should be sheathed with the specified protective covering. A binder (for instance a tape) may be applied (at manufacturer's option) between the cable assembly and the protective covering.

Fillers may be omitted in multi-core cables having conductor sections not exceeding  $4.5 \text{ mm}^2$  ( $0.007 \text{ in}^2$ ).

### 10.29 Cables with common belt of insulation

When a “belted cable” is specified, its construction should be as indicated under Clause 10.28, except that an additional insulating wall should be applied on the cabled cores before applying the protective covering and the (optional) binder. For rubber and polyvinylchloride insulated cables, the common insulating belt should consist of a rubber or polyvinylchloride compound (not necessarily of the same “quality” as the core insulation), which may or may not (at manufacturer's option) form one body with the fillers.

The specified thickness of the insulating belt should be understood as indicated in Clause 10.14.

In the case of rubberlike belts, for the measurement method and tolerances, see Sub-clause 10.38 *b*), last sentence; in the case of taped belts, see Sub-clause 10.37 *c*).

### 10.30 Bourrages

Lorsque l'emploi de bourrages textiles est autorisé, ils doivent être en jute ou en un boudin analogue (par exemple amiante, soie de verre, etc.) et si nécessaire ce bourrage doit être complètement imprégné avec une matière résistant à l'humidité.

Lorsqu'il est spécifié des bourrages élastomères ou thermoplastiques, ils doivent être en caoutchouc (régénéré et/ou caoutchouc non vulcanisé) ou en matière thermoplastique et ils doivent être imperméables. Dans le cas des câbles à gaine non métallique, les bourrages peuvent, au choix du fabricant, former corps avec la gaine ou être séparés de celle-ci.

Lorsqu'un câble doit présenter une « étanchéité longitudinale », les vides entre les conducteurs et la gaine ainsi que les intervalles qui existent à l'intérieur du câblage doivent être les uns comme les autres remplis de façon à obtenir une étanchéité continue tout le long du câble. Celle-ci doit satisfaire aux essais d'étanchéité et de pliage indiqués aux articles 10.51 et 10.48.

Dans tous les cas, les bourrages doivent être d'une composition et d'une consistance telles qu'il ne se produise pas, avec le temps, de fuites entre les câbles et les presse-étoupe.

### 10.31 Repérage des conducteurs isolés

Le repérage peut être obtenu par coloration ou impression (par exemple avec des chiffres) appliquée sur l'isolation ou bien sur le ruban extérieur ou sur le séparateur (s'il existe). Toute autre méthode de repérage peut être autorisée à condition que les différents conducteurs puissent être identifiés, non seulement dans les câbles neufs mais encore dans ceux qui sont en service depuis un certain temps.

Pour les câbles à plusieurs conducteurs dans lesquels les conducteurs sont assemblés par câblage en plusieurs couches concentriques, il est recommandé que, dans chaque couche, deux conducteurs adjacents au moins soient colorés d'une manière différente de tous les autres.

## SECTION DEUX — SPÉCIFICATIONS D'ESSAIS

### RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR LES ESSAIS

#### 10.32 Nature et lieu des essais

Les présentes recommandations ne traitent que des essais effectués sur des câbles terminés, notamment les essais applicables à :

- a) des longueurs complètes de câble prêtes pour l'expédition (voir articles 10.41 à 10.44);
- b) des morceaux de câbles terminés prélevés sur a) (voir articles 10.35 à 10.40 et 10.45 à 10.54);
- c) des parties d'éléments constituant de câbles prélevées sur a); par exemple enveloppes isolantes, gaines métalliques, etc. (voir articles 10.55 à 10.62).

Au sens des présentes recommandations, les pièces prélevées sur b) et c) sont désignées sous le nom d'échantillons.

Les essais sur des câbles non terminés, par exemple sur des conducteurs isolés avant leur assemblage, ne sont pas recommandés.

D'une manière générale, les essais doivent être effectués dans les usines du fabricant et celui-ci doit disposer de l'équipement nécessaire.

### 10.30 Fillers

When “fibrous fillers” are permitted, they should consist of jute or similar roving (including asbestos, glass, etc.) and, when necessary, should be fully impregnated with a moisture retardant compound.

When “rubberlike fillers” are specified, they should consist of rubber (including regenerated and/or un-vulcanized rubber) compounds or plastic compounds, and should be impervious to moisture. For non-metallic sheathed cables, the fillers may (at manufacturer’s option) either form one body with the sheath or be separated therefrom.

When a “watertight cable” is specified, the spaces among cores and sheath and the interstices in the conductor strands should both be filled so as to obtain a continuous sealing all along the cable, which should in particular comply with the watertightness test and the bending test specified in Clauses 10.51 and 10.48.

In any case, the fillers should be of such a composition and hardness as not to give rise, with time, to leakages between cables and glands.

### 10.31 Identification of insulated cores

Identification may be effected by colouring or printing (for instance with code numbers) the insulation or the outer tape or separator (if any). Any other identification method may be allowed, provided the various cores are identifiable, not only in new cables, but also in those which have been in service for some time.

For multi-core cables in which the cores are cabled in several concentric layers, it is recommended that in each layer at least two adjacent cores be coloured differently from all the others.

## SECTION TWO — TESTING SPECIFICATIONS

### GENERAL RECOMMENDATIONS FOR TESTS

### 10.32 Object and place of tests

Tests to be carried out on finished cables only are considered in these Recommendations, namely tests applicable to:

- a) full cable lengths ready for dispatch (see Clauses 10.41—10.44);
- b) pieces of completed cables, taken from a) (see Clauses 10.35 to 10.40; and 10.45 to 10.54);
- c) pieces of constituent parts of cables, taken from a); for instance insulating walls, metallic sheaths, etc. (see Clauses 10.55 to 10.62).

For the purpose of these Recommendations, pieces b) and c) are referred to as “samples”.

Tests applicable to unfinished cables, for instance on insulated cores before they are cabled, are not recommended.

In general, the tests should be carried out at the manufacturer’s works and the manufacturer should make available the necessary equipment.

### 10.33 Catégories d'essais

a) Au sens des présentes recommandations, les essais sont classés en quatre catégories :

RT: Essais individuels — Essais effectués sur les longueurs entières de câble prêtes pour l'expédition;

OST: Essais obligatoires de prélèvement — Essais effectués sur un nombre spécifié d'échantillons, par exemple un échantillon par groupe de 10 longueurs de câble;

AST: Essais de prélèvement suivant accord — Essais effectués seulement après un accord spécial entre l'acheteur et le fabricant. Cet accord doit préciser également le nombre d'échantillons à essayer;

TT: Essais de type — Ces essais ne sont pas nécessairement effectués lors de chaque contrat, mais une fois seulement pour chaque spécification particulière de câble qui doit être fourni d'après la commande. Un câble doit être considéré comme étant d'un type approuvé si un câble de même construction, mais pas nécessairement de mêmes dimensions, répond aux spécifications d'essais prévus et si le fabricant peut à cet effet remettre un certificat de conformité.

### 10.34 Répétition des essais

Dans le cas des essais de prélèvement (voir paragraphes 10.32 b) et c)) et si le résultat d'un essai n'est pas satisfaisant, ce même essai doit être répété sur un nombre d'échantillons double de celui essayé en premier lieu; les nouveaux échantillons sont prélevés sur des longueurs de câble autres que celles sur lesquelles des échantillons ont déjà été prélevés. Si les essais de ces nouveaux échantillons ne sont pas tous satisfaisants, toutes les longueurs de câble correspondantes aux échantillons défectueux peuvent être déclarées non satisfaisantes.

## EXAMEN DE LA QUALITÉ DE LA FABRICATION ET CONTRÔLE DES DIMENSIONS

### 10.35 Examen général (OST)

Un examen à vue, portant sur la conformité des câbles aux spécifications de fabrication de la commande et aux règles de l'art, doit être fait sur des échantillons de câble. Ceux-ci doivent être prélevés aux extrémités de quelques longueurs de fabrication préalablement amputées d'une partie (d'au moins 60 cm ou 2 ft) qui aurait pu être endommagée.

### 10.36 Dimensions de l'âme (RT)

La section de l'âme est contrôlée par une mesure de résistance électrique (voir articles 10.42 et 10.05). Un tel contrôle de l'âme ne nécessite aucune mesure du diamètre des fils la composant.

### 10.37 Épaisseur d'isolation (OST)

a) Généralités

L'épaisseur de l'enveloppe isolante doit être mesurée sur le nombre spécifié de longueurs de fabrication (voir article 10.33 — OST) chacune des longueurs choisies doit être représentée par deux échantillons de câble prélevés à raison d'un à chaque extrémité et après avoir amputé la longueur (si nécessaire) de la partie qui aurait pu être endommagée. Si l'un des échantillons ne satisfait pas aux prescriptions de l'article 10.37, on vérifie deux autres échantillons et ce n'est que si tous deux sont satisfaisants que la longueur peut être acceptée.

### 10.33 Test categories

For the purpose of these Recommendations, the tests are divided into four categories:

- RT: Routine tests — Tests to be carried out on full cable lengths ready for dispatch;
- OST: Obligatory sample tests — Tests to be carried out on a specified number of samples, for instance one sample from each group of 10 cable lengths;
- AST: Agreed sample tests — Tests to be carried out only when specifically agreed between purchaser and manufacturer, who will also agree the extent of sampling;
- TT: Type tests — Tests not to be carried out for every contract but once for each particular design of cable to be supplied against an order. A cable shall be deemed an approved type if one of the same construction, but not necessarily of the same size, complies with the test requirements and the manufacturer may submit a certificate to this effect.

### 10.34 Repetition of tests

In the case of tests on samples (see Sub-clauses 10.32 *b*) and *c*)), if the result of a test is not satisfactory, the same test should be repeated on twice the number of samples tested the first time, the new samples being taken from cable lengths not previously sampled. If the results from these new samples are not all satisfactory, all the cable lengths represented by the said samples may be declared unsatisfactory.

## INSPECTION FOR REGULAR MANUFACTURING AND CHECK OF DIMENSIONS

### 10.35 General examination (OST)

A visual inspection for the conformity of cables with the manufacturing requirements specified in the order and with a good manufacturing practice should be carried out on cable pieces. These should be taken from the ends of some manufacturing lengths after having discarded, if necessary, a portion of cable (of at least 60 cm or 2 ft) which might have suffered damage.

### 10.36 Conductor dimensions (RT)

The cross-sectional area should be checked by measuring the electrical resistance (see Clauses 10.42 and 10.05). No measurements of wire diameters should be required in checking the conductors.

### 10.37 Insulation thicknesses (OST)

#### *a) General*

The insulation thickness should be checked on a number of manufacturing lengths, as specified (see Clause 10.33 — OST). Each selected length should be represented by two cable pieces, taken one from each end after having discarded (if necessary) a portion which might have suffered damage. If one of the pieces fails to meet the requirements of Clause 10.37, two other pieces should be checked and only if both comply should the length be accepted.

b) *Isolations élastomères ou thermoplastiques (caoutchouc ou polychlorure de vinyle)*

L'épaisseur de l'isolation doit être déterminée par la méthode spécifiée à l'annexe A en utilisant un microscope de mesure. L'usage d'un micromètre ou d'un autre instrument est admis, mais en cas de contestation on doit utiliser un microscope de grossissement 10.

La moyenne des 12 mesures effectuées sur les deux échantillons (voir paragraphe 10.37 a)) ne doit pas être inférieure à l'épaisseur d'enveloppe spécifiée pour la longueur considérée. De plus, la plus petite des 12 valeurs mesurées ne doit pas être inférieure à l'épaisseur spécifiée de plus de 0,10 mm (4 mils) + 10% de l'épaisseur spécifiée.

c) *Isolation par rubanage (tissu verni et tissu verni-amiante)*

L'une des deux méthodes suivantes peut être utilisée, leur choix étant fait par accord entre le fabricant et l'acheteur. Dans chaque cas les résultats obtenus sur les deux échantillons représentant chacune des longueurs choisies (voir paragraphe 10.37 a)) ne doivent pas être inférieurs à l'épaisseur d'enveloppe spécifiée pour cette longueur.

Dans le cas des câbles à ceinture, l'épaisseur de l'isolation de chaque conducteur et l'épaisseur de la ceinture doivent être mesurées séparément.

Lorsqu'une couche d'amiante ou d'un matériau équivalent se trouve comprise dans l'épaisseur isolante, son épaisseur doit être mesurée par la première méthode.

c1) *Première méthode*

On utilise un micromètre à touches planes d'au moins 5 mm (0,2 in) de diamètre. Le diamètre sur l'isolant est mesuré dans deux directions perpendiculaires. L'isolant est ensuite retiré et le diamètre sous l'isolant est mesuré de la même façon et dans les mêmes directions. Les séparateurs, revêtements et rubans de repérage (voir article 10.11), s'ils existent, ne sont pas comptés dans l'épaisseur isolante, à moins qu'ils ne soient en un matériau isolant. L'épaisseur isolante est finalement déterminée en prenant la moitié de la moyenne des différences entre les deux mesures. A la place du micromètre on peut utiliser un ruban afin d'en déduire le diamètre à partir de la longueur de la circonférence, ceci dans le cas des conducteurs ronds ou sectoraux.

c2) *Deuxième méthode*

(Cette méthode n'est pas applicable lorsque les rubans sont posés à recouvrement.)

Les rubans de l'échantillon sont déroulés puis empilés les uns sur les autres (sans enlever le lubrifiant) et l'épaisseur totale est mesurée avec un micromètre ayant les caractéristiques définies plus haut. Tous les rubans qui composent l'épaisseur isolante doivent être compris dans la mesure à l'exception des séparateurs et revêtements (s'il en existe), à moins qu'ils ne soient en matériau isolant.

Les touches du micromètre doivent être nettoyées entre chaque opération.

L'appareil utilisé peut être n'importe quel type de micromètre de précision à pression capable de mesurer l'épaisseur d'un certain nombre de rubans jusqu'à un total de 6,3 mm (0,25 in) avec une erreur de lecture n'excédant pas  $\pm 0,005$  mm ( $\pm 0,2$  mil).

La touche mobile qui assure la pression doit être circulaire avec un diamètre d'au moins 5,0 mm (0,2 in). La surface de la touche fixe doit être égale ou supérieure à celle de la touche mobile. Les deux faces doivent rester concentriques et parallèles avec une précision de 0,0025 mm (0,0001 in) dans toute l'étendue du déplacement.

La touche mobile doit exercer une pression uniforme de  $3,5 \pm 0,2$  kgf/cm<sup>2</sup> (ou  $50 \pm 2,5$  lbf/in<sup>2</sup>).

*b) Rubberlike insulations (rubber and polyvinylchloride)*

The insulation thickness should be measured with the method described in Appendix A, using a measuring microscope. The use of a micrometer or other means may be permitted, but in case of dispute a microscope at 10 magnifications should be used.

The average of the 12 measurements carried out on the 2 specimens (see Sub-clause 10.37 *a*)) should not be less than the insulation thickness specified for the length considered. In addition, the smallest of the 12 measured values should not fall below the specified thickness by more than 0.10 mm (4 mils) + 10% of the specified thickness.

*c) Taped insulations (varnished cambric and asbestos varnished cambric)*

One of the following two methods may be used, the choice being agreed between manufacturer and purchaser. In either case, both the results found on the two specimens representing each selected length (see Sub-clause 10.37 *a*)) should be not lower than the insulation thickness specified for that length.

In the case of “belted cables”, the thickness of each core insulation and of the belt should be measured separately.

When a layer of asbestos or equivalent material is included in the insulating wall, its thickness should be measured with the first method.

*c1) First method*

Using a micrometer having flat contacts at least 5 mm (0.2 in) in diameter, the diameter in the insulating wall is measured in two directions, at right angles to another. The insulation is then removed and the diameter under the insulating wall is similarly measured in the same directions. Separators, binders and identification tapes (see Clause 10.11), if any, are not to be included in the insulating wall, unless they consist of an insulating material. The insulation thickness is finally calculated as half the mean of the two diameter differences. Instead of a micrometer, a measuring tape may be used for determining the diameters from the circumferential lengths, both in the case of round and sector shaped conductors.

*c2) Second method*

(Not applicable when the tapes are wound with an overlap.)

The tapes of the specimen should be unwound and then bunched together (without removing the lubricant) and the total thickness should be measured with a micrometer having the characteristics defined below. All the tapes which make up the insulation should be included in the measurement, whereas the separators and binders (if any) shall not be included unless they are made of insulating materials.

The faces of the micrometer shall be cleaned between each successive measurement.

The apparatus may be any form of precision dead weight micrometer capable of measuring up to a total thickness of 6.3 mm (0.25 in) with an instrument error not exceeding  $\pm 0.005$  mm ( $\pm 0.2$  mil).

The movable face of the pressure foot should be circular, and have a diameter not less than 5.0 mm (0.2 in). The area of the fixed face should be equal to or greater than the area of the pressure foot. The faces should be concentric and parallel to within 0.0025 mm (0.0001 in) over the range of travel.

The pressure foot should exert a steady pressure of  $3.5 \pm 0.2$  kgf/cm<sup>2</sup> (or  $50 \pm 2.5$  lbf/in<sup>2</sup>).

### 10.38 Épaisseur des gaines (OST)

#### a) Généralités

L'épaisseur des gaines doit être mesurée sur le nombre spécifié de longueurs de fabrication (voir article 10.33 — OST).

Chacune des longueurs choisies doit être représentée par deux échantillons de câble prélevés à raison d'un à chaque extrémité et après avoir amputé la longueur (si nécessaire) de la partie qui aurait pu être endommagée. Si l'un des échantillons ne satisfait pas aux prescriptions de l'article 10.37, on vérifie deux autres échantillons et ce n'est que si tous deux sont satisfaisants que la longueur est acceptée.

#### b) Gains imperméables non métalliques

La mesure de l'épaisseur de la gaine s'effectue en utilisant les moyens et la méthode de l'annexe A aux endroits où l'épaisseur de la gaine est la plus faible (c'est-à-dire ceux où les conducteurs isolés laissent une empreinte dans la gaine), à raison de six mesures au maximum par échantillon. En particulier, dans le cas d'une gaine appliquée sur un assemblage cylindrique (par exemple une gaine métallique), les six mesures doivent être effectuées.

La moyenne des valeurs obtenues sur deux échantillons prélevés sur chacune des longueurs de câble (voir paragraphe 10.38 a)) ne doit pas être inférieure à l'épaisseur spécifiée.

De plus, la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur spécifiée de plus de 0,10 mm (0,004 in) + 15 % de l'épaisseur spécifiée.

La méthode indiquée ci-dessus est également valable pour mesurer l'épaisseur de la ceinture commune. Quand celle-ci renferme les bourrages, une tolérance de 0,3 mm (0,012 in) + 15 % est autorisée.

#### c) Gains métalliques

Un prélèvement est fait, sur chaque échantillon (voir paragraphe 10.38 a)), sous la forme d'un manchon que l'on retire, sans l'endommager. La longueur de ce manchon doit être à peu près égale à son diamètre (avec un minimum de 20 mm ou 0,8 in). Sur chaque coupe on procède, au moyen du palmer, à cinq mesures régulièrement espacées sur la circonférence, ces mesures étant faites à au moins 10 mm (0,4 in) des bords.

Si l'échantillon conserve la forme d'un anneau, les mesures doivent être faites avec un palmer ayant soit une touche plate et une touche à bille, soit une touche plate et une touche rectangulaire de 0,8 mm (0,032 in) de large et 2,4 mm (0,095 in) de long. La touche à bille ou la touche rectangulaire doit être placée à l'intérieur de l'anneau.

Si l'échantillon est aplati, la mesure doit être effectuée au moyen d'un palmer à touches plates.

La moyenne des dix valeurs obtenues sur les deux échantillons prélevés sur la longueur considérée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur spécifiée pour cette longueur. En outre, la plus petite valeur ne doit pas être inférieure à l'épaisseur spécifiée de plus de 0,10 mm (0,004 in) + 10 % de l'épaisseur spécifiée.

### 10.39 Dimensions des armures (OST)

#### a) Un certain nombre de mesures micrométriques doivent être faites sur quelques échantillons prélevés au hasard, afin de vérifier que les dimensions du fil métallique ou du feuillard sont conformes aux valeurs nominales (voir article 10.22). Cette conformité doit s'entendre comme suit:

Toutes les valeurs mesurées individuellement ne doivent pas être inférieures à 90 % de la valeur nominale diminuée de 0,03 mm (0,0012 in) et ne doivent pas être supérieures à 110 % de la valeur moyenne augmentée de 0,03 mm (0,0012 in).

### 10.38 Sheath thickness (OST)

#### a) General

The sheath thickness should be checked on a number of manufacturing lengths, as specified (see Clause 10.33 — OST).

Each selected length should be represented by two cable pieces, taken one from each end after having discarded (if necessary) a portion which might have suffered damage. If one of the pieces fails to meet the requirements of Clause 10.37, two other pieces should be checked and only if both comply should the length be accepted.

#### b) Non-metallic impervious sheath

The sheath thickness should be measured, using the means and method described in Appendix A, radially in the directions where the sheath is thinnest (i.e. corresponding to the points where the cores were embedded in the sheath), subject to a maximum of six measurements on each specimen. In particular, in case of a sheath applied on a cylindrical assembly (for instance on a metal sheath), the six measurements should be made.

The average of the values found on the two specimens taken from each cable length (see Sub-clause 10.38 a)) should not be lower than the sheath thickness specified for that length.

In addition, the smallest measured value should not fall below the specified thickness by more than 0.10 mm (0.004 in) + 15% of the specified thickness.

The method indicated above is also valid for measuring the thickness of the insulating belt. When this embodies the fillers, a tolerance of 0.3 mm (0.012 in) + 15% should be permitted.

#### c) Metallic sheaths

From each of the two pieces of cable (see Sub-clause 10.38 a)) one specimen should be cut and removed, without damaging it, in the form of a sleeve having a length approximately equal to its diameter (but at least 20 mm or 0.8 in). Using a micrometer, five measurements should be taken on each specimen, regularly spaced around the circumference and at least 10 mm (0.4 in) distant from the edges of the specimens.

If the specimen is left in the form of a ring, the measurement should be made with a micrometer having either a flat nose and a ball nose or a flat nose and a flat rectangular nose 0.8 mm (0.032 in) wide and 2.4 mm (0.095 in) long. The ball nose or the flat rectangular nose should be applied inside the ring.

If the specimen is flattened, the measurement may be made with a micrometer having flat noses.

The average of the ten values found on the two specimens taken from the considered cable length should be not lower than the sheath thickness specified for that length. In addition, the smallest value should not fall below the specified thickness by more than 0.10 mm (0.004 in) + 10% of the specified thickness.

### 10.39 Dimensions of armourings (OST)

- a) A number of micrometer measurements should be made on some specimens selected at random, in order to check that metal wire diameters and metal tape thicknesses comply with the nominal values (see Clause 10.22). Compliance should be understood as follows:

All individual measured values to be not smaller than 90% of the nominal value minus 0.03 mm (0.0012 in) and not greater than 110% of the average value plus 0.03 mm (0.0012 in).

- b) La vérification de la densité de couverture d'une tresse métallique doit être faite en pesant un échantillon de la tresse long d'au moins 25 cm (10 in); le poids ne doit pas être inférieur à 90 % du poids calculé pour le tube équivalent spécifié à l'article 10.19.

#### 10.40 Diamètre des câbles (OST)

Le diamètre extérieur de chaque câble doit être mesuré au moins en trois points distants d'1 m (3 ft) ou plus. On peut utiliser soit un ruban de mesure (convenant seulement aux diamètres supérieurs à 20 mm ou 0,8 in) ou un micromètre. Dans le premier cas, le diamètre est déduit par calcul de la circonférence mesurée; dans le deuxième cas, on fait la moyenne de deux mesures à angle droit. La moyenne des trois valeurs ainsi obtenues ne doit pas différer du diamètre moyen spécifié de plus de:

0,5 mm (0,02 in) + 4 % du diamètre spécifié pour les câbles non armés,

1,0 mm (0,04 in) + 4 % du diamètre spécifié pour les câbles armés.

Si, à la place du diamètre moyen, on a spécifié le diamètre maximal, aucune des trois valeurs mesurées ne doit être supérieure à la valeur spécifiée.

#### ESSAIS ÉLECTRIQUES SUR LONGUEURS ENTIÈRES DE CÂBLES

##### 10.41 Généralités

Les essais électriques indiqués aux articles 10.42 à 10.44 doivent être faits sur toutes les longueurs de câbles terminés (sauf dans le cas suivant).

Dans le cas des câbles isolés au polychlorure de vinyle uniquement, on peut admettre la suppression de la mesure de la résistance d'isolement sur longueur entière (article 10.44). En remplacement, il sera effectué un essai sur des courtes longueurs de câbles dans de l'eau chaude, comme spécifié à l'article 10.45.

##### 10.42 Résistance du conducteur (RT)

Le câble doit être placé dans le local d'essais maintenu à température sensiblement constante pendant un temps suffisamment long pour que l'on soit assuré que la température du câble est égale à la température ambiante.

La résistance électrique de chaque conducteur doit être mesurée en courant continu (la longueur exacte et la température étant connues) et ramenée à la température de 20°C par la formule suivante:

$$R_{20} = R_t \frac{254,45}{234,45 + t}$$

dans laquelle  $R_t$  est la résistance électrique obtenue à la température  $t^\circ\text{C}$  (température ambiante). La valeur  $R_{20}$  ne doit pas être plus élevée que la résistance du conducteur, spécifiée ou calculée comme indiqué à l'article 10.05.

##### 10.43 Essai diélectrique (RT)

- a) Cet essai doit être fait à la température ambiante sous une tension alternative monophasée de forme pratiquement sinusoïdale ou, en variante, sous une tension pratiquement continue. La puissance du dispositif de mesure doit être suffisante pour que la valeur de la tension d'essai spécifiée et le courant de charge correspondant puissent être maintenus constants dans le câble.

- b) Checking of the coverage density of a metal braid armour should be carried out by weighing a braid specimen at least 25 cm (10 in) long; the weight should be not less than 90 % of the calculated weight of an equivalent tube as specified under Clause 10.19.

#### 10.40 Cable diameters (OST)

The overall diameter of any cable should be measured in at least three points spaced 1 m (3 ft) or more from one another. Either a measuring tape (suitable only for diameters greater than 20 mm or 0.8 in) or a micrometer may be used, in the first case the diameter being calculated from the measured circumference length and in the second case as the mean of two diameters measured at right angles. The average of the three values so obtained should differ from the specified mean diameter by not more than:

0.5 mm (0.02 in) + 4 % of the specified diameter, for unarmoured cables,

1.0 mm (0.04 in) + 4 % of the specified diameter for armoured cables.

If the maximum instead of the mean overall diameter is specified, none of the three measured values should be greater than the specified value.

#### ELECTRICAL TESTS ON FULL CABLE LENGTHS

##### 10.41 General

The electrical tests specified under Clauses 10.42 to 10.44 should be carried out on all complete lengths of finished cables (except in the following case).

In the case of p.v.c. insulated cables only, it may be accepted that the measurement of the insulation resistance on full cable lengths (Clause 10.44) is omitted, the test being instead carried out on short lengths, in hot water, as specified under Clause 10.45.

##### 10.42 Conductor resistance (RT)

The cable shall be in the test room, which should be at reasonably constant temperature, for sufficient time to ensure that the cable temperature is equal to the ambient temperature.

The electrical resistance of each conductor should be measured with direct current (knowing the exact length and temperature) and corrected to 20°C by the following formula:

$$R_{20} = R_t \frac{254.45}{234.45 + t}$$

where  $R_t$  is the electrical resistance found at a temperature  $t^\circ\text{C}$  (ambient temperature). The value  $R_{20}$  should be not higher than the conductor resistance either specified or calculated as stated in Clause 10.05.

##### 10.43 High-voltage test (RT)

- a) This test should be carried out at ambient temperature using a single-phase a.c. voltage of practically sinusoidal waveform or, alternatively, a practically flatform d.c. voltage. The power available in the test equipment shall be sufficient to maintain constantly in the cable the specified value of the test voltage and the corresponding charging current.

- b) Quel que soit le type d'isolation, chaque conducteur isolé doit pouvoir supporter, pendant 15 minutes sans perforation, les tensions d'essai suivantes:

TABLEAU IV

| Tension nominale <sup>1)</sup><br>du câble<br>volts (alternatif ou continu) |                          | Tension d'essai pendant 15 minutes |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Supérieure<br>à                                                             | Inférieure<br>ou égale à | Courant alternatif<br>volts        | Courant continu<br>volts |
| —                                                                           | 80                       | 1 000 <sup>2)</sup>                | 2 000 <sup>2)</sup>      |
| 80                                                                          | 250                      | 1 500                              | 3 000                    |
| 250                                                                         | 750 <sup>3)</sup>        | 2 500                              | 5 000                    |
| 750                                                                         | 1 100                    | 3 500                              | 7 000                    |
| 1 100                                                                       | 3 300                    | 7 500 <sup>4)</sup> 10 000         | 20 000                   |
| 3 300                                                                       | 6 600                    | 14 000 <sup>4)</sup> 16 000        | 32 000                   |

<sup>1)</sup> La tension nominale doit s'entendre pour les systèmes dont le neutre (ou le centre) n'est pas à la masse.

<sup>2)</sup> Pendant 5 minutes seulement.

<sup>3)</sup> Pour les câbles à isolation minérale de tension nominale supérieure à 250 V et jusqu'à 440 V inclus, la tension d'essai peut être 2 000 V alternatif et 4 000 V continu.

<sup>4)</sup> Uniquement pour les câbles isolés au caoutchouc ou au polychlorure de vinyle.

- c) La tension doit être appliquée progressivement de façon à atteindre la valeur spécifiée en une minute environ. Le mode de connexion utilisé pour l'application des tensions d'essais aux différents types de câbles doit être le suivant:

Pour les câbles à un conducteur sous gaine métallique ou avec une armure métallique, la tension est appliquée entre le conducteur et la gaine ou l'armure.

Pour les câbles à un conducteur sous gaine non métallique imperméable sans autre protection, la tension d'essai doit être appliquée entre le conducteur et l'eau dans laquelle le câble doit avoir été immergé au moins une heure avant l'essai.

Pour les câbles à un conducteur qui comportent une gaine non métallique susceptible d'être endommagée par l'eau, la tension d'essai doit être appliquée à des échantillons d'au moins 1 m (40 in) de longueur après que leur surface ait été revêtue d'une feuille métallique.

Pour les câbles comportant de 2 à 5 conducteurs avec ou sans gaine ou armure, la tension d'essai doit être appliquée successivement entre chaque conducteur et tous les autres réunis ensemble et au revêtement métallique s'il en existe un.

Pour les câbles à plus de 5 conducteurs, la tension d'essai doit être appliquée d'abord entre tous les conducteurs impairs de toutes les couches et tous les conducteurs pairs de toutes les couches, puis entre tous les conducteurs des couches paires et tous les conducteurs des couches impaires et enfin, si nécessaire, entre le premier et le dernier conducteur de chaque couche comportant un nombre impair de conducteurs.

#### 10.44 Résistance d'isolement (RT)

- a) La résistance d'isolement doit être mesurée après l'essai diélectrique. Une tension continue de 300 V au moins doit être utilisée avec le mode de connexion spécifié au paragraphe 10.43 c). La mesure doit, en général, être effectuée une minute après application de la tension continue; dans certains cas cependant on peut porter à 5 minutes au maximum la durée d'application de la tension dans le but d'obtenir des résultats plus constants.

- b) Whichever the insulation type, each insulated core should sustain for 15 minutes, without break-down occurring, the following values of the test voltage:

TABLE IV

| Rated voltage <sup>1)</sup> of cable volts (a.c. or d.c.) |                     | Test voltage for 15 minutes      |                             |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Above                                                     | Up to and including | Alternating current volts (a.c.) | Direct current volts (d.c.) |
| —                                                         | 80                  | 1 000 <sup>2)</sup>              | 2 000 <sup>2)</sup>         |
| 80                                                        | 250                 | 1 500                            | 3 000                       |
| 250                                                       | 750 <sup>3)</sup>   | 2 500                            | 5 000                       |
| 750                                                       | 1 100               | 3 500                            | 7 000                       |
| 1 100                                                     | 3 300               | 7 500 <sup>4)</sup>              | 20 000                      |
| 3 300                                                     | 6 600               | 14 000 <sup>4)</sup>             | 32 000                      |

<sup>1)</sup> The rated voltage is to be understood for systems with neutral (or central point) not earthed.

<sup>2)</sup> For 5 minutes only.

<sup>3)</sup> For mineral insulated cables having a rated voltage above 250 V up to and including 440 V, the test voltage may be 2 000 V a.c. and 4 000 V d.c.

<sup>4)</sup> For rubber or p.v.c. insulated cables only.

- c) The voltage should be applied gradually so as to arrive at the specified value in about one minute. The connection procedures in applying the test voltages to the different types of cables should be as follows:

For single-core, metal sheathed or metal armoured cables, the test voltage should be applied between conductor and sheath or armour.

For single-core cables having an impervious non-metallic sheath and no further covering, the test voltage should be applied between the conductor and the water in which the cable should be immersed at least one hour before the test.

For single-core cables having a non-metallic covering liable to be impaired if immersed in water, the test voltage should be made on samples at least 1 m (40 in) long, after having covered their surface with a metal foil.

For cables having from 2 to 5 conductors, with or without metal sheath or armour, the voltage test should be applied in turn between each conductor and all other conductors connected together and to the metal covering, if any.

For cables having more than 5 conductors, the voltage test should be applied: first between all conductors of uneven number in all layers and all conductors of even number in all layers; second, between all conductors of even layers and all conductors of uneven layers; third, if necessary, between the first and the last conductor of each layer having an uneven number of conductors.

#### 10.44 Insulation resistance (RT)

- a) The insulation resistance should be measured after the high-voltage test has been carried out. A d.c. voltage of at least 300 V should be used, with the connection procedures specified in Sub-clause 10.43 c). The measurement should in general be effected one minute after application of the d.c. voltage; in certain cases, however, in order to reach a substantial steady state condition, the electrification time may be prolonged up to a maximum of 5 minutes.

Les valeurs de la résistance d'isolement mesurées à une température  $T$  (qui de préférence ne doit pas être supérieure à 30°C ni inférieure à 10°C) doivent ensuite être ramenées à 20°C en utilisant une formule de correction de température appropriée basée sur les résultats expérimentaux obtenus avec la matière isolante considérée.

La valeur corrigée ne doit pas être inférieure à la valeur calculée au moyen de la constante d'isolement  $K_i$  spécifiée dans le tableau V et aux articles 10.10 et 10.13 pour l'isolement considéré.

- b) Pour le calcul de la résistance d'isolement on doit utiliser la formule suivante:

$$R_i = K_i \log_{10} \frac{D}{d} \text{ en megohm.km}$$

dans laquelle:

$K_i$  (en megohm.km) est la constante d'isolement spécifiée pour l'isolement considéré (voir tableau V et articles 10.10 et 10.13);

$d$  est le diamètre calculé pour l'âme (y compris le séparateur s'il y en a un)<sup>1)</sup>;

$D$  est le diamètre calculé sur l'isolation (à savoir  $D = d + 2t$ ,  $t$  étant l'épaisseur spécifiée pour l'isolant).

Les valeurs de  $D$  et  $d$  doivent toutes deux être exprimées avec la même unité. Pour calculer la résistance d'isolement par 1 000 ft ou par 1 000 yards de câble la valeur de  $R_i$  obtenue par cette formule sera multipliée par les facteurs suivants:

Pour megohm . 1 000 ft  $\times 3,28$

Pour megohm . 1 000 yards  $\times 1,09$

Sauf spécification contraire, le mode de calcul ci-dessus peut être appliqué non seulement au cas des câbles à un seul conducteur, mais aussi aux cas des câbles à deux ou plusieurs conducteurs (pour les câbles à ceinture,  $t$  étant la somme de l'épaisseur de l'isolation du conducteur et de l'épaisseur isolante de ceinture).

Pour les câbles avec isolation au tissu verni-amiante, la valeur minimale spécifiée pour la résistance d'isolement doit être le quart de la valeur minimale spécifiée pour les câbles isolés au tissu verni de même section et de même tension nominale.

#### ESSAIS ÉLECTRIQUES SUR ÉCHANTILLONS

##### 10.45 Résistance d'isolement (seulement pour les câbles isolés au polychlorure de vinyle)

Cet essai peut être prescrit, soit à la place de l'essai de l'article 10.44, soit en plus. Dans le premier cas c'est un essai AST, et dans le second un essai TT (voir article 10.33).

- a) Chaque échantillon de câble d'au moins 5 m de longueur (16 ft) est décablé de façon à obtenir un seul conducteur isolé, démunie de toute autre matière (par exemple ceinture commune, ruban, etc.). L'échantillon est immergé dans de l'eau à température ambiante (les extrémités étant sorties) et, après 2 ou 3 heures d'immersion, soumis à un essai diélectrique en appliquant les tensions indiquées à l'article 10.43 pendant 5 minutes entre le conducteur et l'eau.

<sup>1)</sup> Note. — Dans la pratique, le diamètre  $d$  d'un conducteur de forme sectorale peut être calculé en divisant par 3,14 la longueur du périmètre de ce conducteur mesurée avec un ruban.

The insulation resistance values measured at a temperature  $T$  (which should preferably be not higher than 30°C and not lower than 10°C) should then be corrected to 20°C using an appropriate temperature correction factor based on experimental results obtained on the insulation material concerned.

The corrected values should be not lower than the value calculated, with the insulation constant  $K_i$  specified in Table V and in Clauses 10.10 and 10.13 for the insulating material concerned.

- b) For the calculation of the insulation resistance the following formula should be used:

$$R_i = K_i \log_{10} \frac{D}{d} \text{ in megohm.km}$$

where

$K_i$  (in megohm.km) is the insulation resistance constant specified for the material concerned (see Table V and Clauses 10.10 and 10.13);

$d$  is the calculated diameter of the conductor (including separator, if any)<sup>1)</sup>;

$D$  is the calculated diameter of the insulation (namely  $D = d + 2t$ , where  $t$  is the specified insulation thickness).

Both  $D$  and  $d$  shall be expressed in the same unit. To calculate the insulation resistance per 1 000 ft or per 1 000 yards of cable the value of  $R_i$  obtained from this formula shall be multiplied by factors as follows:

For Megohm . 1 000 ft  $\times 3.28$

For Megohm . 1 000 yards  $\times 1.09$

Unless otherwise agreed, the above calculation may be applied not only in the case of single-core cables but also in the case of twin and multicore (for belted cables  $t$  being the sum of the specified thicknesses of core insulation plus belt insulation).

For asbestos-varnished-cambric insulated cables, the minimum specified insulation resistance should be one-fourth of the minimum values specified for the varnished-cambric insulated cables of same cross-section and same rated voltage.

#### ELECTRICAL TESTS ON CABLE SAMPLES

##### 10.45 Insulation resistance (for polyvinylchloride insulated cables only)

This test may be required either as a substitute for test of Clause 10.44 or in addition thereto. In the first case it is an AST; in the second case a TT (see Clause 10.33).

- a) Each cable sample, having a length of at least 5 m (16 ft), should be dismantled so as to obtain one insulated core without any covering (i.e. without belt, tape, etc.). This specimen should be immersed (with the ends protruding) in water at room temperature and after 2 to 3 hours immersion subjected to a voltage test, applying the voltage value specified in Clause 10.43 for 5 minutes between conductor and water.

<sup>1)</sup> Note. — For practical purposes the diameter  $d$  of a sector shaped conductor may be calculated dividing by 3.14 the length of the conductor circumference as measured by means of a measuring tape.

- b) Le conducteur isolé est alors immergé dans de l'eau chaude, une longueur de conducteur d'environ 25 cm (10 in) à chaque extrémité étant maintenue au-dessus du niveau du liquide tandis qu'une longueur d'au moins 4 m (13 ft) doit être maintenue dans l'eau. La température de l'eau doit être maintenue à une valeur égale à la température de fonctionnement spécifiée du mélange considéré (voir tableaux II et V) avec une tolérance de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Après 2 à 3 heures d'immersion, on applique une tension continue d'au moins 300 V entre le conducteur et l'eau. On mesure la résistance d'isolement une minute après l'application de la tension; dans certains cas, toutefois, afin d'obtenir une lecture stable, on peut prolonger la durée d'application de la tension jusqu'à 5 minutes au maximum.

Le résultat de la mesure ne doit pas être inférieur à la valeur calculée suivant les indications du paragraphe 10.44 b), en utilisant le coefficient  $K_i$  spécifié dans le tableau V pour l'isolant considéré. Si nécessaire on doit appliquer des anneaux de garde aux extrémités de l'échantillon.

#### 10.46 Résistance de l'isolation au courant continu (TT)

Cet essai ne doit être prescrit que pour des câbles isolés au polychlorure de vinyle et ne comportant pas de gaine métallique.

Un des conducteurs isolés qui a été soumis à l'essai diélectrique spécifié au paragraphe 10.45 a) est maintenu dans l'eau à  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  pendant 10 fois 24 heures; on ajoute environ 10 grammes de chlorure de sodium par litre d'eau. Le pôle négatif d'une source de courant continu à 220 V (100 V seulement pour les échantillons de câble fonctionnant à 110 V) est relié au conducteur et le pôle positif est relié à une électrode de cuivre qui est immergée dans l'eau salée et n'a pas de connexion avec la cuve métallique. Il ne doit pas se produire de perforation pendant la période spécifiée ci-dessus et l'examen de l'aspect extérieur de l'isolation ne doit révéler aucun défaut (il n'est pas tenu compte d'une décoloration de l'isolation).

#### 10.47 Essai d'absorption d'eau (TT)

Un échantillon de conducteur qui a déjà été soumis à l'essai diélectrique prévu au paragraphe 10.45 a) est placé dans une cuve à eau de telle manière que sa partie médiane soit immergée sur une longueur de 3 m (10 ft) tandis que les extrémités sont maintenues au-dessus du niveau de l'eau sur une longueur de 0,75 m (30 in). On utilise de l'eau distillée à une température maintenue entre  $20^\circ\text{C}$  et  $25^\circ\text{C}$  pendant 14 jours.

La capacité de l'échantillon est mesurée au moyen d'un courant alternatif à basse tension à la fréquence de 800 à 1 000 Hz après un, sept et quatorze jours d'immersion ininterrompue, l'eau étant maintenue à la même température pour toutes les mesures. Les valeurs de capacité ainsi obtenues doivent satisfaire aux conditions qui sont spécifiées au point F dans le tableau V pour l'isolant considéré.

*Note.* — Le présent article est encore à l'étude.

### ESSAIS PHYSIQUES SUR ÉCHANTILLONS

#### 10.48 Essais de pliage pour les câbles posés à demeure (AST)

Cet essai ne doit pas être prescrit pour les câbles isolés au caoutchouc ou au polychlorure de vinyle. Il doit être effectué à une température comprise entre  $10^\circ\text{C}$  et  $35^\circ\text{C}$ , l'échantillon de câble et le mandrin d'enroulement ayant été préalablement amenés à la même température.

- b) The insulated core should be then immersed in hot water, a length of about 25 cm (10 in) at each end of the specimen being kept above the water level, whilst at least 4 m (13 ft) shall be in water. The temperature of the water should be maintained at a value equal to the rated operating temperature of the considered compound (see Tables II and V) with a tolerance of  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

After 2 to 3 hours immersion, a d.c. voltage of at least 300 V should be applied between the conductor and the water. The insulation resistance should be measured one minute after the application of the voltage; in certain cases, however, in order to reach a substantial steady-state condition the electrification time may be prolonged up to a maximum of 5 minutes.

The measurement result shall be not less than the value calculated, as shown in Sub-clause 10.44 b), with the  $K_i$  specified in Table V for the insulating compound concerned. If necessary, guard rings shall be applied at the ends of the specimen.

#### 10.46 Resistance of the insulation to direct current (TT)

This test should be required only for polyvinylchloride insulated cables having no metallic sheath.

One core specimen which has been subjected to the high-voltage test specified in Sub-clause 10.45 a) should be maintained in a water bath at  $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$  continuously for  $10 \times 24$  hours, approximately 10 g/l of sodium chloride being dissolved in the water. The negative pole of a 220 V d.c. supply (but 100 V for specimens from cables whose rated voltage is 110 V) should be connected to the conductor and the positive pole to a copper electrode, which is immersed in the salt water and has no galvanic connection with the metallic tank. Breakdown should not occur within the period specified, after which the exterior of the insulation should show no damage (discolouration of the insulation is neglected).

#### 10.47 Water absorption test (TT)

One core specimen which has been subjected to the high-voltage test specified in Sub-clause 10.45 a) should be accommodated in a water tank so that its middle portion for a length of 3 m (10 ft) is immersed whilst the ends are above the water level, each for a length of 0.75 m (30 in). Distilled water should be used, whose temperature is maintained between  $20^{\circ}\text{C}$  and  $25^{\circ}\text{C}$  for 14 days.

The capacitance of the specimen should be measured with a.c. low voltage, preferably at a frequency of 800 to 1 000 Hz (c/s), after one, seven and fourteen days continuous immersion, with the water at the same temperature for all measurements. The capacitance values so found should comply with the conditions specified under Item F in Table V for the insulating compound concerned.

*Note.* — This clause is under further consideration.

### PHYSICAL TESTS ON CABLE SAMPLES

#### 10.48 Bending test for cables for fixed installation (AST)

This test should not be required for rubber or p.v.c. insulated cables. It should be carried out at a temperature of  $10^{\circ}\text{C}$  to  $35^{\circ}\text{C}$ , after having brought the cable sample and the bending cylinder to the same temperature.

L'échantillon de câble d'une longueur égale à 3 à 4 fois le diamètre du mandrin (voir ci-après), est enroulé en 20 à 40 secondes sur le mandrin cylindrique pour former un tour complet; il est ensuite redressé, puis après l'avoir fait pivoter de 180° autour de son axe, enroulé de la même façon sur le mandrin, puis redressé à nouveau. Le même cycle est exécuté deux fois, ce qui représente au total quatre pliages (2 dans chaque sens). Pendant l'opération de pliage, le câble est maintenu de telle sorte qu'il ne puisse pas tourner autour de son axe; les extrémités de l'échantillon ne sont pas capotées.

Le diamètre  $D$  du mandrin doit être le suivant:

$$D = n d$$

formule dans laquelle:

$n = 12$  pour les câbles isolés à la toile vernie ou à la toile vernie-amiante comportant ou non une gaine métallique;

$n = 12$  pour les câbles à isolant minéral;

$d$  = est le diamètre extérieur du câble (y compris l'armure, etc., s'il en existe).

Aussitôt après les opérations de pliage et sans avoir redressé le câble lors de la dernière opération, le câble plié est immergé pendant 2 ou 3 heures dans de l'eau à température ambiante puis soumis à un essai diélectrique en courant alternatif sous les tensions spécifiées à l'article 10.43 appliquées pendant 5 minutes, entre chacun des conducteurs et les autres réunis à l'eau. Il ne doit pas se produire de perforation.

Toutefois pour les câbles à isolant minéral, la tension d'essai doit être de:

1 000 V pour les tensions nominales inférieures ou égales à 440 V,

1 500 V pour les tensions nominales de 440 V à 750 V.

#### 10.49 Essais mécaniques pour les câbles souples (AST)

*Note.* — Une méthode d'essai sera spécifiée dans une édition ultérieure des Recommandations.

#### 10.50 Essai à la flamme (OST)

##### a) Généralités

A l'exception des câbles spéciaux à isolation tissu verni-amiante destinés à fonctionner à 95°C (auxquels s'applique l'annexe B), l'essai à la flamme doit être effectué sur des échantillons disposés verticalement avec l'appareil d'essai et suivant le mode opératoire spécifié ci-dessous aux paragraphes b), c) et d).

##### b) Appareil d'essai

L'essai est fait dans une enceinte métallique comportant trois côtés, haute de 1,2 m (48 in), large de 0,30 m (12 in) et profonde de 0,38 m (15 in); la partie antérieure et le dessus sont ouverts. L'appareil comporte des dispositifs de fixation permettant de maintenir l'échantillon de câble en position verticale et au milieu. On utilise un brûleur à gaz, alimenté au gaz d'éclairage, d'un diamètre intérieur nominal de 10 mm ( $\frac{3}{8}$  in); la pression du gaz est réglée de manière à donner à la flamme une longueur de 125 mm (5 in) environ avec un cône bleu intérieur de 40 mm ( $1\frac{1}{2}$  in). L'échantillon de câble, long de 1,2 m (48 in), est fixé dans l'enceinte de telle sorte que son extrémité inférieure repose sur la plaque supportant l'appareil.

Un fil de cuivre nu de 0,7 mm (0,028 in) de diamètre et dont la longueur libre est d'au moins 100 mm (4 in) doit être introduit en position horizontale dans la flamme à 50 mm (2 in) au-dessus de l'extrémité supérieure du brûleur de telle sorte que l'extrémité libre du fil soit à l'aplomb du bord du brûleur du côté qui s'écarte de l'extrémité fixée du fil. Si le fil fond en un temps supérieur à 6 secondes, ceci indique que la flamme n'est pas assez chaude pour l'essai.

The cable sample, whose length is 3 to 4 times the bending diameter (see below), should be bent, in 20 to 40 seconds, on a cylindrical barrel so as to form one complete turn. It should then be straightened, turned 180° round its axis, bent in the same manner on the cylinder and again straightened. This cycle is performed twice, making a total of 4 bends (2 in each direction). During the bending operation the cable should be held in such a way that it cannot revolve around its axis, and the sample ends should not be sealed.

The barrel diameters  $D$  shall be as follows:

$$D = n d$$

where:

$n = 12$  for varnished-cambric and asbestos-varnished-cambric insulated cables with or without metallic sheath;

$n = 12$  for mineral insulated cables;

$d$  = is the overall diameter of the cable (including armour, etc., if any).

Immediately following the bending operations and without straightening the sample after the last operation, the bent cable should be immersed for 2 to 3 hours in water at room temperature and then a high-voltage test carried out, applying the a.c. test voltage specified in Clause 10.43 for 5 minutes in turn between each conductor and the remaining conductors (if any) connected to the water. No breakdown shall occur.

However, for mineral insulated cables the test voltage should be:

1 000 V for rated voltages up to 440 V,  
1 500 V for rated voltages above 440 V to 750 V.

#### 10.49 Mechanical test for flexible cable (AST)

*Note.* — A test method will be specified in a later issue of the Recommendations.

#### 10.50 Flammability test (OST)

##### a) General

Except for the special asbestos-varnished-cambric insulated cables intended to be operated at 95°C (for which Appendix B applies), the flammability test should be carried out on vertical specimens with the apparatus and testing procedure specified in Sub-Clauses b), c) and d).

##### b) Apparatus

A three-sided metal enclosure approximately 1.2 m (48 in) high, 0.30 m (12 in) wide and 0.38 m (15 in) deep, with open front and top, having clamping facilities to keep the cable sample straight vertically in the middle. A gas burner with a nominal bore of 10 mm ( $\frac{3}{8}$  in), fed with ordinary illuminating gas at normal pressure and regulated so as to give a flame approximately 125 mm (5 in) long with an inner blue cone approximately 40 mm ( $1\frac{1}{2}$  in) high. The cable specimen should be 1.2 m (48 in) long and clamped in the enclosure with the lower end touching the supporting plate.

A bare copper wire 0.7 mm (0.028 in) in diameter, having a free length of not less than 100 mm (4 in) should be inserted horizontally in the flame, 50 mm (2 in) above the top of the burner, so that the free end of the wire is vertically above the edge of the burner on the side remote from the supported end of the wire. If the wire takes more than 6 seconds to melt, it is an indication that the flame is not hot enough for the purpose of this test.

c) *Mode opératoire*

Le brûleur, maintenu sous un angle de 45°, est approché de l'échantillon de telle façon que l'extrémité du cône vienne toucher la surface de celui-ci à 0,3 m (12 in) environ de son extrémité inférieure. La flamme est maintenue ainsi pendant la durée spécifiée, ensuite le gaz est coupé et on mesure le temps pendant lequel le câble continue à brûler. La durée d'application de la flamme doit être en secondes  $t = 10 + W/50$ , où  $W$  est le poids total de l'échantillon (en grammes). L'application de la flamme ne doit pas être continue mais doit être maintenue pendant des durées de 10 secondes séparées par interruptions de 10 secondes (la dernière période d'application de la flamme a une durée inférieure à 10 secondes si  $t$  n'est pas un multiple exact de 10 secondes).

d) *Observations*

Sur la base de cet essai, les câbles peuvent être classés en trois catégories comme suit:

- i) *propagateur de la flamme* lorsque la flamme se propage sur toute la longueur de l'échantillon;
- ii) *non propagateur de la flamme* lorsque la flamme s'arrête avant d'avoir atteint la partie supérieure de l'échantillon;
- iii) *résistant au feu* lorsque en plus de b) l'échantillon de câble est capable de supporter (après refroidissement) pendant une minute, une tension alternative égale au double de sa tension de service. Cet essai diélectrique est décrit au paragraphe 10.43 c).

Pour effectuer cet essai dans le cas des câbles à un conducteur sans revêtement métallique, on forme l'échantillon en torsadant ensemble deux morceaux de câbles; on applique ensuite entre les conducteurs la tension dont la valeur doit être de quatre fois la tension nominale.

e) *Essai spécial pour isolations non propagatrices de la flamme*

Si un isolant porte la dénomination de «non propagateur de la flamme», l'essai supplémentaire suivant doit être effectué sur un échantillon de conducteur isolé dont on a retiré tous les revêtements extérieurs. Le conducteur doit être essayé dans les conditions indiquées en b) et c), si ce n'est qu'on doit permettre à la flamme d'attendre l'échantillon pendant une seule période de 60 secondes. Après que l'on a écarté la flamme, l'isolant ne doit pas continuer à brûler pendant plus de 60 secondes, et la longueur totale brûlée ou carbonisée ne doit pas dépasser 150 mm (6 in).

### 10.51 Essai d'étanchéité longitudinale (AST ou OST)

Lorsqu'un câble est spécifié comme devant être «étanche», cet essai s'effectue comme un OST; dans les autres cas, il peut être effectué comme un AST.

a) *Généralités*

Lorsqu'un câble est spécifié «étanche», le volume de l'eau qui est perdu avec un échantillon de câble essayé dans les conditions définies ci-après aux paragraphes b), c), d), ne doit pas être supérieur à la valeur  $V$  calculée par la formule suivante:

$$V = 10 N (A + 2), \text{ en cm}^3$$

dans laquelle:

$N$  = est le nombre de conducteurs du câble, et

$A$  = la section réelle de chaque âme en mm<sup>2</sup> <sup>1)</sup>.

Dans tous les cas, le volume perdu ne doit pas être supérieur à 2 000 cm<sup>3</sup> (125 in<sup>3</sup>).

<sup>1)</sup>  $V = 400 N (A' + 0,003)$  en in<sup>3</sup>, où  $A'$  est en in<sup>2</sup>, ou bien:  $V = 0,32 N (A'' + 4)$  en in<sup>3</sup>, où  $A''$  est en MCM.

c) *Procedure*

Keeping the burner at an angle of 45° to the vertical, the flame should be narrowed to the cable specimen so that the tip of the internal cone touches its surface at approximately 0.3 m (12 in) from its lower end. The flame should be so maintained for the specified duration, then the gas turned off and the time measured during which the cable continues to burn. The time of flame application shall be (in seconds)  $t = 10 + W/50$ , where  $W$  is the total weight of the cable specimen (in grams). The application should not be continuous but in steps of 10 seconds with interruptions of 10 seconds (the last step being less than 10 seconds if  $t$  is not an integral multiple of 10 seconds).

d) *Observations*

Based on the test results, cables are classified in three groups, as follows:

- i) *flame extending* when the flame travels along the whole length of the specimen;
- ii) *flame retardant* when the flame stops before reaching the top of the specimen;
- iii) *fire resisting* when in addition to b) the specimen is able to withstand (after cooling) for one minute an a.c. voltage test of twice its rated (service) voltage. Voltage testing procedure as described in Sub-clause 10.43 c).

In order to carry out this voltage test in the case of single-core non-metal covered cables, the specimen should consist of two pieces of cable twisted together; the voltage should then be applied between the two conductors and its value should be four times the rated voltage.

e) *Special test for flame retardant insulations*

If an insulating material is referred to as "flame retardant" the following additional test should be passed by a sample of an insulated core from which all external coverings have been removed. The core should be tested as described in b) and c), except that the flame should be allowed to impinge on the sample for only one period of 60 seconds. After removal of the flame, the dielectric should not continue to burn for longer than 60 seconds and the total length burned or charred should not exceed 150 mm (or 6 in).

10.51 **Watertightness test** (either AST or OST)

When a cable is required to be "watertight" this test should be carried out as an OST; in other cases it may be carried out as an AST.

a) *General*

If a cable is required to be "watertight", the volume of water lost by a cable specimen, when tested in the conditions specified in Sub-Clauses b), c) and d) below, should be not greater than the value  $V$  calculated from the formula:

$$V = 10 N (A + 2), \text{ in cm}^3$$

where:

$N$  is the number of conductors in the cable, and

$A$  is the cross-section of each conductor, in  $\text{mm}^2$ <sup>1)</sup>.

In any case, the lost volume should be not more than 2 000  $\text{cm}^3$  (125  $\text{in}^3$ ).

<sup>1)</sup>  $V = 400 N (A' + 0.003)$  in  $\text{in}^3$ , where  $A'$  is in  $\text{in}^2$ , or:  $V = 0.32 N (A'' + 4)$ , in  $\text{in}^3$ , where  $A''$  is in MCM.

*b) Echantillons*

L'échantillon consiste en un morceau de câble terminé long de 1,5 m (5 ft) prélevé sur une longueur qui n'a pas subi d'essai de flexion, d'échauffement, ni aucun autre essai. Dans le but de faciliter la préparation d'un raccord étanche, on peut retirer l'armure de l'extrémité du câble sans toutefois détériorer ce dernier.

*c) Appareil d'essai*

Une petite cuve à eau, équipée avec des manchons de raccordement étanches, est mise en communication avec un dispositif permettant l'application d'une pression déterminée mesurée à l'aide d'un manomètre. La cuve est également reliée à un dispositif permettant la détection des fuites éventuelles. Les accessoires utilisés pour raccorder l'échantillon à la cuve ne doivent ni comprimer les extrémités de l'échantillon en essai, ni donner lieu à leur élargissement, et ils ne doivent pas provoquer de fuite.

*d) Mode opératoire*

Une extrémité de chaque échantillon est raccordée à la cuve, puis la pression d'eau est augmentée jusqu'à  $1,0 \text{ kgf/cm}^2$  ( $14 \text{ lbf/in}^2$ ) en une minute environ. La pression est maintenue à cette valeur pendant 3 heures. La quantité d'eau provenant, soit de l'autre extrémité de l'échantillon, soit de la surface de celui-ci est recueillie et mesurée.

**10.52 Essai d'aplatissement pour les câbles à isolant minéral (AST)**

Deux échantillons de longueur convenable sont prélevés en deux endroits distants d'au moins 30 cm (1 ft) et aplatés entre deux mâchoires jusqu'à ce que l'épaisseur de la partie aplatie soit les deux tiers du diamètre nominal. Chacune des mâchoires doit avoir une surface plane d'au moins  $75 \times 25 \text{ mm}$  ( $3 \text{ in} \times 1 \text{ in}$ ), la dimension la plus longue doit être parallèle à l'axe du câble soumis à l'essai. Les arêtes des mâchoires doivent être arrondies avec un rayon d'au moins 12,5 mm ( $\frac{1}{2} \text{ in}$ ).

La gaine métallique ne doit présenter ni fentes, ni crevasses, ni pailles.

Après aplatissement, les échantillons doivent être pliés de telle façon qu'ils puissent être immergés dans l'eau, extrémités sorties. Après une immersion de une heure au moins, les deux échantillons doivent supporter, sans que l'isolation manifeste aucune faiblesse, la tension d'essai précisée ci-dessous, appliquée pendant 2 minutes. Cette tension d'essai doit être appliquée entre les conducteurs ainsi qu'entre chaque conducteur et la gaine.

La valeur efficace de la tension d'essai doit être la suivante:

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| — pour les câbles à 440 V        | 1 000 V |
| — pour les câbles à 660 et 750 V | 1 500 V |

**10.53 Essai d'égouttement (AST)**

*a)* Pour les câbles dont le revêtement protecteur comprend partiellement des matériaux fibreux imprégnés. Un échantillon de câble de 0,30 m (1 ft) de longueur au moins est suspendu verticalement dans une étuve et y est maintenu pendant 16 heures sans interruption à une température inférieure de  $10 \pm 1^\circ \text{C}$  à la température de service prévue pour la matière isolante du câble considéré. On ne doit pas constater la formation de gouttes s'écoulant de l'échantillon.

*b)* Pour les câbles de type quelconque et en particulier ceux qui sont isolés au tissu verni et tissu verni-amiant. Un échantillon de câble de 0,30 m (1 ft) de longueur au moins, dont on a retiré au préalable tous les revêtements protecteurs, à l'exception de la gaine métallique ou non métallique laissée en place, si elle existe, est maintenu comme ci-dessus pendant 16 heures à la température de service maximale prévue pour le conducteur. On ne doit pas constater la formation de gouttes s'écoulant de l'échantillon.

b) *Specimens*

The specimen should be a piece of finished cable, 1.5 m (5 ft) long, which has not been subjected to prior flexing or heating or any other test. The metal armour may be removed from the ends, without disturbing the cable, to facilitate making a watertight gland.

c) *Apparatus*

A small water tank, fitted with watertight stuffing tubes, should be connected with a device permitting the application of a controlled pressure, which is measured by a gauge, and with a device permitting detection of leakages, if any. The fittings used for securing specimens to the tank should neither constrict nor widen the ends of the said specimens and should not give rise to leakage.

d) *Procedure*

One end of each specimen should be secured to the tank, then the water pressure raised in about one minute to 1.0 kgf/cm<sup>2</sup> (i.e. 14 lbf/in<sup>2</sup>) and maintained at this value for 3 hours. Any water coming from the other end or from the surface of the specimen should be gathered and measured.

10.52 **Flattening test for mineral insulated cables (AST)**

Two specimens of suitable length should be removed from two places at least 30 cm (1 ft) apart in the cable sample and flattened between anvils until the thickness of the flattened portions is two-thirds of the nominal diameter. Each of the anvils should have a flat surface not less than 75 mm × 25 mm (3 in × 1 in) and the longer dimension should be parallel to the axis of the cable sample during the test. The edges of the anvils should be rounded to a radius not less than 12.5 mm (½ in).

The metal sheath should show no split, crack or flaw.

The flattened samples should be bent sufficiently to allow them to be immersed in water with their ends clear of the water and should be so immersed for not less than one hour. Both samples should then withstand for 2 minutes, without failure of the insulation, the appropriate test voltage given below. The voltage should be applied between conductors and between each conductor and the sheath.

The r.m.s. value of the test voltage should be:

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| — for 440 V cables         | 1 000 V |
| — for 660 and 750 V cables | 1 500 V |

10.53 **Dripping test (AST)**

a) For cables having some part of the protective coverings consisting of impregnated fibrous materials. The cable sample, which should be at least 0.30 m (1 ft) long, should be suspended vertically in an oven and continuously maintained for 16 hours at  $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$  below the rated temperature of the insulating material used for the cable concerned. No material should drip from the sample.

b) For cables of any construction and particularly for varnished-cambic and asbestos-varnished-cambic insulated cables. The cable sample, which is at least 0.30 m (1 ft) long, after having had all protective coverings removed except metallic or non-metallic sheath (which, if any, is left in place) should be maintained, as stated above, for 16 hours at the maximum rated conductor temperature. No material should drip from the sample.

#### 10.54 Essais de résistance à l'ozone (AST)

Tout câble à isolation élastomère de tension nominale supérieure à 1100 V doit subir un essai de résistance à l'ozone effectué conformément aux indications de l'annexe C.

#### ESSAIS DE MATÉRIAUX

#### 10.55 Caractéristiques mécaniques des isolations élastomères et thermoplastiques (caoutchouc et polychlorure de vinyle (AST))

Les essais de vérification des caractéristiques mécaniques spécifiées dans le tableau V sont effectués conformément aux méthodes indiquées dans l'annexe D.

Les essais de vieillissement spécifiés au tableau V doivent être effectués suivant les indications de l'annexe E.

On doit effectuer un essai complémentaire de vieillissement lorsqu'un câble a des conducteurs isolés au caoutchouc sous des bourrages ou gaines en polychlorure de vinyle ou des conducteurs isolés au polychlorure de vinyle sous des bourrages ou gaines en caoutchouc, les isolants de nature différente étant en contact. La méthode et les prescriptions d'essais sont celles spécifiées à l'annexe D, article D. 7, essai de contamination.

#### 10.56 Caractéristiques mécaniques des gaines en élastomères ou en matières thermoplastiques (AST)

Les essais de traction d'allongement avant rupture, etc., spécifiés dans le tableau VII doivent être exécutés suivant les méthodes indiquées dans l'annexe F.

Si la gaine comporte deux couches distinctes de même qualité ou de qualité différente, seule la couche extérieure doit être conforme au tableau VII.

#### 10.57 Caractéristiques mécaniques des ceintures isolantes en élastomères ou en matières thermoplastiques (AST)

Dans le cas des câbles comportant une ceinture isolante sur l'assemblage des conducteurs, le mélange utilisé pour la ceinture doit être essayé avant vieillissement et après vieillissement dans une étuve à air à la température de 80 °C pendant 168 heures suivant le mode opératoire décrit dans l'annexe F. Quel que soit le type du mélange utilisé pour l'isolation des conducteurs, le mélange utilisé pour la ceinture doit satisfaire, tant avant qu'après vieillissement, aux caractéristiques suivantes:

- charge de rupture: minimum 42 kgf/cm<sup>2</sup> ou 600 lbf/in<sup>2</sup>
- allongement à la rupture: minimum 100%

De plus, les valeurs obtenues après vieillissement ne doivent pas être inférieures à 60% des valeurs obtenues avant vieillissement.

#### 10.58 Résistance à l'huile (AST)

Lorsqu'il est spécifié un essai de résistance à l'huile au tableau VII (gaine au polychloroprène), l'essai doit être fait sur un ensemble de trois échantillons prélevés sur un morceau de câble et préparés comme indiqué à l'annexe F. Après avoir procédé aux mesures nécessaires (pour déterminer leur section), les échantillons sont complètement immergés dans l'huile à la température et pendant le temps indiqués dans le tableau.

#### 10.54 Ozone resistance test (AST)

Any rubber or rubberlike insulated cable having a rated voltage in excess of 1100 V should withstand an ozone resistance test, which should be carried out as described in Appendix C.

#### TESTS ON MATERIALS

#### 10.55 Mechanical characteristics of rubberlike insulations (rubber and polyvinylchloride (AST))

The tests for the mechanical characteristics specified in Table V should be carried out with the methods described in Appendix D.

The ageing tests specified in Table V should be carried out as described in Appendix E.

An additional ageing test should be carried out when a cable has rubber insulated cores surrounded by p.v.c. fillers or sheaths, or when a cable has p.v.c. insulated cores surrounded by rubber fillers or sheaths, with a direct contact between the different types of compounds. The test methods and requirements should be as specified under Appendix D, Clause D. 7, Contamination test.

#### 10.56 Mechanical characteristics of rubberlike sheaths (AST)

The tests for tensile strength, elongation at rupture, etc. specified in Table VII should be carried out with the methods described in Appendix F.

If the sheath consists of two layers, equal or different in quality, only the outer layer should comply with Table VII.

#### 10.57 Mechanical characteristics of rubberlike insulating belts (AST)

In the case of cables having an insulating belt on the cabled cores, the compound used for the belt should be tested without ageing and after ageing in an air oven at 80°C for 168 hours, with the procedure described in Appendix F. Whatever the “quality” of the compound used for the cores, the compound used for the belt should comply — both aged and unaged — with the following figures:

- tensile strength, minimum 42 kgf/cm<sup>2</sup> or 600 lbf/in<sup>2</sup>
- elongation at rupture, minimum 100%

In addition, the values obtained after ageing should be not lower than 60% of the values obtained without ageing.

#### 10.58 Resistance to oil immersion (AST)

When an oil immersion test is specified in Table VII (polychloroprene sheaths), the test should be carried out on a group of three specimens taken from the cable samples and prepared as specified in Appendix F. After having been measured (for determining their cross-section), the specimens should be maintained completely immersed in oil at the temperature and for the period specified in the Table.

En cas de doute sur la qualité de l'huile à utiliser pour l'essai, on doit utiliser une huile dotée des caractéristiques suivantes:

|                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| point d'aniline               | $93 \pm 3^{\circ}\text{C}$                   |
| viscosité (Saybolt Universel) | $100 \pm 5$ secondes à $100^{\circ}\text{C}$ |
| point d'éclair                | $245 \pm 6^{\circ}\text{C}$                  |

A la fin de la période d'immersion, les échantillons sont retirés de l'huile, éponges légèrement pour enlever l'excès d'huile et suspendus dans l'air à la température ambiante pendant au moins 16 heures, ils sont ensuite essayés à la rupture et à l'allongement (voir annexe F).

Les calculs pour déterminer la résistance de rupture doivent être basés sur la section de l'échantillon déterminée avant immersion dans l'huile. La moyenne des valeurs obtenues sur les trois échantillons doit correspondre au pourcentage spécifié dans le tableau VII pour la matière considérée, par comparaison avec la valeur moyenne obtenue avant vieillissement au cours de l'essai 10.56. Cette moyenne s'obtient en ne tenant pas compte du plus élevé et du plus faible des résultats d'essai et en tenant compte des résultats intermédiaires.

#### 10.59 Caractéristiques thermoplastiques des enveloppes isolantes et gaines de polychlorure de vinyle (AST)

Les essais pour la vérification des caractéristiques spécifiées à l'alinéa E des tableaux V et VII doivent être effectués suivant les méthodes décrites à l'annexe G.

#### 10.60 Caractéristiques physiques des rubans de tissu verni (AST)

- a) Plusieurs morceaux de rubans de tissu verni sont prélevés en différents points d'un échantillon de câble de 0,60 m (2 ft) de longueur environ, puis ils sont essuyés avec du papier buvard de façon à éliminer le lubrifiant. Avant le début des essais, ils sont laissés pendant au moins 10 heures à la température ambiante dans une atmosphère maintenue à 65 % d'humidité relative. Les essais doivent être exécutés dans la même atmosphère.

Chacun des essais suivants doit être fait sur cinq échantillons différents et il est admis au maximum un seul résultat non satisfaisant pour chacun des essais.

##### b) Résistance à la rupture

Après mesure de l'épaisseur du ruban, on marque sur ce ruban deux repères distants de 20 mm (0,80 in). Le ruban est ensuite étiré à la vitesse d'environ 5 mm/sec. (0,02 in/sec.) à l'aide d'une machine dynamométrique permettant de déterminer la résistance à la rupture du ruban dans le sens longitudinal. Cette charge de rupture longitudinale mesurée sur des bandes d'environ 20 mm (0,79 in) de largeur, ne doit pas être inférieure à  $1,7 \text{ kgf/mm}^2$  ( $2,400 \text{ lbf/in}^2$ ).

##### c) Aptitude au pliage

Le ruban est placé sur une surface plane et plié sur lui-même dans le sens transversal; une plaquette métallique de 30 mm (1,2 in) de largeur de 2 mm (0,08 in) d'épaisseur, assez longue pour recouvrir entièrement la largeur du ruban, est placée sur le pli et chargée d'un poids de 50 g (0,112 lb) (pour un pli d'environ 2 cm (0,8 in) de longueur). Après 5 minutes, la plaquette est retirée et le ruban est redressé et examiné à l'œil nu; le vernis ne doit pas présenter de craquelure.

##### d) Résistance à la chaleur

Les rubans sont placés dans une étuve à air à la température de  $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$  pendant 150 heures. Ils sont ensuite laissés pendant 2 heures à la température ambiante à une humidité relative d'environ 65 %. Chaque échantillon est ensuite plié de  $180^{\circ}$  autour d'un mandrin de 3,2 mm (0,125 in) de diamètre. Le film de vernis examiné à l'œil nu ne doit pas présenter de craquelures.

In case of doubt about the quality of the oil to be used for the test, an oil having the following characteristics should be used:

|                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Aniline point                 | $93 \pm 3^{\circ}\text{C}$                   |
| Viscosity (Saybolt Universal) | $100 \pm 5$ seconds at $100^{\circ}\text{C}$ |
| Flash point                   | $245 \pm 6^{\circ}\text{C}$ .                |

At the end of the immersion period the specimens should be removed from the excess of oil, blotted lightly to remove excess of oil and suspended in air at room temperature for at least 16 hours, after which they should be tested for tensile strength and elongation (see Appendix F).

The calculations for tensile strength should be based on the cross-sectional area of the specimen determined before immersion in the oil. The median of the three specimens shall comply with the percentage specified in Table VII for the material concerned, when compared with the unaged median value resulting from test 10.56. The median is obtained by disregarding the highest and the lowest test results and taking the intermediate result.

#### 10.59 Thermoplastic characteristics of polyvinylchloride insulations and sheaths (AST)

The tests for the characteristics specified under paragraph E of Tables V and VII should be carried out with the methods described in Appendix G.

#### 10.60 Physical characteristics of varnished-cambric tapes (AST)

- a) Several pieces of v.c. tape should be taken from different points of a cable sample approximately 0.60 m (2 ft) long and wiped with absorbent paper in order to take off the lubricant. They should then be left for at least 10 hours in an atmosphere having approximately 65% relative humidity at room temperature before beginning the test, which should be made in the same atmosphere.

Each of the following tests should be made on five different specimens and not more than one result in each test should be unsatisfactory.

b) *Tensile strength*

After having measured the tape thickness, the specimen, with gauge lines marked 20 mm (0.80 in) apart, should be stretched at a speed of approximately 5 mm/sec. (0.02 in/sec.) in a dynamometric machine, in order to check the tensile strength of the v.c. tape in a longitudinal direction. The tensile strength in longitudinal direction, measured on strips approximately 20 mm (0.79 in) wide should be not lower than  $1.7 \text{ kgf/mm}^2$  ( $2.400 \text{ lbf/in}^2$ ).

c) *Flexibility*

The specimen should be placed on a plane surface and bent on itself in transversal direction; a metal plate 30 mm (1.2 in) wide and 2 mm (0.08 in) thick, long enough to cover completely the width of the v.c. tape, should be placed on the fold and loaded with a weight of about 50 g (0.112 lb) for a fold about 2 cm (0.8) in long. After 5 minutes the plate should be removed, and the tape straightened and examined with normal sight; the varnish should not be cracked.

d) *Heat resistance*

The specimens should be heated in an air oven at a temperature of  $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$  for a period of 150 hours, and then left for 2 hours at room temperature with about 65% relative humidity. Each specimen should be then bent through  $180^{\circ}$  around a mandrel having a diameter of 3.2 mm (0.125 in). The varnish film of the specimen examined with normal sight should not appear cracked.

## 10.61 Essais d'étamage (revêtement) des fils de cuivre (AST)

Pour l'examen visuel, voir articles 10.02 et 10.35.

Lorsqu'un examen chimique est prescrit, celui-ci doit être effectué suivant les méthodes et prescriptions de l'annexe H (méthode colorimétrique).

## 10.62 Essais de galvanisation

Lorsqu'il est prescrit un essai de galvanisation dans le but d'éprouver la résistance des fils d'acier à la rouille, l'essai d'immersion spécifié dans l'annexe I doit être fait sur des morceaux de fils prélevés sur l'échantillon de câble. Si une peinture (voir paragraphe 10.15 b)) est appliquée sur l'armure, cet essai doit être fait sur des échantillons de fils avant leur mise en place sur le câble.

TABLEAU V

Caractéristiques recommandées pour les mélanges élastomères ou thermoplastiques

| 1                                                                                                               | 2                     | 3                      | 4     | 5         | 6                      | 7                            | 8     | 9     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------|-----------|------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
| Matière de base du mélange                                                                                      | Caoutchouc naturel    | Caoutchouc synthétique |       |           | Polychlorure de vinyle | Caoutchouc + polychloroprène |       |       |       |
|                                                                                                                 |                       | (Styrène)              |       | (Bu-tyle) |                        |                              |       |       |       |
| Désignation du mélange isolant                                                                                  | 60A                   | 75A                    | 60B   | 75B       | 80A                    | 60C                          | 75C   | 60D   |       |
| Température maximale de service du conducteur °C                                                                | 60                    | 75                     | 60    | 75        | 80                     | 60                           | 75    | 60    |       |
| A. Caractéristiques mécaniques sans vieillissement (Méthodes d'essai: Voir annexe D)                            |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| 1. Résistance à la rupture, minimale:                                                                           |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| 1 a) une vulcanisation <sup>1)</sup>                                                                            | { kgf/cm <sup>2</sup> | 70                     | 105   | 49        | 49                     | 42                           | 127   | 150   | 70    |
|                                                                                                                 | { lbf/in <sup>2</sup> | 1 000                  | 1 500 | 700       | 700                    | 600                          | 1 800 | 2 300 | 1 000 |
| 1 b) deux vulcanisations <sup>1)</sup>                                                                          | { kgf/cm <sup>2</sup> | 60                     | 84    | 42        | 42                     | 42                           | —     | —     | —     |
|                                                                                                                 | { lbf/in <sup>2</sup> | 860                    | 1 200 | 600       | 600                    | 600                          | —     | —     | —     |
| 2. Allongement à la rupture, minimal:                                                                           |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| 2 a) une vulcanisation <sup>1)</sup>                                                                            | %                     | 250                    | 400   | 300       | 300                    | 300                          | 125   | 125   | 300   |
| 2 b) deux vulcanisations <sup>1)</sup>                                                                          | %                     | 250                    | 300   | 250       | 250                    | 300                          | —     | —     | —     |
| 3. Allongement rémanent, maximal <sup>2)</sup>                                                                  | %                     | à l'étude              |       |           |                        |                              |       |       |       |
| B. Caractéristiques mécaniques après vieillissement dans l'étuve à air (voir annexes D et E)                    |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| Durée de l'essai et température                                                                                 | { heures              | 168                    | —     | —         | —                      | 168                          | 168   | 240   | 168   |
|                                                                                                                 | { °C                  | 80                     | —     | —         | —                      | 100                          | 80    | 100   | 80    |
| 1. Résistance à la rupture:                                                                                     |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| pourcentage de la valeur obtenue avant vieillissement 1 a) minimal                                              | %                     | 70                     | —     | —         | —                      | 60                           | 80    | 80    | 75    |
| 1 b) maximal                                                                                                    | %                     | 130                    | —     | —         | —                      | —                            | 120   | 120   | —     |
| 2. Allongement à la rupture:                                                                                    |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| pourcentage de la valeur obtenue 2 a) minimal                                                                   | %                     | 70                     | —     | —         | —                      | 60                           | 80    | 80    | 65    |
| 2 b) maximal                                                                                                    | %                     | 130                    | —     | —         | —                      | —                            | 120   | 120   | —     |
| C. Caractéristiques après vieillissement dans la bombe à oxygène à 21 kgf/cm <sup>2</sup> (voir annexes D et C) |                       |                        |       |           |                        |                              |       |       |       |
| Durée de l'essai et température                                                                                 | { heures              | 96                     | 168   | 96        | 168                    | —                            | —     | —     | —     |
|                                                                                                                 | { °C                  | 70                     | 80    | 70        | 80                     | —                            | —     | —     | —     |

# 10.61 Tinning (coating) test on copper wires (AST)

For the visual inspection, see Clauses 10.02 and 10.35.

If a chemical test is required, it should be carried out with the method and requirements specified in Appendix H (colorimetric method).

# 10.62 Galvanizing test (AST)

When a galvanizing test is required for checking the resistance of steel wires against rusting, the immersion test specified in Appendix I should be carried out on wire specimens taken from the cable sample. If a paint (see Sub-clause 10.15 b)) is applied on the armour, this test should be made on specimens taken from wires not yet applied on the cable.

TABLE V  
Recommended characteristics of rubberlike insulating compounds

| 1                                                                                                            | 2                                                                                | 3                | 4            | 5         | 6         | 7                           | 8                       | 9            |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------------|--------------|-------------|
| Basic material of the compound                                                                               | Natural rubber                                                                   | Synthetic rubber |              |           |           | Polyvinyl-chloride (p.v.c.) | Rubber poly-chloroprene |              |             |
|                                                                                                              |                                                                                  | (Styrene)        |              | (Butyl)   |           |                             |                         |              |             |
| Designation of the insulating compound                                                                       | 60A                                                                              | 75A              | 60B          | 75B       | 80A       | 60C                         | 75C                     | 60D          |             |
| Maximum rated operating temperature °C                                                                       | 60                                                                               | 75               | 60           | 75        | 80        | 60                          | 75                      | 60           |             |
| A. Mechanical characteristics without ageing<br>(Test methods: See Appendix D)                               |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| 1. Tensile strength, minimum:                                                                                |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| 1 a) in case of one vulcanization <sup>1)</sup>                                                              | $\left\{ \begin{array}{l} \text{kgf/cm}^2 \\ \text{lb/in}^2 \end{array} \right.$ | 70<br>1 000      | 105<br>1 500 | 49<br>700 | 49<br>700 | 42<br>600                   | 127<br>1 800            | 150<br>2 300 | 70<br>1 000 |
| 1 b) in case of two vulcanizations <sup>2)</sup>                                                             | $\left\{ \begin{array}{l} \text{kgf/cm}^2 \\ \text{lb/in}^2 \end{array} \right.$ | 60<br>860        | 84<br>1 200  | 42<br>600 | 42<br>600 | 42<br>600                   | —<br>—                  | —<br>—       | —<br>—      |
| 2. Elongation at rupture, minimum:                                                                           |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| 2 a) in case of one vulcanization <sup>1)</sup>                                                              | %                                                                                | 250              | 400          | 300       | 300       | 300                         | 125                     | 125          | 300         |
| 2 b) in case of two vulcanizations <sup>2)</sup>                                                             | %                                                                                | 250              | 300          | 250       | 250       | 300                         | —                       | —            | —           |
| 3. Tensile set (permanent elongation) maximum <sup>2)</sup> %                                                |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| under consideration                                                                                          |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| B. Mechanical characteristics after ageing in air oven (see Appendices D and E)                              |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| Duration and temperature of treatment                                                                        | $\left\{ \begin{array}{l} \text{hours} \\ \text{°C} \end{array} \right.$         | 168<br>80        | —<br>—       | —<br>—    | —<br>—    | 168<br>100                  | 168<br>80               | 240<br>100   | 168<br>80   |
| 1. Tensile strength:                                                                                         |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| percentage of value found on the unaged specimens                                                            |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| 1 a) minimum                                                                                                 | %                                                                                | 70               | —            | —         | —         | 60                          | 80                      | 80           | 75          |
| 1 b) maximum                                                                                                 | %                                                                                | 130              | —            | —         | —         | —                           | 120                     | 120          | —           |
| 2. Elongation at rupture:                                                                                    |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| percentage of value found                                                                                    |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| 2 a) minimum                                                                                                 | %                                                                                | 70               | —            | —         | —         | 60                          | 80                      | 80           | 65          |
| 2 b) maximum                                                                                                 | %                                                                                | 130              | —            | —         | —         | —                           | 120                     | 120          | —           |
| C. Mechanical characteristics after ageing in oxygen bomb at 21 kgf/cm <sup>2</sup> (see Appendices D and E) |                                                                                  |                  |              |           |           |                             |                         |              |             |
| Duration and temperature of treatment                                                                        | $\left\{ \begin{array}{l} \text{hours} \\ \text{°C} \end{array} \right.$         | 96<br>70         | 168<br>80    | 96<br>70  | 168<br>80 | —<br>—                      | —<br>—                  | —<br>—       | —<br>—      |

TABLEAU V (suite)

| 1                                                                                                                                       | 2                  | 3                      | 4         | 5    | 6                      | 7                            | 8    | 9    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------|------|------------------------|------------------------------|------|------|
| Matière de base du mélange                                                                                                              | Caoutchouc naturel | caoutchouc synthétique |           |      | Polychlorure de vinyle | Caoutchouc + polychloroprène |      |      |
|                                                                                                                                         |                    | (Styrène)              | (Bu-tyle) |      |                        |                              |      |      |
| Désignation du mélange isolant                                                                                                          | 60 A               | 75 A                   | 60 B      | 75 B | 80 A                   | 60 C                         | 75 C | 60 D |
| Température maximale de service du conducteur °C                                                                                        | 60                 | 75                     | 60        | 75   | 80                     | 60                           | 75   | 60   |
| 1. Résistance à la rupture: pourcentage minimal de la valeur obtenue avant vieillissement:                                              |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 1 a) une vulcanisation <sup>1)</sup> %                                                                                                  | 70                 | 75                     | 75        | 50   | —                      | —                            | —    | —    |
| 1 b) deux vulcanisations <sup>1)</sup> %                                                                                                | 70                 | 65                     | 75        | 50   | —                      | —                            | —    | —    |
| 2. Allongement à la rupture: pourcentage minimal de la valeur obtenue avant vieillissement:                                             |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 2 a) une vulcanisation <sup>1)</sup> %                                                                                                  | 70                 | 75                     | 65        | 50   | —                      | —                            | —    | —    |
| 2 b) deux vulcanisations <sup>1)</sup> %                                                                                                | 70                 | 65                     | 65        | 50   | —                      | —                            | —    | —    |
| D. Caractéristiques mécaniques après vieillissement dans la bombe à air à 5,6 kgf/cm <sup>2</sup> (voir annexes D et E)                 |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| Durée de l'essai et température { heures °C                                                                                             | —                  | 20                     | —         | 20   | 20                     | —                            | —    | —    |
|                                                                                                                                         | —                  | 127                    | —         | 127  | 127                    | —                            | —    | —    |
| 1. Résistance à la rupture: pourcentage minimal de la valeur obtenue avant vieillissement (une ou deux vulcanisations) <sup>1)</sup> %  | —                  | 50                     | —         | 50   | 60                     | —                            | —    | —    |
| 2. Allongement à la rupture: pourcentage minimal de la valeur obtenue avant vieillissement (une ou deux vulcanisations) <sup>1)</sup> % | —                  | 50                     | —         | 50   | 60                     | —                            | —    | —    |
| E. Caractéristiques thermoplastiques (méthodes d'essais — Voir annexe G)                                                                |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 1. Essai de déformation à haute température (sur échantillon sans vieillissement)                                                       |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| Durée du préchauffage heures                                                                                                            | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 1                            | 1    | —    |
| Durée en charge heures                                                                                                                  | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 1                            | 1    | —    |
| Température de l'étuve °C                                                                                                               | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 120                          | 120  | —    |
| Poids de la pièce intermédiaire g                                                                                                       | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 350                          | 500  | —    |
| Déformation maximale admissible %                                                                                                       | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 40                           | 40   | —    |
| 2. Essai de pliage à basse température (sur échantillons avant et après vieillissement)                                                 |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| a) vieillissement à l'étuve { heures °C                                                                                                 | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 168                          | 168  | —    |
|                                                                                                                                         | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 80                           | 90   | —    |
| b) traitement à froid avant pliage, { heures °C                                                                                         | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 4                            | 4    | —    |
| durée et température                                                                                                                    | —                  | —                      | —         | —    | —                      | -20                          | -20  | —    |
| 3. Essai de choc thermique:                                                                                                             |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| Température à l'étuve °C                                                                                                                | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 150                          | 150  | —    |
| F. Caractéristiques électriques (méthodes d'essais – Voir articles 10.44 et 10.45)                                                      |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 1. Constantes de résistance d'isolement:                                                                                                |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| $K_i = R_i / \log_{10} D/d$ <sup>3)</sup>                                                                                               |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 1 a) à 20°C, minimale MΩ.km                                                                                                             | 1 500              | 1 500                  | 420       | 420  | 2 400                  | 200                          | 750  | 125  |
| 1 b) à la température maximale de service (voir titre du tableau) MΩ.km                                                                 | —                  | —                      | —         | —    | —                      | 0,2                          | 0,5  | —    |
| 2. Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau distillée de 20 à 25°C                                  |                    |                        |           |      |                        |                              |      |      |
| 2 a) entre la fin du 1 <sup>er</sup> et celle du 14 <sup>e</sup> jour, maximale                                                         |                    |                        |           |      | à l'étude              |                              |      |      |
| 2 b) entre la fin du 7 <sup>e</sup> et celle du 14 <sup>e</sup> jour, maximale                                                          |                    |                        |           |      | à l'étude              |                              |      |      |

TABLE V (continued)

| 1                                                                                                                                                             | 2              | 3      | 4                   | 5      | 6       | 7                           | 8      | 9                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|---------|-----------------------------|--------|-------------------------|
| Basic material of the compound                                                                                                                                | Natural rubber |        | Synthetic rubber    |        |         | Polyvinyl-chloride (p.v.c.) |        | Rubber poly-chloroprene |
|                                                                                                                                                               |                |        | (Styrene)           |        | (Butyl) |                             |        |                         |
| Designation of the insulating compound                                                                                                                        | 60A            | 75A    | 60B                 | 75B    | 80A     | 60C                         | 75C    | 60D                     |
| Maximum rated operating temperature °C                                                                                                                        | 60             | 75     | 60                  | 75     | 80      | 60                          | 75     | 60                      |
| 1. <i>Tensile strength</i> : minimum percentage of value found on the unaged specimens:                                                                       |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 1 a) in case of one vulcanization <sup>1)</sup> %                                                                                                             | 70             | 75     | 75                  | 50     | —       | —                           | —      | —                       |
| 1 b) in case of two vulcanizations <sup>1)</sup> %                                                                                                            | 70             | 65     | 75                  | 50     | —       | —                           | —      | —                       |
| 2. <i>Elongation at rupture</i> : minimum percentage of the value found on the unaged specimens:                                                              |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 2 b) in case of one vulcanization <sup>1)</sup> %                                                                                                             | 70             | 75     | 65                  | 50     | —       | —                           | —      | —                       |
| 2 b) in case of two vulcanizations <sup>1)</sup> %                                                                                                            | 70             | 65     | 65                  | 50     | —       | —                           | —      | —                       |
| D. <i>Mechanical characteristics after ageing in air bomb at 5.6 kgf/cm<sup>2</sup> (see Appendices D and E)</i>                                              |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| Duration and temperature of treatment { hours °C                                                                                                              | —              | 20 127 | —                   | 20 127 | 20 127  | —                           | —      | —                       |
| 1. <i>Tensile strength</i> : minimum percentage of the value found on the unaged specimens (in case of both one and two vulcanizations <sup>1)</sup> ) %      | —              | 50     | —                   | 50     | 60      | —                           | —      | —                       |
| 2. <i>Elongation at rupture</i> : minimum percentage of the value found on the unaged specimens (in case of both one and two vulcanizations <sup>1)</sup> ) % | —              | 50     | —                   | 50     | 60      | —                           | —      | —                       |
| E. <i>Thermoplastic characteristics (Test methods — See Appendix G)</i>                                                                                       |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 1. <i>Hot deformation test (on unaged specimens)</i>                                                                                                          |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| Duration of pre-heating hours                                                                                                                                 | —              | —      | —                   | —      | —       | 1                           | 1      | —                       |
| Duration under load hours                                                                                                                                     | —              | —      | —                   | —      | —       | 1                           | 1      | —                       |
| Temperature in air oven °C                                                                                                                                    | —              | —      | —                   | —      | —       | 120                         | 120    | —                       |
| Weight of the indenter grams                                                                                                                                  | —              | —      | —                   | —      | —       | 350                         | 500    | —                       |
| Maximum permissible deformation %                                                                                                                             | —              | —      | —                   | —      | —       | 40                          | 40     | —                       |
| 2. <i>Cold bending test (on aged specimens)</i>                                                                                                               |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| a) ageing treatment in air oven { hours °C                                                                                                                    | —              | —      | —                   | —      | —       | 168 80                      | 168 90 | —                       |
| b) cold treatment before bending, duration and temperature { hours °C                                                                                         | —              | —      | —                   | —      | —       | 4 -20                       | 4 -20  | —                       |
| 3. <i>Heat shock test</i> : Temperature in air oven °C                                                                                                        | —              | —      | —                   | —      | —       | 150                         | 150    | —                       |
| F. <i>Electrical characteristics (Test methods — see Clauses 10.44 and 10.45)</i>                                                                             |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 1. <i>Insulation resistance constant</i> :<br>$K_1 = R_1 / \log_{10} D/d$ <sup>3)</sup>                                                                       |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 1 a) at 20°C, minimum Megohm.km                                                                                                                               | 1 500          | 1 500  | 420                 | 420    | 2 400   | 200                         | 750    | 125                     |
| 1 b) at the max. operating temperature (see heading of this table) Megohm.km                                                                                  | —              | —      | —                   | —      | —       | 0.2                         | 0.5    | —                       |
| 2. <i>Increase in a.c. capacity after immersion in distilled water at 20° to 25° C</i>                                                                        |                |        |                     |        |         |                             |        |                         |
| 2 a) between the end of the first and the end of the 14th day, maximum                                                                                        |                |        | under consideration |        |         |                             |        |                         |
| 2 b) between the end of the 7th and the end of the 14th day, maximum                                                                                          |                |        | under consideration |        |         |                             |        |                         |

TABLEAU V (suite)

| 1                                                                                                   | 2                  | 3    | 4                      | 5    | 6         | 7                      | 8    | 9                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------------------------|------|-----------|------------------------|------|------------------------------|
| Matière de base du mélange                                                                          | Caoutchouc naturel |      | Caoutchouc synthétique |      |           | Polychlorure de vinyle |      | Caoutchouc + polychloroprène |
|                                                                                                     |                    |      | (Styrène)              |      | (Bu-tyle) |                        |      |                              |
| Désignation du mélange isolant                                                                      | 60 A               | 75 A | 60 B                   | 75 B | 80 A      | 60 C                   | 75 C | 60 D                         |
| Température maximale de service du conducteur                                                       | 60                 | 75   | 60                     | 75   | 80        | 60                     | 75   | 60                           |
| <b>G. Essai complémentaire de vieillissement pour les isolants à base de polychlorure de vinyle</b> |                    |      |                        |      |           |                        |      |                              |
| Méthode d'essai, indiquée uniquement à titre expérimental, voir annexe E, article E. 5              |                    |      |                        |      |           |                        |      |                              |
| Température de l'air °C                                                                             | —                  | —    | —                      | —    | —         | 80                     | 100  | —                            |
| Durée heures                                                                                        | —                  | —    | —                      | —    | —         | 120                    | 120  | —                            |
| Perte de poids maximale (valeur provisoire) mg/cm <sup>2</sup>                                      | —                  | —    | —                      | —    | —         | 2,0                    | 2,0  | —                            |

Notes 1.) — En ce qui concerne les sections A et C, lorsqu'un mélange de caoutchouc a été soumis à une deuxième vulcanisation telle que celle nécessaire pour l'application d'une gaine de polychloroprène, les valeurs spécifiées pour «deux vulcanisations» sont admises à la place de celles spécifiées pour «une vulcanisation».

2.) — Méthodes d'essais pour l'allongement permanent (voir annexe D, 5c):

Première méthode pour les mélanges 60 A, 75 A, 80 A,

Deuxième méthode pour le mélange 60 D.

3.) — La résistance diélectrique spécifique, exprimée en ohm.cm, peut être calculée en multipliant  $K_1$  (pris dans le tableau) par  $0,273 \cdot 10^{12}$ .

TABLEAU VI

Alliages de plomb recommandés pour les gaines de câbles

| Type d'alliage | Composition (pourcentage en poids) |      |           |      |         |      |         |      | Plomb    |
|----------------|------------------------------------|------|-----------|------|---------|------|---------|------|----------|
|                | Etain                              |      | Antimoine |      | Cadmium |      | Tellure |      |          |
|                | min.                               | max. | min.      | max. | min.    | max. | min.    | max. |          |
| N° 1           | 1,8                                | 2,2  | —         | —    | —       | —    | —       | —    | Le reste |
| N° 2           | —                                  | —    | 0,7       | 0,95 | —       | —    | —       | —    |          |
| N° 3           | 0,35                               | 0,45 | 0,15      | 0,25 | —       | —    | —       | —    |          |
| N° 4           | 0,35                               | 0,45 | —         | —    | 0,12    | 0,18 | —       | —    |          |
| N° 5           | —                                  | —    | —         | —    | —       | —    | 0,035   | 0,09 |          |
| N° 6           | 0,16                               | 0,24 | —         | —    | 0,05    | 0,10 | —       | —    |          |

Notes 1.) — Le «plomb» doit s'entendre un plomb contenant un taux d'impuretés compris entre 0,02% et 0,05% dont au maximum: 0,005% de As, 0,005% de Fe, 0,005% de Zn, 0,005% de Sn, 0,006% d'Ag, 0,008% de Cu, 0,015% de Bi, 0,015% de Sb, 0,02% d'autres impuretés.

2.) — Une proportion supplémentaire pouvant atteindre jusqu'à 0,05% de cuivre est autorisée dans les alliages N°s 1 à 4, à l'exception de l'alliage N° 2 qui peut contenir jusqu'à 0,09% de cuivre.

3.) — Pour l'emploi du plomb et des alliages de plomb, voir article 10.16.

TABLE V (continued)

| 1                                                        | 2              | 3                | 4    | 5       | 6                           | 7                       | 8    | 9    |
|----------------------------------------------------------|----------------|------------------|------|---------|-----------------------------|-------------------------|------|------|
| Basic material of the compound                           | Natural rubber | Synthetic rubber |      |         | Polyvinyl-chloride (p.v.c.) | Rubber poly-chloroprene |      |      |
|                                                          |                | (Styrene)        |      | (Butyl) |                             |                         |      |      |
| Designation of the insulating compound                   | 60 A           | 75 A             | 60 B | 75 B    | 80 A                        | 60 C                    | 75 C | 60 D |
| Maximum rated operating temperature °C                   | 60             | 75               | 60   | 75      | 80                          | 60                      | 75   | 60   |
| G. Additional ageing test for p.v.c. compounds           |                |                  |      |         |                             |                         |      |      |
| Test method, only tentative, see Appendix E, Clause E. 5 |                |                  |      |         |                             |                         |      |      |
| Temperature of the air °C                                | —              | —                | —    | —       | —                           | 80                      | 100  | —    |
| Duration hours                                           | —              | —                | —    | —       | —                           | 120                     | 120  | —    |
| Max. loss of weight (provisional value) mg/cm²           | —              | —                | —    | —       | —                           | 2.0                     | 2.0  | —    |

Notes 1.) — With reference to paragraphs A and C, when a rubber compound has been subjected to a second vulcanization, such as is required for the application of a p.c.p. sheath, the values specified under the items “two vulcanizations” are admitted instead of those specified under “one vulcanization”.

2.) — Test methods for the tensile set (see Appendix D, 5c)

First procedure for compounds 60A, 75A, 80A,

Second procedure for compound 60D.

3.) — The “specific dielectric resistance”, expressed in ohm.cm, may be calculated multiplying  $K_1$  (from the table) by  $0.273 \cdot 10^{12}$

TABLE VI

*Recommended lead alloys for cable sheathing*

| Type of Alloy | Composition (percentages by weight) |      |          |      |         |      |           |      | Lead          |
|---------------|-------------------------------------|------|----------|------|---------|------|-----------|------|---------------|
|               | Tin                                 |      | Antimony |      | Cadmium |      | Tellurium |      |               |
|               | min.                                | max. | min.     | max. | min.    | max. | min.      | max. |               |
| No. 1         | 1.8                                 | 2.2  | —        | —    | —       | —    | —         | —    | The remainder |
| No. 2         | —                                   | —    | 0.7      | 0.95 | —       | —    | —         | —    |               |
| No. 3         | 0.35                                | 0.45 | 0.15     | 0.25 | —       | —    | —         | —    |               |
| No. 4         | 0.35                                | 0.45 | —        | —    | 0.12    | 0.18 | —         | —    |               |
| No. 5         | —                                   | —    | —        | —    | —       | —    | 0.035     | 0.09 |               |
| No. 6         | 0.16                                | 0.24 | —        | —    | 0.05    | 0.10 | —         | —    |               |

Notes 1.) — “Lead” should be understood as lead containing not less than 0.02% and not more than 0.05% impurities, of which not more than 0.005% As — 0.005% Fe — 0.005% Zn — 0.005% Sn — 0.006% Ag — 0.008% Cu — 0.015% Bi — 0.015% Sb — 0.02% other impurities.

2.) — An additional copper content up to 0.05% may be permitted in alloys Nos. 1 to 4, except for alloy No. 2 which may have up to 0.09% copper.

3.) — For the use of lead and lead alloys, see Clause 10.16.

TABEAU VII

Caractéristiques recommandées pour les mélanges de gaines élastomères ou thermoplastiques

| 1                                                                                                                                | 2                        | 3           | 4            | 5            | 6                               | 7            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| Matière de base du mélange                                                                                                       | Polychloroprène (p.c.p.) |             |              |              | Polychlorure de vinyle (p.c.v.) |              |
| Désignation du mélange de la gaine                                                                                               | SP1                      | SP2         | SP3          | SP4          | SV1                             | SV2          |
| Température maximale de service du conducteur du câble avec gaine <sup>1)</sup> °C                                               | 60                       | 80          | 60           | 80           | 60                              | 80           |
| <b>A. Caractéristiques mécaniques sans vieillissement</b><br>(Méthode d'essai: voir annexe F)                                    |                          |             |              |              |                                 |              |
| 1. Résistance à la rupture, minimale { kgf/cm <sup>2</sup><br>lbf/in <sup>2</sup>                                                | 84<br>1 200              | 84<br>1 200 | 127<br>1 800 | 127<br>1 800 | 105<br>1 500                    | 150<br>2 150 |
| 2. Allongement à la rupture, minimal %                                                                                           | 250                      | 250         | 300          | 300          | 100                             | 125          |
| 3. Allongement rémanent, maximal <sup>2)</sup> %                                                                                 |                          |             | à l'étude    |              |                                 |              |
| <b>B. Caractéristiques mécaniques après vieillissement dans l'étuve à air</b> (voir annexes E et F)                              |                          |             |              |              |                                 |              |
| Température et durée de l'essai { heures<br>°C                                                                                   | 168<br>80                | 168<br>100  | 168<br>80    | 168<br>100   | 120<br>100                      | 240<br>100   |
| 1. Résistance à la rupture:<br>en % de la valeur avant vieillissement, minimale %                                                | 70                       | 70          | 70           | 70           | 85                              | 80           |
| en % de la valeur avant vieillissement, maximale %                                                                               |                          |             |              |              |                                 | 120          |
| 2. Allongement à la rupture:<br>en % de la valeur avant vieillissement, minimal %                                                | 70                       | 60          | 70           | 60           | 60                              | 80           |
| en % de la valeur avant vieillissement, maximal %                                                                                |                          |             |              |              |                                 | 120          |
| <b>C. Caractéristiques mécaniques après vieillissement dans la bombe à oxygène à 21 kgf/cm<sup>2</sup></b> (voir annexes E et F) |                          |             |              |              |                                 |              |
| Température et durée de l'essai { heures<br>°C                                                                                   | 96<br>70                 | 96<br>80    | 96<br>70     | 96<br>80     |                                 |              |
| 1. Résistance à la rupture:<br>en % de la valeur avant vieillissement, minimale %                                                | 70                       | 70          | 70           | 70           |                                 |              |
| 2. Allongement à la rupture:<br>en % de la valeur avant vieillissement, minimal %                                                | 70                       | 70          | 70           | 70           |                                 |              |
| <b>D. Caractéristiques mécaniques après immersion dans l'huile chaude</b> (voir article 10.58)                                   |                          |             |              |              |                                 |              |
| Durée et température de l'huile { heures<br>°C                                                                                   | 24<br>100                | 24<br>100   | 24<br>100    | 24<br>100    |                                 |              |
| en % de la valeur avant immersion:                                                                                               |                          |             |              |              |                                 |              |
| 1. Résistance à la rupture, minimale %                                                                                           | 60                       | 60          | 60           | 60           |                                 |              |
| 2. Allongement à la rupture, minimal %                                                                                           | 60                       | 60          | 60           | 60           |                                 |              |
| <b>E. Caractéristiques thermoplastiques</b><br>(Méthodes d'essais: voir annexe G)                                                |                          |             |              |              |                                 |              |
| 1. Essai de compression à haute température (échantillons sans vieillissement)                                                   |                          |             |              |              |                                 |              |
| Durée du préchauffage heures                                                                                                     |                          |             |              |              | 1                               | 1            |
| Durée en charge heures                                                                                                           |                          |             |              |              | 1                               | 1            |
| Température de l'étuve °C                                                                                                        |                          |             |              |              | 120                             | 120          |
| Poids de la pièce intermédiaire g                                                                                                |                          |             |              |              | 350                             | 400          |
| Déformation maximale admissible %                                                                                                |                          |             |              |              | 40                              | 40           |

TABLE VII

*Recommended characteristics of rubberlike sheathing compounds*

| 1                                                                                                                  | 2                        | 3           | 4                   | 5            | 6                          | 7            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|---------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| Basic material of the compound                                                                                     | Polychloroprene (p.c.p.) |             |                     |              | Polyvinylchloride (p.v.c.) |              |
| Designation of sheathing compound                                                                                  | SP 1                     | SP2         | SP3                 | SP4          | SV1                        | SV2          |
| Maximum operating temperature in the conductor of sheathed cable <sup>1)</sup> °C                                  | 60                       | 80          | 60                  | 80           | 60                         | 80           |
| <b>A. Mechanical characteristics without ageing</b><br>(Test method: see Appendix F)                               |                          |             |                     |              |                            |              |
| 1. Tensile strength, minimum { kgf/cm <sup>2</sup><br>lbf/in <sup>2</sup>                                          | 84<br>1 200              | 84<br>1 200 | 127<br>1 800        | 127<br>1 800 | 105<br>1 500               | 150<br>2 150 |
| 2. Elongation at rupture, minimum %                                                                                | 250                      | 250         | 300                 | 300          | 100                        | 125          |
| 3. Tensile set (permanent elongation) maximum <sup>2)</sup> %                                                      |                          |             | under consideration |              |                            |              |
| <b>B. Mechanical characteristics after ageing in air oven</b><br>(see Appendices E and F)                          |                          |             |                     |              |                            |              |
| Duration and temperature of treatment { hours<br>°C                                                                | 168<br>80                | 168<br>100  | 168<br>80           | 168<br>100   | 120<br>100                 | 240<br>100   |
| 1. Tensile strength:<br>percentage of value found on the unaged specimens (minimum) %                              | 70                       | 70          | 70                  | 70           | 85                         | 80           |
| percentage of value found on the unaged specimens (maximum) %                                                      | —                        | —           | —                   | —            | —                          | 120          |
| 2. Elongation at rupture:<br>percentage of value found on the unaged specimens (minimum) %                         | 70                       | 60          | 70                  | 60           | 60                         | 80           |
| percentage of value found on the unaged specimens (maximum) %                                                      | —                        | —           | —                   | —            | —                          | 120          |
| <b>C. Mechanical characteristics after ageing in oxygen bomb at 21 kgf/cm<sup>2</sup></b> (see Appendices E and F) |                          |             |                     |              |                            |              |
| Duration and temperature of treatment { hours<br>°C                                                                | 96<br>70                 | 96<br>80    | 96<br>70            | 96<br>80     | —<br>—                     | —<br>—       |
| 1. Tensile strength:<br>percentage of value found on the unaged specimens, minimum %                               | 70                       | 70          | 70                  | 70           | —                          | —            |
| 2. Elongation at rupture:<br>percentage of value found on the unaged specimens, minimum %                          | 70                       | 70          | 70                  | 70           | —                          | —            |
| <b>D. Mechanical characteristics after immersion in hot oil</b> (see Clause 10.58)                                 |                          |             |                     |              |                            |              |
| Duration and oil temperature { hours<br>°C                                                                         | 24<br>100                | 24<br>100   | 24<br>100           | 24<br>100    | —<br>—                     | —<br>—       |
| Minimum percentage of value found on the not immersed specimens:                                                   |                          |             |                     |              |                            |              |
| 1. Tensile strength, minimum %                                                                                     | 60                       | 60          | 60                  | 60           | —                          | —            |
| 2. Elongation at rupture, minimum %                                                                                | 60                       | 60          | 60                  | 60           | —                          | —            |
| <b>E. Thermoplastical characteristics</b><br>(Test methods: see Appendix G)                                        |                          |             |                     |              |                            |              |
| 1. Hot deformation test (on unaged specimens)                                                                      |                          |             |                     |              |                            |              |
| Duration of pre-heating hours                                                                                      | —                        | —           | —                   | —            | 1                          | 1            |
| Duration under load hours                                                                                          | —                        | —           | —                   | —            | 1                          | 1            |
| Temperature of air oven °C                                                                                         | —                        | —           | —                   | —            | 120                        | 120          |
| Weight of the indenter grams                                                                                       | —                        | —           | —                   | —            | 350                        | 400          |
| Maximum permissible deformation %                                                                                  | —                        | —           | —                   | —            | 40                         | 40           |

TABLEAU VII (suite)

| 1                                                                                                                                                                                    | 2                        | 3   | 4   | 5   | 6                               | 7       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|---------------------------------|---------|
| Matière de base du mélange                                                                                                                                                           | Polychloroprène (p.c.p.) |     |     |     | Polychlorure de vinyle (p.c.v.) |         |
| Désignation du mélange de la gaine                                                                                                                                                   | SP1                      | SP2 | SP3 | SP4 | SV1                             | SV2     |
| Température maximale de service du conducteur du câble avec gaine <sup>1)</sup> °C                                                                                                   | 60                       | 80  | 60  | 80  | 60                              | 80      |
| 2. Essai de pliage à basse température (après vieillissement):                                                                                                                       |                          |     |     |     |                                 |         |
| a) Traitement de vieillissement { heures                                                                                                                                             | —                        | —   | —   | —   | 168                             | 168     |
| à l'étuve { °C                                                                                                                                                                       | —                        | —   | —   | —   | 80                              | 90      |
| b) Traitement à froid avant pliage: { heures                                                                                                                                         | —                        | —   | —   | —   | 4                               | 4       |
| durée et température . . . . . { °C                                                                                                                                                  | —                        | —   | —   | —   | -20                             | -20     |
| 3. Essai de choc thermique: température de l'étuve °C                                                                                                                                | —                        | —   | —   | —   | 120 ± 2                         | 120 ± 2 |
| F. Essai complémentaire de vieillissement pour les isolants à base de polychlorure de vinyle (Méthode d'essai indiquée uniquement à titre expérimental, voir annexe E, article E. 5) |                          |     |     |     |                                 |         |
| Température de l'air °C                                                                                                                                                              | —                        | —   | —   | —   | 80                              | 100     |
| Durée heures                                                                                                                                                                         | —                        | —   | —   | —   | 120                             | 120     |
| Perte maximale de poids (valeur provisoire) mg/cm²                                                                                                                                   | —                        | —   | —   | —   | 2,0                             | 2,0     |

- Notes 1.) — Tous les mélanges peuvent être utilisés pour les câbles posés à demeure. Le mélange SP3 peut être également utilisé pour les câbles mobiles destinés à un service intensif.
- 2.) — Première méthode (voir annexe D, paragraphe D. 5c).

TABLE VII (continued)

| 1                                                                                                            | 2                        | 3   | 4   | 5   | 6                          | 7       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|----------------------------|---------|
| Basic material of the compound                                                                               | Polychloroprene (p.c.p.) |     |     |     | Polyvinylchloride (p.v.c.) |         |
| Designation of sheathing compound                                                                            | SP1                      | SP2 | SP3 | SP4 | SV1                        | SV2     |
| Maximum operating temperature in the conductor of sheathed cable <sup>1)</sup> °C                            | 60                       | 80  | 60  | 80  | 60                         | 80      |
| 2. Cold bending test (on aged specimens):                                                                    |                          |     |     |     |                            |         |
| a) ageing treatment in air oven { hours                                                                      | —                        | —   | —   | —   | 168                        | 168     |
| °C                                                                                                           | —                        | —   | —   | —   | 80                         | 90      |
| b) cold treatment before bending: { hours                                                                    | —                        | —   | —   | —   | 4                          | 4       |
| duration and temperature { °C                                                                                | —                        | —   | —   | —   | -20                        | -20     |
| 3. Heat shock test: temperature in air oven °C                                                               | —                        | —   | —   | —   | 120 ± 2                    | 120 ± 2 |
| F. Additional ageing test for p.v.c. compounds<br>(Test method, only tentative, see Appendix E, Clause E. 5) |                          |     |     |     |                            |         |
| Temperature of the air °C                                                                                    | —                        | —   | —   | —   | 80                         | 100     |
| Duration hours                                                                                               | —                        | —   | —   | —   | 120                        | 120     |
| Maximum loss of weight (provisional value) mg/cm <sup>2</sup>                                                | —                        | —   | —   | —   | 2.0                        | 2.0     |

Notes 1.) — All compounds may be used for cables for fixed installations, compound SP3 may be also used for portable cables for heavy service.

2.) — First procedure (see Appendix D, Sub-clause D. 5c).

## ANNEXE A

### MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES ENVELOPPES ET GAINES ÉLASTOMÈRES OU THERMOPLASTIQUES

#### A. 1 Généralités

La mesure des épaisseurs d'enveloppes et de gaines a pour but, soit de vérifier que la fabrication des câbles est correcte, soit de déterminer les caractéristiques mécaniques des isolants élastomères ou thermoplastiques. Dans le premier cas, le nombre d'échantillons à mesurer et l'endroit où ils doivent être prélevés sont ceux spécifiés aux articles 10.37 et 10.38. Dans le second cas, le nombre et le mode de prélèvement sont ceux spécifiés aux annexes D et F.

#### A. 2 Mode opératoire

Chaque échantillon consiste en une tranche mince découpée sur l'enveloppe ou la gaine dont on a préalablement retiré tous les revêtements extérieurs et toutes les parties intérieures. La tranche est découpée à l'aide d'un couteau aiguisé, suivant un plan perpendiculaire à l'axe du conducteur (cas des enveloppes) ou du câble (cas des gaines).

On place l'échantillon sous un microscope de grossissement 10, suivant un plan perpendiculaire à son axe optique.

Si le profil intérieur de l'échantillon est un cercle, on effectue six mesures suivant des directions radiales espacées de 60°. Si le profil inférieur présente les empreintes d'une âme câblée ou d'un assemblage de plusieurs conducteurs, on effectue plusieurs mesures dans les directions où l'épaisseur est la plus faible (au fond des empreintes), les points de mesure étant répartis aussi uniformément que possible sur la circonférence avec un maximum de six.

Dans chaque cas, la première mesure est faite à l'endroit où l'épaisseur de l'isolant est la plus faible. L'influence de toute inégalité de la surface extérieure pouvant provenir d'un ruban, ou un revêtement analogue s'il en existe un, est éliminée en plaçant le réticule du microscope comme indiqué dans la figure 1. Pour l'estimation des résultats, voir articles 10.37, 10.38 et annexes D et F.

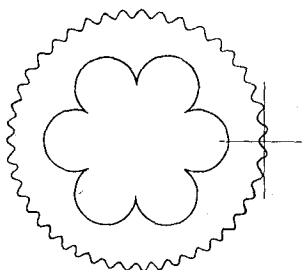


FIG. 1. — Façon de placer la croisée des fils du réticule du microscope de mesure.

## APPENDIX A

### THICKNESS MEASUREMENTS OF RUBBERLIKE INSULATIONS AND SHEATHS

#### A. 1 General

The purpose of measuring the insulation and sheath thicknesses may be either to check the correct manufacture of cables or to determine the mechanical characteristics of rubberlike compounds. In the first case, the number of specimens to be measured and the places from which they should be taken are specified in Clauses 10.37 and 10.38. In the second case, numbers and taking procedures are specified in Appendices D and F.

#### A. 2 Procedure

Each specimen should consist of a thin slice of insulating or sheathing wall, from which all coverings and internal parts have been carefully removed. The slice shall be cut, with a sharp knife, along a plane perpendicular to the axis of the conductor (in the case of insulations) or of the cable (in the case of sheaths).

The specimen shall be placed under a  $10\times$  microscope, in such a way that the plane which has been cut forms a right angle with the optical axis.

When the inner profile of the specimen is a circle, six measurements are to be carried out radially at angles of  $60^\circ$ . When the inner profile has the impressions of a stranded conductor or of a multicore assembly, several measurements are to be made radially in the directions where thickness is thinnest (between the ridges), the measuring places being as far as possible equally distributed over the circumference, subject to a maximum of six directions.

In each case, the first measurement shall be taken at the place where the insulation or sheath is thinnest. The influence of any unevenness in the outer profile, originating from a tape or the like, if any, shall be eliminated by placing the cross-wire of the microscope as indicated in Figure 1. For the evaluation of the results, see Clauses 10.37, 10.38 and Appendices D and F.

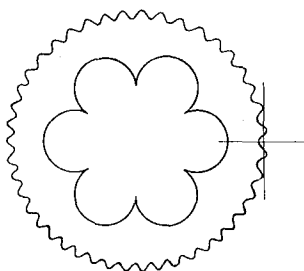


FIG. 1. — Placing of the cross-wire of the measuring microscope.

## ANNEXE B

### ESSAI A LA FLAMME POUR LES CÂBLES SPÉCIAUX A ISOLATION AMIANTE: TISSU VERNI

#### B. 1 Echantillons

Les échantillons doivent consister en longueurs de fils ou de câbles complètement terminés d'environ 450 mm (18 in) de longueur.

#### B. 2 Appareils d'essai

Une enceinte de dimensions suffisantes pour contenir l'échantillon, ses supports, une bobine de chauffage, les électrodes, un appareil à mesurer le déplacement de la flamme et tous les accessoires correspondants, est disposée de manière à éliminer les courants d'air et permettre une bonne visibilité à l'intérieur par des regards en verre incassable. Des événements de ventilation répartis à la base de l'enceinte et sur les côtés doivent permettre l'introduction d'air frais au moyen d'un ventilateur d'aspiration placé à la partie supérieure de l'enceinte et réglé avec une aspiration juste suffisante pour évacuer les gaz et la fumée. Des supports sont aménagés pour maintenir l'échantillon en position verticale et sur une longueur libre d'au moins 350 mm (14 in). L'extrémité inférieure de l'échantillon est enveloppée avec de la toile vernie de façon que les gaz évacués par cette extrémité soient dirigés vers les électrodes.

La bobine de chauffage est constituée par 7 spires d'un fil résistant ayant 2,6 mm (0,102 in) de diamètre et une résistivité de  $1,06 \pm 0,03$  ohm mm<sup>2</sup>/m les spires étant enroulées au pas de 6,4 mm (0,25 in). Le diamètre intérieur de la bobine doit dépasser le diamètre extérieur de l'échantillon d'au moins 12,5 mm (0,5 in) et d'au plus 15,3 mm (0,6 in). La partie inférieure de la bobine de chauffage doit être placée à 38 mm (1,5 in) au-dessus de la partie supérieure du support inférieur de l'échantillon.

Deux électrodes extensibles sont placées de telle façon que leurs extrémités se trouvent à une distance de 3,2 mm ( $\frac{1}{8}$  in) de la surface de l'échantillon, et disposées de part et d'autre de l'échantillon sur une même ligne horizontale dont le plan est situé à 12,5 mm ( $\frac{1}{2}$  in) au-dessus de l'extrémité supérieure de la bobine de chauffage, de façon à provoquer l'inflammation des gaz émis par l'échantillon au cours du chauffage. Un circuit électrique approprié provoque une émission continue d'étincelles à partir des électrodes pendant la durée spécifiée pour l'essai. Les électrodes doivent être montées de telle manière qu'elles puissent être éloignées de l'échantillon après son inflammation de façon à ne pas gêner la propagation de la flamme et pour éviter qu'elles ne soient encrassées par la suie.

Un dispositif convenable de contrôle de la propagation de la flamme est placé au voisinage de l'échantillon de manière à permettre de mesurer le parcours de la flamme sans gêner sa propagation de manière appréciable.

#### B. 3 Mode opératoire

L'essai à la flamme est prévu pour les câbles du type résistant à la chaleur et à la flamme. Les résultats à obtenir sont les suivants:

| Temps minimal d'inflammation<br>(secondes) | Temps de combustion maximal<br>(secondes) | Parcours maximal de la flamme |    |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----|
| 60                                         | 60                                        | mm                            | in |
|                                            |                                           | 51                            | 2  |

## APPENDIX B

### FLAMMABILITY TEST FOR SPECIAL ASBESTOS-VARNISHED-CAMBRIC INSULATED CABLES

#### B. 1 Specimens

Specimens should consist of straight sections of completed wire or cable approximately 450 mm (18 in) in length.

#### B. 2 Apparatus

An enclosure of sufficient size to contain the specimen, supports, heater coil, sparking plugs, flame travel gauge and their associated accessories should be arranged to eliminate air draughts and permit a clear view of the interior through shatterproof, glass windows. Vent holes, distributed round the sides adjacent to the base, should be provided to admit fresh air when an exhaust fan connected to the top of the enclosure is operated at a minimum suction, just sufficient to carry off smoke and gases. Supports should be suitable for holding the specimens in a vertical position with an unsupported span not less than 350 mm (14 in) in length. The lower end of the specimen should be wrapped with varnished cambric in such a manner that gases released through this end are diverted towards the sparking plug.

Heater coils should consist of 7 turns of 2.6 mm (0.102 in) diameter resistance wire having a resistivity of  $1.06 \pm 0.03 \text{ ohm.mm}^2/\text{m}$  space wound to 6.4 mm (0.25 in) between centres. The inside diameter of the coil should exceed the overall diameter of the specimen by not less than 12.5 mm (0.5 in) and by not more than 15.3 mm (0.6 in). The lower end of the heater coil should be located 38 mm (1.5 in) above the top of the lower specimen support.

Two sparking plugs, with extended electrodes spaced 3.2 mm ( $1/8$  in) from the surface of the specimen and located on diametrically opposite sides of the specimen, should be placed with their longitudinal centre lines in a horizontal plane 12.5 mm ( $1/2$  in) above the top of the heater coil, to ignite the gases emitted from the heated specimen. A suitable electric circuit should be provided to maintain continuous sparking at the electrodes during the specified time. The sparking plugs should be mounted in such a manner that they may be moved away from the specimen after ignition takes place so as not to impede the travel of the flame and to prevent their electrodes from becoming fouled by soot.

A suitable flame travel gauge should be positioned near the specimen to judge the distance of flame travel without appreciably impeding the progress of the flame.

#### B. 3 Procedure

Flame tests are specified for heat and flame-resisting type cables and the required performance is as follows:

| Minimum ignition time<br>(seconds) | Maximum burning time<br>(seconds) | Maximum flame travel |    |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----|
| 60                                 | 60                                | mm                   | in |
|                                    |                                   | 51                   | 2  |

#### B. 4 Temps d'inflammation

L'échantillon est placé au centre de la bobine de chauffage, l'enceinte est fermée et la ventilation mise en route. On met en place les électrodes et l'appareil à mesurer le déplacement de la flamme. Simultanément, on alimente en courant la bobine de chauffage et les électrodes et on déclenche un chronomètre. La bobine de chauffage est alimentée à l'aide d'un transformateur approprié en courant d'une valeur constante spécifiée dans le tableau ci-après. On doit considérer que le début de l'inflammation a lieu, lorsque la flamme s'est déplacée à partir de l'endroit où les gaz s'échappent pour venir atteindre la surface de l'échantillon et provoquer la combustion de celui-ci, sans tenir compte des éclairs qui peuvent se produire dans la partie gazeuse comprise entre la flamme et l'échantillon. Le temps d'inflammation de ce dernier doit être noté.

TABLEAU VIII  
*Courant dans la bobine de chauffage*

| Diamètre nominal du câble |               | Courant en ampères<br>(courant alternatif<br>valeur efficace) |
|---------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------|
| mm                        | inch          |                                                               |
| 1,27 à 2,51               | 0,050 à 0,099 | 45                                                            |
| 2,54 à 4,82               | 0,100 à 0,19  | 46                                                            |
| 5,08 à 7,36               | 0,20 à 0,29   | 47                                                            |
| 7,62 à 9,90               | 0,30 à 0,39   | 48                                                            |
| 10,16 à 12,44             | 0,40 à 0,49   | 49                                                            |
| 12,70 à 14,98             | 0,50 à 0,59   | 50                                                            |
| 15,24 à 17,52             | 0,60 à 0,69   | 51                                                            |
| 17,78 à 20,06             | 0,70 à 0,79   | 52                                                            |
| 20,32 à 22,60             | 0,80 à 0,89   | 53                                                            |
| 22,86 à 25,14             | 0,90 à 0,99   | 54                                                            |
| 25,40 à 27,68             | 1,00 à 1,09   | 55                                                            |
| 27,94 à 35,30             | 1,10 à 1,39   | 56                                                            |
| 35,56 à 45,46             | 1,40 à 1,79   | 57                                                            |
| 45,72 à 58,16             | 1,80 à 2,29   | 58                                                            |
| 58,42 à 76,20             | 2,30 à 3,00   | 59                                                            |

#### B. 5 Durée du chauffage

Pour tous les câbles armés, essayés tant avec armure que sans armure, le courant de chauffage doit être coupé 30 secondes après inflammation. Pour tous les câbles non armés dans lesquels le temps d'inflammation est inférieur ou égal à 60 secondes, le courant doit être coupé après 60 secondes. Lorsque le temps d'inflammation est supérieur à 60 secondes, le courant de chauffage doit être coupé au début de l'inflammation.

#### B. 6 Déplacement de la flamme

Dès que l'inflammation se produit, on doit supprimer l'alimentation des électrodes et les éloigner de la flamme. La distance maximale que parcourt la flamme le long de l'échantillon avant extinction, mesurée à partir de l'extrémité supérieure de la bobine de chauffage, doit être notée et enregistrée.

#### B. 7 Durée avant extinction de la flamme

Le nombre de secondes pendant lequel l'échantillon continue à brûler jusqu'à la disparition de toute flamme, comptées à partir du moment où on a coupé le courant sur la bobine de chauffage, doit être considéré comme la durée de l'extinction de la flamme.

#### B. 8 Observations

L'abondance des fumées, leur couleur, la quantité et la dimension des particules de suie doivent être observées et notées.

#### B. 4 Time of ignition

With the enclosure closed and ventilated, the specimen centred in the heater coil, and the sparking plugs and flame gauge properly located, a stop watch should be started simultaneously with the energizing of the heater coil and sparking plugs. A constant current as specified in the table below should be supplied from a suitable transformer source to the heater coil. Ignition should be considered as occurring when the flame transfers from the escaping gases to the surface of the specimen and continues there, disregarding the flashes which may occur in the gassing space prior to the sustained flame. The time required to ignite the specimen should be recorded.

TABLE VIII  
*Current in heating coil*

| Nominal diameter of cable |                | Current (amperes)<br>a.c. r.m.s. |
|---------------------------|----------------|----------------------------------|
| inch                      | mm             |                                  |
| 0.050 to 0.099            | 1.27 to 2.51   | 45                               |
| 0.100 to 0.19             | 2.54 to 4.82   | 46                               |
| 0.20 to 0.29              | 5.08 to 7.36   | 47                               |
| 0.30 to 0.39              | 7.62 to 9.90   | 48                               |
| 0.40 to 0.49              | 10.16 to 12.44 | 49                               |
| 0.50 to 0.59              | 12.70 to 14.98 | 50                               |
| 0.60 to 0.69              | 15.24 to 17.52 | 51                               |
| 0.70 to 0.79              | 17.78 to 20.06 | 52                               |
| 0.80 to 0.89              | 20.32 to 22.60 | 53                               |
| 0.90 to 0.99              | 22.86 to 25.14 | 54                               |
| 1.00 to 1.09              | 25.40 to 27.68 | 55                               |
| 1.10 to 1.39              | 27.94 to 35.30 | 56                               |
| 1.40 to 1.79              | 35.56 to 45.46 | 57                               |
| 1.80 to 2.29              | 45.72 to 58.16 | 58                               |
| 2.30 to 3.00              | 58.42 to 76.20 | 59                               |

#### B. 5 Time of heating

For all armoured cables, tested with or without armour, the heating current should be switched off 30 seconds after ignition occurs. For all unarmoured cables, where the ignition time is not greater than 60 seconds, the heating current should be switched off 60 seconds after being switched on; where the ignition is greater than 60 seconds, the heating current should be switched off when ignition occurs.

#### B. 6 Distance of flame travel

Immediately after ignition occurs, the electric supply to the sparking plugs should be cut off and the plugs shifted away from the flame. The maximum distance to which the flame travels along the surface of the specimen, measured from the top of the heater coil, before extinction, should be noted and recorded.

#### B. 7 Time required for flame extinction

The number of seconds that the specimen continues to burn, until the cessation of all flaming, after the current in the heating coil has been cut off, should be recorded as the time required for flame extinction.

#### B. 8 Observations

The amount and colour of the smoke and the amount and size of the soot particles shall be observed and recorded.

## ANNEXE C

### ESSAI DE RÉSISTANCE A L'OZONE POUR LES ISOLATIONS EN CAOUTCHOUC

#### C. 1 Objet

Cet essai a pour objet d'éprouver la résistance de l'isolation en caoutchouc aux attaques par l'ozone qui peuvent se produire du fait de la haute tension.

#### C. 2 Appareil d'essai

L'appareil d'essai doit comprendre:

- un générateur destiné à produire une quantité contrôlée d'ozone,
- un dispositif assurant la circulation de l'air ozonisé, dans les conditions voulues de température et d'humidité, à travers une enceinte contenant les échantillons à essayer,
- un dispositif destiné à déterminer la concentration de l'ozone.

#### C. 3 Echantillons d'essai

- Deux échantillons sont prélevés en un point situé à une distance d'au moins 1,5 m (5 ft) des extrémités de la couronne ou de la bobine à essayer. Lorsque l'échantillon comporte des revêtements protecteurs, ceux-ci doivent être enlevés pour autant qu'ils n'adhèrent pas à l'isolant. Cependant, lorsque les rubans ou des gaines ont été appliqués directement sur l'isolant avant vulcanisation puis laissés en place pendant celle-ci et de ce fait adhérent à l'isolant, ces revêtements ne doivent pas être enlevés.
- Chaque échantillon doit subir un examen à vue pour s'assurer que sa surface est exempte de tout défaut mécanique tel que: entailles, craquelures, effilochage. L'un des échantillons doit être placé sur un mandrin de l'angle spécifié aux alinéas c) et d) dans le sens et dans le plan de la courbure initiale du câble. L'autre échantillon doit être placé de la même manière mais en sens contraire à la courbure naturelle du câble.
- Les échantillons doivent être pliés sans torsion à une température ambiante d'au moins 20°C. Les diamètres des mandrins doivent être les suivants:

#### *Diamètre extérieur du câble*

inférieur à 12,7 mm (0,5 in)  
inférieur à 19,05 mm (0,75 in)  
inférieur à 31,75 mm (1,25 in)  
inférieur à 44,5 mm (1,75 in)  
supérieur à 44,5 mm (1,75 in)

#### *Diamètre du mandrin*

4 × le diamètre extérieur du câble  
5 × le diamètre extérieur du câble  
6 × le diamètre extérieur du câble  
8 × le diamètre extérieur du câble  
10 × le diamètre extérieur du câble

- Les échantillons doivent être pliés sur un mandrin en laiton, en aluminium ou en bois traité, ayant le diamètre indiqué. A l'endroit où les extrémités se croisent, celles-ci sont maintenues ensemble par une ficelle ou par un ruban. Si le câble est trop rigide pour permettre de croiser les extrémités, il peut être plié en U et maintenu en place par un lien de façon à ce que son pliage sur le diamètre voulu représente au moins 180° degrés.
- La surface de l'isolant de chaque échantillon est essuyée avec un linge propre pour enlever la poussière ou l'exsudation. Après pliage, les échantillons sont placés avec leur mandrin dans un dessiccateur pendant 30 à 45 minutes pour enlever l'humidité superficielle, avant d'être placés dans l'appareil à ozone.

## APPENDIX C

### OZONE RESISTANCE TEST FOR RUBBER AND RUBBERLIKE INSULATED CABLES

#### C. 1 Purpose

The purpose of this method is to test the resistance of rubber insulation to ozone attack which may be encountered in connection with the operation of high-voltage cables.

#### C. 2 Apparatus

The apparatus should consist of the following:

- a) a device for generating a controlled amount of ozone,
- b) a means for circulating ozonized air under controlled conditions of humidity and temperature through a chamber containing the specimens to be tested, and,
- c) a means for determining the percentage of ozone concentration.

#### C. 3 Test specimens

- a) Two specimens for the ozone test should be selected beyond a point not less than 1.5 m (5 ft) from the end of the reel or coil to be tested. Where protective coverings are applied, such coverings should be removed when non-adherent to the insulation. However, where tapes or sheaths are applied directly to the insulation prior to vulcanization and left in place during vulcanization, and are consequently adherent to the insulation in the completed cable, such covering shall not be removed.
- b) Each specimen should be examined to make sure it is free from mechanical defects such as cuts, dents, tears, loose threads, etc. One specimen should be bent in the direction and plane of the existing curvature of the cable around a mandrel and through the specified angle in accordance with paragraphs c) and d). The other specimen should be bent similarly, but in the reverse direction.
- c) Specimens should be bent without twisting at room temperature but at not less than 20°C, around the mandrels. The mandrel diameters should be as follows:

| <i>Cable outside diameter</i>                            | <i>Mandrel diameter</i> |
|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Less than 12.7 mm (or 0.5 in)                            | 4 × cable OD            |
| 12.7 mm (or 0.5 in) but less than 19 mm (or 0.75 in)     | 5 × cable OD            |
| 19 mm (or 0.75 in) but less than 31.75 mm (or 1.25 in)   | 6 × cable OD            |
| 31.75 mm (or 1.25 in) but less than 44.5 mm (or 1.75 in) | 8 × cable OD            |
| 44.5 mm (or 1.75 in) and above                           | 10 × cable OD           |

- d) The specimens should be bent around a brass, aluminium, or suitably treated wooden mandrel of the specified diameter, binding it with twine or tape where the ends cross. If the cable is too rigid to permit crossing of the ends, it may be bent in the form of a U and tied so that at least a 180° bend of the proper diameter is obtained.
- e) The surface of the insulation on each specimen should be wiped with a clean cloth to remove dirt or sweat. The bent specimens on their mandrels should then be placed in a desiccator for 30 to 45 minutes after bending to remove surface moisture and until placed in the ozone chamber.

#### C. 4 Mode opératoire

- a) 15 minutes au moins avant de procéder au pliage des échantillons, on met en action la circulation de l'air à un débit constant à travers l'appareil d'essai. Le débit de l'air indiqué au débitmètre doit être réglé entre 300 et 600 litres (10 ft<sup>3</sup> et 20 ft<sup>3</sup>) par heure. Le manomètre doit indiquer une pression d'environ 12,7 mm (0,5 in) d'eau au-dessus de la pression atmosphérique, dans l'enceinte d'essai. Cette pression peut être réglée par le degré de fermeture du robinet d'échappement. Après 15 minutes de fonctionnement du générateur d'ozone, on vérifie la concentration. On règle alors la tension du générateur d'ozone ou le débit de l'air de façon à obtenir une concentration d'ozone conforme à celle de la spécification. La température de l'air dans l'enceinte est réglée à  $25 \pm 2^\circ \text{C}$ . Lorsque les conditions de l'essai sont devenues constantes et après une durée d'au moins 45 minutes pendant laquelle la chambre à ozone est demeurée en équilibre, les échantillons sont placés dans l'enceinte; on doit prendre soin de ne pas manipuler l'isolant. Les échantillons sont fixés dans un plan vertical à mi-distance entre le haut et le bas, les extrémités libres étant dirigées vers le bas sans toutefois toucher le fond de l'enceinte.
- b) La concentration d'ozone doit être maintenue entre 0,025 et 0,03 % en volume. Après 3 heures d'exposition, les échantillons sont sortis de l'enceinte d'essai. Après avoir retiré les revêtements protecteurs, on examine les échantillons à l'œil nu pour déceler les craquelures dans la partie pliée. Les craquelures qui pourraient se produire dans la portion pliée à  $180^\circ$  qui comprend les attaches, c'est-à-dire là où les échantillons n'ont pas été pliés sur le mandrin, ne doivent pas être considérées comme des défauts.

#### C. 5 Détermination de la concentration de l'ozone

La concentration de l'ozone doit être déterminée par l'une des méthodes de l'American Society for Testing Materials décrites dans les Sections 43 à 47 du document D 470 — 59 T, Tentative methods of testing rubber and thermoplastic insulated wires and cables. Le texte de ces sections est reproduit dans l'appendice 1 à l'annexe C.

#### C. 4 Procedure

- a) Circulate the air through the test apparatus at a constant rate of flow for at least 15 minutes prior to bending of the specimens. The flow shall be between 300 l and 600 l (10 ft<sup>3</sup> and 20 ft<sup>3</sup>) per hour as indicated on the flow meter. The manometer should indicate a pressure of approximately 12.7 mm (or 0.5 in) of water above atmospheric in the test chamber. This pressure may be controlled by the degree of closure of the discharge cock. After the ozone has been generated for at least 15 minutes a check should be made on the percentage of ozone concentration. Then regulate the voltage of the ozone generator or the rate of flow of air should be regulated so as to give a concentration of ozone as specified in the product specification. The temperature of the air in the test chamber should be regulated to  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . When constant test conditions are obtained, and after the ozone chamber has been in equilibrium operation for at least 45 minutes, the specimens should be placed in the test chamber. Care should be taken not to handle the insulation. The specimens should be supported in an approximately vertical plane midway between the top and bottom, with the free ends down to, but not touching, the bottom.
- b) The ozone concentration should be maintained between 0.025 and 0.03% by volume. After exposing the specimens for 3 hours, they should be taken out of the chamber, all coverings removed from the specimens, and the specimens examined by the un-aided eye for cracks in the bent portion. Cracks occurring on the 180° sector including the tie (where the specimen is not curved to conform to the mandrel) shall not be considered failures.

#### C. 5 Ozone resistance test

The ozone concentration should be determined with one of the methods described in Sections 43 to 47 of the A.S.T.M. Specification D 470 — 59 T, Tentative methods of testing rubber and thermoplastic insulated wires and cables (included as Annex 1 to Appendix C).

APPENDICE 1 A L'ANNEXE C

Sections 42 à 47 de la Spécification ASTM D 470-59 T (Traduction)

DÉTERMINATION DE LA CONCENTRATION D'OZONE

42 **Objet**

Les présentes méthodes de détermination de la concentration de l'ozone sont destinées à être utilisées en relation avec l'essai de résistance à l'ozone, décrit dans les Sections 37 à 41.

ANALYSE CHIMIQUE

43 **Réactifs**

a) *Solution indicatrice d'amidon*

Diluer 1 g d'amidon soluble dans 40 ml d'eau froide, porter à ébullition en remuant constamment jusqu'à ce que l'amidon soit tout à fait dissous; diluer avec de l'eau froide jusqu'à atteindre le volume d'environ 200 ml, puis ajouter 2 g de chlorure de zinc cristallisé. Laisser décanter la solution pendant quelque temps puis prélever le liquide le moins dense, qui sera utilisé ultérieurement. Renouveler tous les deux ou trois jours. On peut également utiliser une solution fraîche de 1 g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau bouillante. Si l'on utilise ces solutions d'amidon comme indicateur, il convient d'ajouter quelques gouttes d'acide acétique (10%) à la solution titrée.

b) *Solution d'iode étalon*

Mettre dans un flacon à tare 2 g de KI et 10 ml d'eau et peser le flacon et la solution. Ajouter l'iode directement à la solution dans le flacon à tare sur le plateau de la balance jusqu'à ce que le poids de l'iode dans la solution s'élève à 0,1 g. Peser avec précision la solution avec l'iode que l'on vient d'ajouter. Déterminer la quantité d'iode qui a été ajoutée à la solution. Enlever le flacon à tare et verser la solution dans un vase à filtrations chaudes, nettoyer le flacon à tare au moyen d'eau distillée au-dessus du vase à filtrations chaudes, verser la solution du vase à filtrations chaudes dans une éprouvette graduée en volume, rincer le vase à filtrations chaudes avec de l'eau distillée dans une éprouvette graduée en volume d'une contenance de 1 000 ml et diluer la solution dans le flacon de façon à en obtenir 1 litre. Cette solution est assez stable si on la conserve dans un endroit sombre et frais dans une bouteille brune bien bouchée.

c) *Solution d'hyposulfite de soude*

Préparer une solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  de titre approximativement égal à celui de la solution d'iode étalon en introduisant environ 0,24 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dans une éprouvette graduée en volume de 1 000 ml et diluer de façon à obtenir 1 litre de solution. La solution perdant graduellement de sa force, il convient de l'étalonner par rapport à la solution d'iode étalon le jour où les essais sont effectués. La méthode de calcul du titre de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  est décrite à la Section 46a).

d) *Solution d'iodure de potassium*

Dissoudre environ 20 g de KI pur dans 2 litres d'eau.

e) *Acide acétique (10%)*

ANNEX 1 TO APPENDIX C

Sections 42 to 47 of the ASTM Specification D 470-59 T

DETERMINATION OF OZONE CONCENTRATION

42 Purpose

These methods for the determination of ozone concentration are for use in connection with the Ozone Resistance Test, Sections 37 to 41.

CHEMICAL ANALYSIS

43 Reagents

a) *Starch Indicator Solution*

Stir 1 g of soluble starch into 40 ml cold water, heat to boiling, while stirring constantly, until starch is thoroughly dissolved, dilute with cold water to about 200 ml and add 2 g of crystallized zinc chloride. Let the solution settle for some time and then pour off the supernatant liquid for use. Renew every two or three days. A fresh solution of 1 g of soluble starch in 100 ml of boiling water may also be used. When using these starch solutions as an indicator, add a few drops of acetic acid (10%) to the solution being titrated.

b) *Standard Iodine Solution*

Place in a weighing tube 2 g of KI and 10 ml of water, and weigh the tube and solution. Add iodine directly to the solution in the weighing tube on the balance pan until the total iodine in solution is about 0.1 g. Accurately weigh the solution with the added iodine. Determine the amount of iodine added to the solution. Remove the weighing tube, pour the solution into a beaker, wash the weighing tube held over the beaker with distilled water, pour the solution from the beaker into a volumetric flask, rinse the beaker into a 1 000 ml volumetric flask with distilled water, and dilute the solution in the flask to 1 litre. This solution is fairly stable if kept in a cool, dark place in a well-stoppered, brown bottle.

c) *Sodium Tetrathionate Solution*

Prepare a  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution of approximately the same strength as the standard iodine solution by placing about 0.24 g of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in a 1 000 ml volumetric flask, and dilute to 1 litre. Since this solution gradually loses its strength, standardize it against the standard iodine solution on the day tests are run. The method for calculating the strength of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution is described in Section 46 a).

d) *Potassium Iodine Solution*

Dissolve about 20 g of pure KI in 2 litres of water.

e) *Acetic Acid (10%)*

#### 44 Captage du prélèvement

Verser 100 ml de solution de KI à 1 % rendue légèrement acide par quelques gouttes d'acide acétique, dans le flacon utilisé pour le prélèvement et relier ce dernier d'un côté au robinet de contrôle de l'arrivée de gaz et de l'autre au tube présentant un rétrécissement de diamètre à ses extrémités et destiné à capter une quantité déterminée de gaz (ainsi qu'il est indiqué à la Figure 2: Appareil servant à déterminer la résistance de l'ozone).

Ouvrir alors le robinet à deux voies dans la position qui établit la communication entre le tube destiné à capter le gaz et l'air extérieur, et remplir ce tube d'eau jusqu'au trait en élevant le récipient qui, dans l'appareil décrit, sert à aspirer le gaz. En mettant ensuite le robinet à deux voies dans la position convenable, fermer la communication entre le tube et l'air et établir la communication entre le tube et le flacon utilisé pour le prélèvement, puis ouvrir le robinet qui contrôle l'arrivée du gaz provenant de l'enceinte d'essai dans le flacon.

Abaisser le récipient qui sert à aspirer le gaz jusqu'à ce que le tube destiné à capter le gaz soit vide d'eau. De cette façon on a fait barboter 500 ml de gaz à travers la solution de KI.

Fermer alors les robinets et retirer le flacon pour procéder au titrage.

#### 45 Analyse du prélèvement

Ajouter à la solution dans le flacon quelques gouttes de solution d'amidon fraîchement préparée, qui servira d'indicateur, puis titrer à l'aide de la solution étalon de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

#### 46 Calculs

##### a) Solution d'hyposulfite de soude

Calculer comme suit le titre de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :

$$E = \frac{F \times C}{S}$$

où:

E = équivalence en iode de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  exprimée en milligrammes d'iodine par millilitre de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,

F = nombre de millilitres de la solution d'iodine,

C = concentration d'iodine en milligrammes par millilitre, et

S = nombre de millilitres de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisé pour titrer la solution.

##### b) Ozone

Etant donné que 1 mg d'iodine équivaut à 0,1 ml d'ozone à la température et à la pression prévalant dans l'enceinte (dans les limites de précision de la présente méthode à la température et à la pression moyennes du local), on peut déterminer l'ozone comme suit:

$$O = E \times 0,1$$

où:

O = nombre de millilitres d'ozone à la température et à la pression du local équivalent à 1 ml de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisée, et

E = équivalent en iode de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  exprimé en milligrammes d'iodine par millilitre de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

$$\text{d'où: Pourcentage d'ozone: } \frac{S \times O}{M} \times 100$$

où:

S = nombre de millilitres de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisé pour titrer la solution,

O = nombre de millilitres d'ozone à la température et à la pression du local équivalent à 1 ml de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisée, et

M = nombre de millilitres de l'échantillon recueilli.

#### 44 Collection of sample

Place a 100 ml portion of KI solution (1%), slightly acidulated by a few drops of acetic acid, in the sampling bottle and connect the latter to the sampling cock and gas burette (as shown in Figure 2: Apparatus for Ozone Resistance Test).

Then open the two-way stopcock on the burette to the air and fill the burette to the mark with water by lifting the aspirator bottle. Close the stopcock to the air and open it to the sampling bottle, and then open the sampling cock on the test chamber.

Lower the aspirator bottle until the burette is emptied. When this point is reached, 500 ml of gas will have bubbled through the KI solution.

Then close the stopcocks and withdraw the bottle for titration.

#### 45 Analysis of sample

Add to the solution in the bottle a few drops of freshly prepared starch solution as an indicator, and then titrate with the standardized  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution.

#### 46 Calculations

##### a) Sodium Thiosulphate Solution

Calculate the strength of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution as follows:

$$E = \frac{F \times C}{S}$$

where:

E = iodine equivalence of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  expressed as milligrams of iodine per millilitre of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  
 F = number of millilitres of the iodine solution,  
 C = concentration of iodine in milligrams per millilitre, and  
 S = number of millilitres of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  used to titrate the solution.

##### b) Ozone

Since 1 mg of iodine is equivalent to 0.1 ml of ozone at room temperature and pressure (within the accuracy of this method of analysis at average room temperature and pressure), the ozone may be calculated as follows:

$$O = E \times 0.1$$

where:

O = number of millilitres of ozone at room temperature and pressure equivalent to 1 ml of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution used, and  
 E = iodine equivalent of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  expressed as milligrams of iodine per millilitre of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,

$$\text{then: Percentage of ozone} = \frac{S \times O}{M} \times 100$$

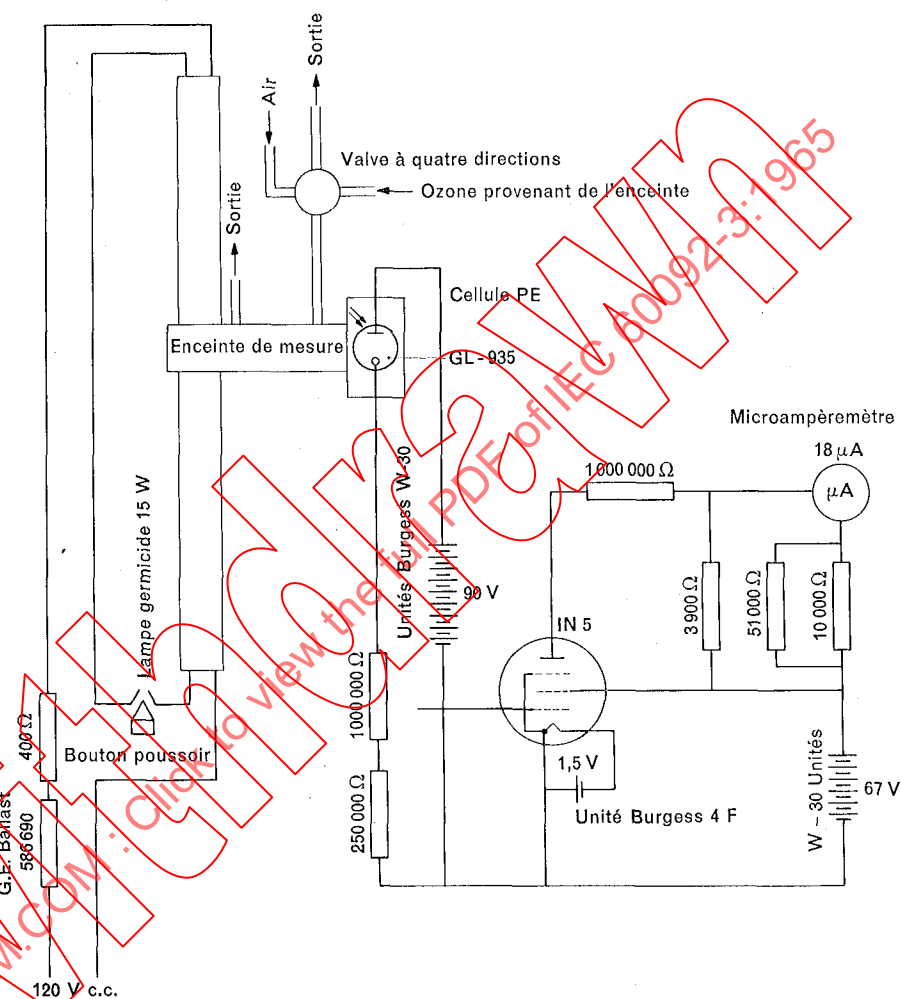
where:

S = number of millilitres of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  used to titrate the solution,  
 O = number of millilitres of ozone at room temperature and pressure equivalent to 1 ml of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution used, and  
 M = number of millilitres of the sample collected.

## MESURE DIRECTE A L'AIDE D'UN OZONEMÈTRE

## 47 Procédure

Cette méthode est basée sur l'absorption de la radiation 2537 Å par l'ozone. L'équipement se compose d'une source de radiation 2537 Å et d'une cellule photo-électrique situées aux côtés opposés d'une cellule de mesure dans laquelle on fait passer l'atmosphère d'ozone à mesurer. La quantité de radiation 2537 Å disponible pour activer la cellule photo-électrique dépend de la concentration de l'ozone dans la chambre de mesure.



Note. — Les valeurs de la résistance dans le microampèremètre en parallèle varieront avec l'instrument utilisé et avec le degré de concentration désirée.

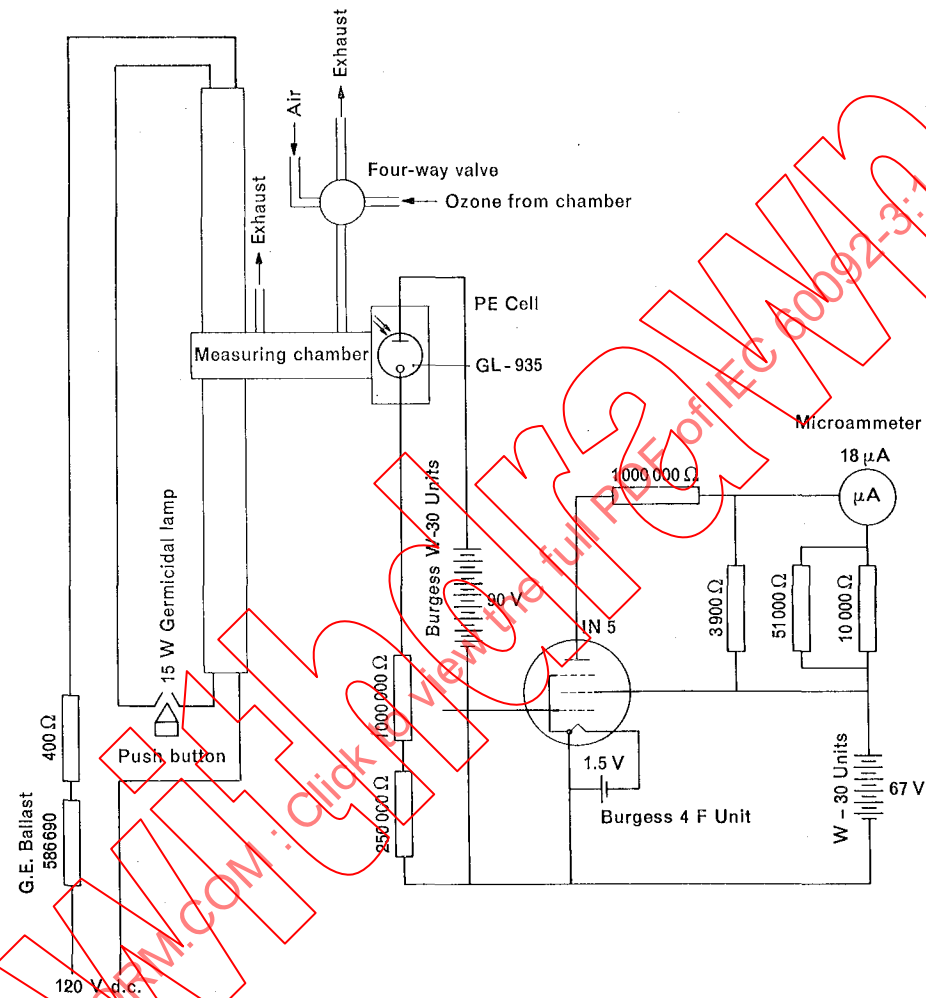
## Ozonemètre électronique

Le courant produit dans la cellule photo-électrique est amplifié de façon suffisante pour pouvoir être lu directement sur un microampèremètre sensible. La figure ci-dessus montre une disposition schématique suggérée de cet appareil. Le microampèremètre peut être gradué de façon à pouvoir effectuer directement la lecture en pourcentage d'ozone. L'étalonnage de cet appareil doit s'effectuer par comparaison avec les résultats obtenus au moyen de la méthode chimique (Sections 43 à 45). L'avantage de cette méthode est qu'après l'étalonnage, on peut lire continuellement la concentration d'ozone sur le microampèremètre sans faire de prélèvement de l'enceinte d'essai et, par conséquent, sans porter atteinte à l'équilibre.

## DIRECT MEASUREMENT WITH AN OZONOMETER

### 47 Procedure

This method is based on the absorption of 2537 Å radiation by ozone. The equipment is composed of a source of 2537 Å radiation and a photoelectric cell located on the opposite sides of a measuring cell through which the ozone atmosphere to be measured is passed. The amount of 2537 Å radiation that is available for activating the photoelectric cell is dependent on the concentration of ozone in the measuring chamber.



Note. — Resistor values in microammeter shunt will vary with the meter used and with the concentration scale desired.

### Electronic Ozonometer

The current generated in the photoelectric cell is amplified sufficiently to be read directly on a sensitive microammeter. The above figure shows a suggested schematic arrangement of this apparatus. The microammeter can be marked to read directly in percentage ozone. The calibration of this instrument should be made by comparison with results obtained with the chemical method (Sections 43 to 45). The advantage in using this method is that after a calibration is obtained the ozone concentration is continuously readable on the microammeter without drawing a sample from the test chamber and thus upsetting equilibrium.

## ANNEXE D

### ESSAIS DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES ET DE CONTAMINATION DES ISOLATIONS ÉLASTOMÈRES OU THERMOPLASTIQUES (CAOUTCHOUC ET POLYCHLORURE DE VINYLE)

#### D. 1 Généralités

- a) Les essais décrits dans la présente annexe consistent à déterminer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture de l'isolant prélevé sur des échantillons de câble :

- i) à l'état de livraison (c'est-à-dire sans vieillissement);
- ii) après vieillissement accéléré;
- iii) après un autre vieillissement différent de ii), si nécessaire,

et à comparer les résultats obtenus, qui doivent être conformes aux prescriptions du tableau V, points A, B, C et D.

Ils comportent également des essais ayant pour but de déterminer l'existence d'une contamination lorsque des isolants en caoutchouc et en polychlorure de vinyle sont en contact à l'intérieur du câble.

*Note.* — Toute la série des essais décrits dans la présente annexe doit être considérée comme effectuée sur *un seul* échantillon. Par ailleurs, il ne rentre pas dans le domaine de l'annexe de spécifier le nombre d'échantillons à essayer en fonction des types, des dimensions et de la quantité des câbles qui peuvent être fabriqués aux termes d'un ou plusieurs marchés (voir la définition «des essais de type» à l'article 10.33).

- b) On doit utiliser pour les essais trois morceaux de câble terminé, chacun d'eux étant prélevé à au moins 1 mètre des autres.

Chaque morceau de câble est coupé en six petits morceaux dont deux sont utilisés pour chacun des essais i), ii) et iii) de sorte qu'on dispose pour chacun des essais i), ii) et iii) de six morceaux de conducteur isolé\*).

Si des essais supplémentaires sont spécifiés dans un cas particulier (voir par exemple paragraphe D. 7 b), article E. 5 et paragraphe D. 5 c)), on prépare de petits morceaux supplémentaires à partir des trois morceaux prélevés comme indiqué.

- c) Les dérogations suivantes peuvent être admises, mais en cas de contestation seules les dispositions du paragraphe D. 1 b) doivent être considérées comme applicables :

- c 1) On peut utiliser deux morceaux de câble terminé (au lieu de trois) et les couper chacun en six petits morceaux de sorte qu'on ne dispose que de quatre (au lieu de six) petits morceaux pour chacun des essais i), ii) et iii).
- c 2) Lorsque, comme il est spécifié au paragraphe D. 2 a), on utilise des éprouvettes en forme d'haltères pour l'essai, on peut soumettre à chacun des essais i), ii) et iii) trois petits morceaux au lieu de six.

\*) Dans le cas de câbles multiconducteurs, on essaie deux conducteurs de couleur différente comme s'ils étaient deux conducteurs à une seule âme différents (ce chiffre de deux reste valable quel que soit le nombre de conducteurs du câble).

## APPENDIX D

### TEST OF THE MECHANICAL AND CONTAMINATION CHARACTERISTICS OF RUBBERLIKE INSULATIONS (RUBBER AND P.V.C. COMPOUNDS)

#### D. 1 General

- a) The tests described in this Appendix consist in determining the tensile strength and the elongation at rupture of the insulating material taken from pieces of cable:

- i) as received (i. e. without any ageing treatment);
- ii) after an accelerated ageing treatment;
- iii) after another ageing treatment, different from ii), if required,

and comparing the obtained results, which should comply with the requirements specified in Table V, Items A, B, C and D.

Tests are also included for determining contamination when rubber and p.v.c. compounds are in contact within the cable.

*Note.* — All the set of tests described in this Appendix should be considered as being made on *one* sample. It is, on the other hand, outside the scope of the Appendix to specify how many samples should be tested in relation to the types and sizes and quantities of cables which may be manufactured under one or more contracts (see definition of "type tests" in Clause 10.33).

- b) Three pieces of finished cable should be used for the tests, each piece being taken at least 1 metre away from the others.

Each cable piece should be cut into six small pieces, two of which should be used for each of the tests i), ii) and iii), so that six small pieces of insulated core\*) are provided for each tests i), ii) and iii).

If additional tests are specified in special cases (see for instance Sub-clause D. 7 b), Clause E. 5 and Sub-clause D. 5 c)), additional small pieces should be prepared from the three pieces taken as above.

- c) The following deviations may be permitted, but in case of dispute Sub-clause D. 1 b) only should be considered valid:

c 1) Two pieces of finished cable (instead of three) may be used and cut each into six small pieces, so that four (instead of six) small pieces are provided for each test i), ii) and iii).

c 2) When, as specified under Sub-clause D. 2 a), dumb-bell strips are used for the test, three instead of six small pieces may be retained for each test i), ii) and iii).

---

\*) In case of multicore cables, two differently coloured cores should be tested as if they were two different single-core cables (two whatever be the number of cores in the cable).

## D. 2 Préparation des éprouvettes

- a) On utilise deux types d'éprouvettes pour les essais de traction: le premier a la forme d'un tube et comprend toute l'enveloppe sans découpage longitudinal, le second a la forme d'un haltère et les dimensions indiquées sur la figure 2, il est découpé dans un morceau d'enveloppe préalablement aplati par meulage, en veillant à ne pas chauffer l'isolant de façon anormale.

Les éprouvettes du premier type sont utilisées dans tous les cas où la section des âmes ne dépasse pas  $25 \text{ mm}^2$  ( $0,04 \text{ in}^2$ ) et où la charge de rupture du tube prévue ne dépasse pas 65 kgf (145 lbf), les éprouvettes du deuxième type sont utilisées lorsque la section d'âme dépasse  $25 \text{ mm}^2$  ( $0,04 \text{ in}^2$ ) ou que la charge de rupture de toute l'enveloppe dépasse 65 kgf (145 lbf) (cette valeur étant considérée comme la puissance normale de la machine de traction).

- b) Pour préparer les éprouvettes, on prélève les morceaux de conducteur isolé comme indiqué à l'article D. 1 et on met à nu la surface extérieure de l'enveloppe en retirant avec soin les revêtements, rubans, etc. éventuels.

On retire également l'âme (sauf dans le cas spécifié à la fin du paragraphe D. 3 b)) en veillant à ne pas endommager l'enveloppe.

Les tubes d'isolant, ainsi préparés en longueurs d'au moins 100 mm (4 in), sont prêts à être utilisés comme éprouvettes du premier type.

- c) Les éprouvettes du deuxième type se préparent, si nécessaire, en découpant longitudinalement les tubes décrits en b) et en meulant les bandes ainsi obtenues de façon à obtenir deux surfaces planes parallèles. Les éprouvettes en forme d'halteres correspondant à la figure 2 s'obtiennent alors par découpage à l'emporte-pièce dans le sens de l'axe du conducteur.

## D. 3 Vieillissement

- a) Les éprouvettes destinées aux essais ii) et iii) mentionnés au paragraphe D. 1 a) sont soumises aux méthodes de vieillissement accéléré décrites à l'annexe E et dans les conditions spécifiées au tableau V, points B, C et D.

Le vieillissement est effectué sur les éprouvettes préparées conformément à l'article D. 2, sauf dans le cas mentionné au paragraphe D. 3 b).

Après achèvement du traitement de vieillissement, les éprouvettes sont laissées pendant au moins 16 heures, et dans le cas du polychlorure de vinyle, pendant au plus 24 heures, à la température ambiante à l'abri de la lumière.

- b) Dans le cas de conducteurs isolés au caoutchouc à partir desquels on prépare les échantillons du premier type pour les essais ii) et iii), on a le choix entre deux méthodes: ou bien la méthode générale décrite ci-dessus, ou bien celle consistant à effectuer le traitement de vieillissement avant de retirer l'âme de cuivre de l'enveloppe.

La première méthode s'applique dans le cas où l'essai chimique spécifié à l'annexe H a permis de vérifier la bonne qualité de l'étamage des fils de cuivre. Si cet essai n'est pas effectué (voir article 10.02), l'âme de cuivre doit être retirée de l'enveloppe après la fin des essais de vieillissement.

## D. 2 Preparation of the test specimens

- a) Two types of test specimens should be considered for the tensile tests; the first, having the form of a tube, consists of a piece of the whole insulating wall without longitudinal cutting; the second consists of a dumb-bell strip having the dimensions represented in Figure 2 and is punched from a piece of the insulating wall which has previously been flattened by grinding, care being taken that the insulating material is not unduly heated.

Test specimens of the first type should be used whenever the cross section of the conductors does not exceed  $25 \text{ mm}^2$  ( $0.04 \text{ in}^2$ ) and the expected breaking strength of the tube does not exceed 65 kgf (145 lbf); specimens of the second type should be used when the conductor section exceeds  $25 \text{ mm}^2$  ( $0.04 \text{ in}^2$ ) or the breaking strength of the whole insulating wall exceeds 65 kgf (145 lbf) (this value being considered the standard capacity of the drawing machine).

- b) In order to prepare the test specimens, the pieces of insulated core, having been taken as described in Clause D. 1, shall have the outer surface of the insulating wall made bare by carefully removing the coverings, tape, etc., if any.

The conductor should also be removed (except in the case specified at the end of Sub-clause D. 3 b)), taking care not to damage the insulation.

The insulating tubes, so prepared in lengths of at least 100 mm (4 in), are ready to be used as test specimens of the first type.

- c) Specimens of the second type are prepared, when necessary, by cutting longitudinally the tubes described under b) and grinding strips so obtained in order to obtain two flat and parallel surfaces. The dumb-bell specimens corresponding to Figure 2 are then punched in the direction of the conductor's axis.

## D. 3 Ageing treatments

- a) The specimens destined to the tests *ii*) and *iii*) mentioned in Sub-clause D. 1 a) should be subjected to the accelerated ageing procedures described in Appendix E and with the conditions specified in Table V, Items B, C and D.

The ageing treatment shall be carried out on the test specimens prepared as specified in Clause D. 2, excepting the case mentioned in Sub-clause D. 3 b).

After completion of the ageing process, the aged specimens should be left for at least 16 hours, and in case of p.v.c. not more than 24 hours, at ambient temperature and not exposed to light.

- b) In the case of rubber insulated cores from which the specimens of the first type have to be prepared for the tests *ii*) and *iii*), two procedures may be chosen: either the general one as described above, or by carrying out the ageing treatment before removing the copper conductor from the insulating wall.

The first procedure is to be applied if the good tinning of the copper wires is checked by the chemical test specified in Appendix H. If, instead, this test is omitted (see Clause 10.02) the copper conductor should be removed from the insulation after completion of the ageing tests.

#### D. 4 Détermination de la section des éprouvettes

- a) Dans le cas d'éprouvettes du premier type, on peut utiliser l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes:

a 1) La section  $Q$  (en  $\text{mm}^2$ ) du tube se calcule par la formule:

$$Q = \pi (d + t) t$$

où  $t$  (en mm) est la valeur moyenne de l'épaisseur d'enveloppe obtenue par six mesures effectuées conformément à l'annexe A (la tranche à placer sous le microscope de mesure étant prélevée sur une extrémité de l'éprouvette en cause),

et  $d$  (en mm) est le diamètre intérieur du tube isolant (c'est-à-dire le diamètre intérieur de la tranche placée sous le microscope) en ne tenant pas compte des nervures éventuelles.

a 2) La section  $Q$  (en  $\text{mm}^2$ ) du tube se calcule par la formule:

$$Q = 1\,000 W/w \cdot l$$

où  $W$  (en g) est le poids de l'éprouvette,

$w$  (en  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) est la densité de l'isolant,

$l$  (en mm) est la longueur de l'éprouvette.

$W$  et  $l$  se mesurent directement sur l'éprouvette;

$w$  se détermine sur un échantillon de l'isolant par une méthode reconnue valable.

- b) Dans le cas des éprouvettes du deuxième type (figure 2), la section se calcule à partir de la largeur et de l'épaisseur de la partie centrale de l'éprouvette en cause (entre les repères), chacune de ces dimensions étant la moyenne de trois mesures faites à l'aide d'un micromètre ou d'un instrument équivalent dont la pression de contact ne dépasse pas  $700 \text{ gf}/\text{cm}^2$  ( $10 \text{ lbf}/\text{in}^2$ ).
- c) Dans tous les cas, lorsque les éprouvettes sont soumises à un essai de vieillissement, la section doit être calculée après la fin de l'opération de vieillissement et de la reprise consécutive (voir paragraphe D. 3 a).

#### D. 5 Mode opératoire

- a) Les essais de traction sont effectués à une température ambiante de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , après conditionnement des éprouvettes vieilles et non vieilles pendant au moins 10 heures à une température de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  dans le cas du caoutchouc et de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  dans le cas du polychlorure de vinyle.

Dans le dernier cas, l'essai doit être terminé dans les 5 minutes qui suivent la sortie de l'éprouvette de l'enceinte de conditionnement.

La période de conditionnement peut être (dans le cas du polychlorure de vinyle, elle doit l'être) comprise dans la période de reprise mentionnée aux paragraphes D. 3 a) et D. 4 c).

On admet que la température de conditionnement et d'essai soit légèrement différente de  $20^\circ\text{C}$  ( $23^\circ\text{C}$  par exemple) et que les tolérances soient légèrement différentes, mais en cas de contestation, ce sont les valeurs spécifiées au premier alinéa de cet article qui doivent s'appliquer.

- b) On utilise une machine dynamométrique appropriée, munie de mâchoires à serrage automatique. On peut toutefois utiliser des mâchoires à serrage non automatique pour les éprouvettes du premier type et il n'est pas tenu compte des éprouvettes dont la rupture se produit sur les mâchoires ou à proximité.

#### D. 4 Determination of the area of the specimens

- a) For specimens of the first type either one or the other of the following methods may be used:

- a 1) The cross-sectional area  $Q$  (in  $\text{mm}^2$ ) of the tube is calculated by the formula:

$$Q = \pi (d + t) t$$

where  $t$  (in mm) is the mean value of the insulation thickness from six measurements made in accordance with Appendix A (the slice to be put under the measuring microscope being cut from an end of the specimen concerned),

and  $d$  (in mm) is the internal diameter of the insulating tube (i.e. the internal diameter of the slice put under the microscope), excluding the ridges, if any.

- a 2) The cross-sectional area  $Q$  (in  $\text{mm}^2$ ) of the tube is calculated by the following formula:

$$Q = 1000 W/w \cdot l$$

where  $W$  (in g) is the weight of the specimen,

$w$  (in  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) is the density of the compound,

$l$  (in mm) is the length of the specimen.

$W$  and  $l$  should be measured directly on each specimen:

$w$  should be determined on a piece of compound using an accepted method.

- b) For specimens of the second type (Figure 2), the cross-sectional area is calculated from the width and the thickness of the middle portion of the specimen concerned (between the gauge lines), each being the mean of three measurements made by a micrometer or similar instrument producing a contact pressure not exceeding  $700 \text{ gf}/\text{cm}^2$  ( $10 \text{ lbf}/\text{in}^2$ ).
- c) In any case, for the specimens which are subjected to an ageing test, the determination of the area should be calculated after the completion of the ageing and storing period (see Sub-clause D. 3 a)).

#### D. 5 Mechanical testing procedure

- a) The tensile tests should be carried out at an ambient temperature of  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , after having conditioned the aged and unaged specimens for at least 10 hours at a temperature of  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  in case of rubber and of  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  in case of p.v.c. compounds.

In the latter case the test should be completed within 5 minutes after each specimen has been taken out of the conditioning room.

The conditioning period may be (and in case of p.v.c. should be) included in the storing period mentioned under Sub-clauses D. 3 a) and D. 4 c).

A conditioning and testing temperature slightly different from  $20^\circ\text{C}$  (for instance  $23^\circ\text{C}$ ), and with slightly different tolerances, may be permitted, but in case of dispute the values specified in the first paragraph of this Sub-clause should be complied with.

- b) A suitable dynamometric machine should be used, having grips of the self-tightening type. Non self-tightening grips may, however, be used when testing specimens of the first type. Any specimen breaking at or near the grips should be ignored.

Chaque éprouvette (dont une longueur d'environ 20 mm (0,79 in) est repérée par deux traits) est fixée dans la machine de telle sorte que la longueur libre entre les mâchoires soit d'environ 75 mm (3 in) dans le cas des tubes et de 50 mm (2 in) dans le cas des autres éprouvettes.

Les valeurs ci-dessus ne sont données qu'à titre indicatif; dans tous les cas, la vitesse d'écartement des mâchoires doit être telle que l'allongement de l'éprouvette entre les repères soit de 500% par minute.

- c) Lorsque la détermination de l'élongation permanente est imposée (voir tableaux V et VII), on applique l'une des méthodes suivantes:

*Première méthode*

On tend l'éprouvette jusqu'à ce que la distance entre les repères soit trois fois sa valeur initiale (allongement de 200%); on la maintient ainsi tendue pendant 5 secondes, puis on la libère brusquement; 1 minute après l'avoir libérée, on mesure la distance entre les repères.

*Deuxième méthode*

Allongement de 150% pendant 4 heures; mesure 2 heures après libération.

**D. 6 Interprétation des résultats d'essais**

- a) La médiane des valeurs de résistance à la traction obtenues sur les éprouvettes sans vieillissement doit être conforme aux spécifications du point A. 1 du tableau V pour le type d'isolant indiqué pour le câble. (La médiane s'obtient en négligeant les résultats d'essais donnant la plus élevée et la plus faible des valeurs et en prenant la moyenne des autres résultats.)
- b) La médiane, définie de la même façon, des valeurs de résistance à la traction obtenues sur les éprouvettes vieilles à l'étuve à air doit être conforme aux spécifications données au paragraphe B. 1 a) du même tableau, ainsi qu'au paragraphe B. 1 b). En calculant les pourcentages mentionnés, on divise la médiane des valeurs après vieillissement par la médiane des valeurs avant vieillissement et on multiplie le résultat par 100.
- c) On suit la même méthode pour évaluer les autres caractéristiques mécaniques avant et après vieillissement.

**D. 7 Essai complémentaire des isolants en cas de contact entre caoutchouc et polychlorure de vinyle à l'intérieur du câble (essai de contamination)**

- a) Conformément au paragraphe D. 1 b), on prépare trois morceaux de câble dont on a enlevé les revêtements extérieurs éventuels, mais dont on a laissé la gaine en place. Sur accord, on peut utiliser deux morceaux au lieu des trois spécifiés au paragraphe D. 1 c).

On les chauffe à l'étuve (voir annexe E) pendant 168 heures à une température supérieure de 20°C à la température nominale de service de l'isolant (voir en tête du tableau V).

- b) 16 heures au moins après la fin du traitement de vieillissement, on prépare six éprouvettes d'enveloppe isolante comme indiquée à l'article D. 2, puis on procède aux mesures et aux essais décrits aux articles D. 4 et D. 5. On peut utiliser quatre (ou trois) échantillons au lieu de six, sur accord conformément aux paragraphes D. 1 c 1) ou D. 1 c 2).

Each specimen (on which a gauge length of approximately 20 mm (0.79 in) is marked by two lines) should be secured in the machine so that the free length between the grips is about 75 mm (3 in) in case of tubes and 50 mm (2 in) in case of dumb-bell strips.

The above figures are given only as an indication; in any case the rate of separation of the grips should be such that the rate of elongation of the specimen between the line marks is 500% per minute.

- c) When the determination of the permanent elongation is required (see Tables V and VII), one of the following procedures should be applied:

*First procedure*

The specimen is stretched until the distance between the gauge lines becomes three times its initial value (200% elongation); it is maintained so stretched for 5 seconds, then abruptly released; 1 minute after the release the distance between the gauge lines is measured.

*Second procedure*

Elongation 150% for 4 hours; measurement 2 hours after the release.

**D. 6 Evaluation of the tests results**

- a) The median of the tensile strength values obtained on the unaged specimens should comply with the requirements specified under Item A. 1 of Table V for the type of compound with which the cable has been declared to be insulated. (The median is obtained by disregarding the highest and the lowest test results and taking the mean of the remaining results.)
- b) Similarly, the median of the tensile strength values obtained on the specimens aged in the air oven should comply with the requirements specified under Item B. 1 a) of the same table, and also under Item B. 1 b). In calculating the percentages mentioned under these items, the median of the values obtained after ageing is to be divided by the median of the values obtained without ageing and the result is to be multiplied by 100.
- c) A similar procedure should be followed for the evaluation of the other mechanical characteristics before and after ageing.

**D. 7 Additional test on the insulating materials when rubber and p.v.c. compounds are in contact within the cable (contamination test)**

- a) With reference to Sub-clause D. 1 b), three pieces of cable should be prepared, having the external coverings (if any) removed but the sheath left in place. Subject to agreement, two instead of three pieces may be used as specified in Sub-clause D. 1 c).

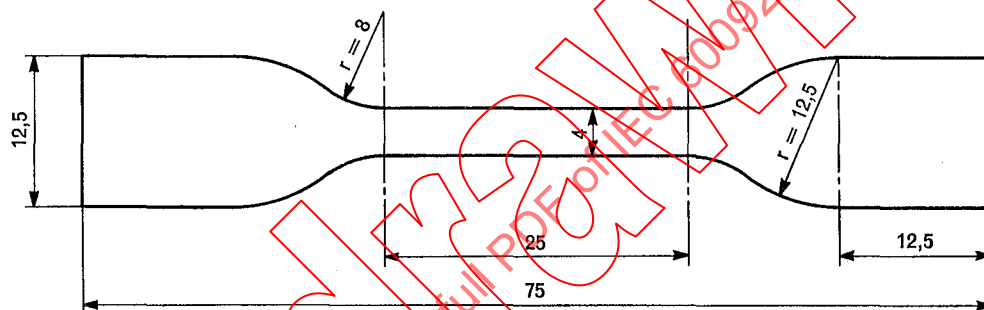
They should be heated in air oven (see Appendix E) for 168 hours at a temperature 20°C higher than the rated operating temperature of the insulating compound (see on top of Table V).

- b) At least 16 hours after completion of the ageing process, six specimens of the insulating wall should be prepared as described in Clause D. 2, then measured and tested as described in Clauses D. 4 and D. 5. Four (or three) specimens, instead of six, may be used if paragraph D. 1 c 1) or D. 1 c 2) is agreed.

- c) Dans le cas des isolants pour lesquels le point B du tableau V indique des modalités d'essais, on applique les mêmes prescriptions que lorsque l'essai est effectué conformément à a) et b) ci-dessus.

Dans le cas des isolants pour lesquels le point B du tableau V n'indique pas de modalités d'essais, on applique les prescriptions ci-dessous:

La moyenne des valeurs de résistance à la traction obtenue sur ces éprouvettes ne doit pas être inférieure à 65 % de la moyenne obtenue avant vieillissement. De même, la moyenne de l'allongement à la rupture ne doit pas être inférieure à 65 % de la moyenne obtenue avant vieillissement.



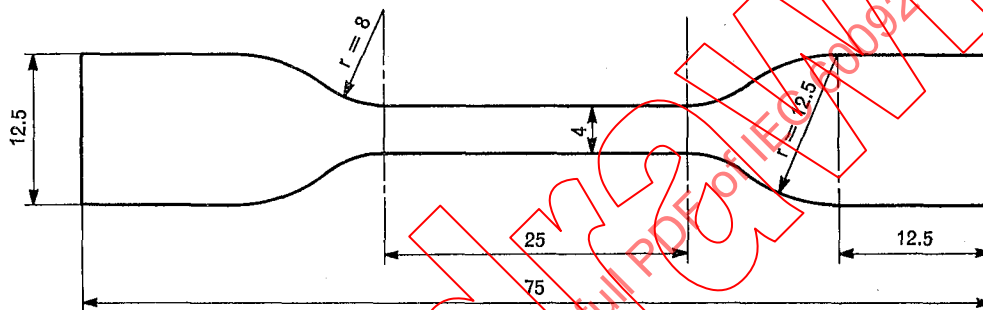
Dimensions en millimètres

FIG. 2

- c) In the case of insulating compounds for which test requirements are given under Item B of Table V, the same test requirements should be complied with when the test is carried out as described under a) and b) above.

In the case of insulating compounds for which test requirements are not given under Item B of Table V, the following requirements should apply:

The mean of the tensile strength values obtained on these specimens should not be lower than 65 % of the mean value obtained on the unaged specimens. Similarly, the mean value of the elongation at rupture should not be lower than 65 % of the mean value found on the unaged specimens.



Dimensions in millimetres

FIG. 2

## ANNEXE E

### ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

#### E. 1 Généralités

A l'exception de celui qui fait l'objet de l'article E. 5, les essais décrits dans l'annexe E doivent être associés aux essais mécaniques de telle sorte que la présente annexe s'applique conjointement avec les annexes D, F et G.

#### E. 2 Vieillissement à l'étuve à air

Les éprouvettes sont librement suspendues sans être en contact entre elles dans l'étuve dont l'air est renouvelé par ventilation naturelle de sorte que l'atmosphère à l'intérieur de l'enceinte a pratiquement la même composition et la même pression que l'air ambiant ordinaire.

La température et la durée du conditionnement thermique sont spécifiées aux tableaux V et VII pour chacune des matières considérées. Le chauffage doit être effectué de façon continue et les variations de température ne doivent pas dépasser  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . En cas de doute, on doit observer une tolérance de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

#### E. 3 Vieillissement dans la bombe à oxygène

Les éprouvettes sont librement suspendues sans être en contact entre elles dans une cuve thermostatique remplie d'oxygène sous pression.

Si plusieurs groupes d'éprouvettes sont placés dans la bombe, ils doivent être de même qualité et de même origine, de façon qu'aucun des groupes ne soit affecté par les émanations d'un autre groupe au cours du chauffage. Le volume total occupé par les éprouvettes ne doit pas dépasser  $1/10$  de la capacité réelle de la bombe.

L'oxygène doit avoir une pureté d'au moins 97 % et sa pression à l'intérieur de la bombe doit être maintenue à  $21 \pm 0,7 \text{ kgf/cm}^2$  ( $300 \pm 10 \text{ lbf/in}^2$ ) pendant toute la durée du vieillissement.

La durée et la température du traitement thermique sont spécifiées aux tableaux V et VII pour chacune des matières considérées. Le chauffage doit être effectué de façon continue et la variation de température ne doit pas dépasser  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Après la fin du vieillissement, la pression doit être réduite progressivement pour atteindre la pression atmosphérique en au moins 5 minutes, de façon à éviter la formation de porosité dans les éprouvettes.

#### E. 4 Vieillissement dans la bombe à air

Les indications de l'article E. 3 sont valables avec cette différence que la bombe est remplie d'air et maintenue à une pression de  $5,6 \pm 0,20 \text{ kgf/cm}^2$  ( $80 \pm 3 \text{ lbf/in}^2$ ).

La température à l'intérieur de la bombe doit atteindre la température spécifiée pour l'essai dans les 15 minutes qui suivent l'introduction des éprouvettes. L'air doit être pratiquement exempt d'huile et d'humidité.

## APPENDIX E

### ACCELERATED AGEING TESTS

#### E. 1 General

Except the one in Clause E. 5, the tests described in Appendix E should be associated with mechanical tests — such as tensile tests and cold bending test — so that this Appendix should be read in conjunction with Appendices D, F and G.

#### E. 2 Ageing in air oven

The specimens should be suspended freely and not in contact with each other in a heating cabinet, in which the air is renewed by natural draught, so that the atmosphere existing in the enclosure has practically the same composition and pressure as the ordinary ambient air.

The temperature and the duration of the heat conditioning are specified in Tables V and VII for each material considered. The heating should be continuous and the temperature variation should not exceed  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . In case of doubt, a tolerance not larger than  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  should be assured.

#### E. 3 Ageing in oxygen bomb

The specimens should be suspended freely and not in contact with each other in a thermostatic tank, which is then filled with oxygen under pressure.

If several groups of specimens are placed in the bomb, they should be of the same quality and origin, so that one group is not influenced by emanations from another group during the heating. The total volume occupied by the specimens should be not more than one tenth of the effective capacity of the bomb.

The oxygen should have a pureness of not less than 97% and its pressure in the bomb shall be maintained at  $21 \pm 0.7 \text{ kgf/cm}^2$  ( $300 \pm 10 \text{ lbf/in}^2$ ) during all the ageing period.

The duration and the temperature of the heat treatment are specified in Tables V and VII for each material considered. The heating should be continuous and the temperature variation should not exceed  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

After the completion of the ageing period, the pressure should be released gradually, reaching the atmospheric pressure in at least 5 minutes, in order to avoid formation of porosity in the specimens.

#### E. 4 Ageing in air bomb

What is indicated in Clause E.3 should here be repeated, with the difference, however, that the bomb is filled with air and maintained at a pressure of  $5.6 \pm 0.20 \text{ kgf/cm}^2$  ( $80 \pm 3 \text{ lbf/in}^2$ ).

The temperature inside the bomb should reach the test temperature within 15 minutes after inserting the test specimens. The air should be substantially free from oil and moisture.

### E. 5 Essai complémentaire de vieillissement pour les isolants en polychlorure de vinyle

- a) Cet essai complémentaire s'applique uniquement aux câbles à isolation et/ou gaine en polychlorure de vinyle, il consiste à déterminer la perte de poids entraînée sur des isolants en polychlorure de vinyle par un courant d'air chaud pendant une certaine durée.

Notes 1.) — Cet essai est considéré comme un essai obligatoire, mais pour l'instant, la méthode et les modalités d'essai n'ont qu'un caractère expérimental de sorte qu'on peut tolérer un défaut de conformité aux valeurs provisoires indiquées aux tableaux V et VII.

2.) — Toute la série des essais décrits dans le présent article doit être considérée comme effectuée sur *un seul* échantillon comme l'indique la note du paragraphe D. 1 a).

- b) Pour l'essai des enveloppes, les éprouvettes doivent consister en morceaux de câble isolé dont on a enlevé tous les revêtements, mais dont on a laissé en place l'âme conductrice. Pour l'essai des gaines, les éprouvettes doivent consister en morceaux de gaine dont on a enlevé tous les revêtements (s'il en existe), tous les conducteurs isolés et bourrages (s'il en existe). Dans ce dernier cas, les deux extrémités de chaque éprouvette doivent être obturées de façon étanche de telle sorte qu'il ne reste que la surface extérieure exposée à l'air, sur une longueur de 150 mm (6 in).

Le nombre d'éprouvettes à utiliser pour chaque essai est fixé comme suit:

|                                         |                    |   |      |      |      |
|-----------------------------------------|--------------------|---|------|------|------|
| Diamètre extérieur des éprouvettes (mm) | { de — 5 12,7 25,4 | 5 | 12,7 | 25,4 | 25,4 |
|                                         | { à 5 12,7 25,4    | 5 | 12,7 | 25,4 | 25,4 |
| Nombre d'éprouvettes pour chaque essai  |                    | 6 | 4    | 2    | 1    |

Deux essais doivent être effectués pour chaque produit et les deux résultats doivent être conformes au paragraphe E. 5 d).

- c) Les éprouvettes sont pesées, puis suspendues dans un tube d'environ 100 mm (4 in) de diamètre et d'environ 300 mm (12 in) de longueur. Chacune d'entre elles doit être à au moins 19 mm (0,75 in) de toute autre éprouvette et des parois du tube. On ne doit pas placer en même temps dans le tube d'autres échantillons d'un produit différent.

On introduit le tube verticalement dans une étuve appropriée munie d'un réglage automatique qui maintient les éprouvettes à la température d'essai spécifiée (voir tableaux V et VII) avec une tolérance de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

L'air, préalablement porté à la même température, est admis dans le tube au débit de 3,8 l/minute (8 ft<sup>3</sup> par heure) par le bas et évacué par le haut du tube. On maintient la turbulence de l'air dans le tube à l'aide d'un dispositif approprié tel qu'une palette tournant au fond du tube à 60 tr/minute.

Les éprouvettes sont maintenues dans ces conditions pendant la durée spécifiée aux tableaux V et VII, puis on les laisse refroidir à la température ambiante et ensuite on les pèse à nouveau.

Note. — L'appareil et le mode opératoire décrits ci-dessus ne doivent pas être considérés comme exclusifs de tous autres; on peut utiliser les dispositifs différents, sous réserve de satisfaire aux conditions suivantes:

- L'air frais doit être admis dans le récipient de telle sorte que le courant d'air soit orienté dans le sens des échantillons, la vitesse moyenne du courant d'air doit être de  $50 \pm 5$  cm/min., cette vitesse étant considérée comme le rapport entre le débit d'air en cm<sup>3</sup> par minute et la section en cm<sup>2</sup> du récipient (tubulaire de préférence) qui contient l'échantillon; on doit produire une turbulence suffisante du courant d'air pour assurer l'uniformité des conditions dans toutes les parties du récipient.
- La surface exposée des éprouvettes ne doit pas être inférieure à 150 cm<sup>2</sup>, ni supérieure à 250 cm<sup>2</sup>.
- La tolérance sur la température du récipient est de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
- La contamination d'un échantillon par un autre doit être empêchée.

- d) La perte de poids totale de toutes les éprouvettes utilisées dans chaque essai (voir paragraphe E. 5 b)) est divisée par la surface exposée totale de ces mêmes éprouvettes et exprimée en g/cm<sup>2</sup>. Les valeurs ainsi obtenues ne doivent pas dépasser les limites spécifiées aux tableaux V et VII pour le type d'isolant en polychlorure de vinyle considéré.

## E. 5 Additional ageing test for p.v.c. compounds

- a) This additional test is applicable to p.v.c. insulated and/or p.v.c. sheathed cables only, and consists in determining the loss of weight caused on pieces of p.v.c. compounds by a hot air stream during a period of time.

Notes 1.) — This test is considered as an obligatory one, but for the time being the method and requirements have a tentative character, so that failure to comply with the provisional values given in Tables V and VII may be tolerated.

2.) — All the sets of tests described in this Clause should be considered as being made on *one* sample, as stated in the Note to Sub-clause D. 1 a).

- b) For the test on insulants, the specimens should consist of pieces of insulated core having all coverings removed but with the conductor left *in situ*. For the test on sheaths, the specimens should consist of pieces of sheath from which all coverings (if any) and all cores and fillers (if any) have been removed. In the latter case, both ends of each specimen should be tightly plugged so that only the outer surface remains exposed to the air, for a length of 150 mm (6 in).

The number of specimens to be used in each test is as follows:

|                                         |                  |        |           |              |           |
|-----------------------------------------|------------------|--------|-----------|--------------|-----------|
| External diameter of the specimens (mm) | { above<br>up to | —<br>5 | 5<br>12.7 | 12.7<br>25.4 | 25.4<br>— |
| Number of specimens in each test        |                  | 6      | 4         | 2            | 1         |

Two tests shall be made for each compound and both results should comply with Sub-clause E. 5 d).

- c) The specimens should be weighed and then suspended in a tube about 100 mm (4 in) in diameter and about 300 mm (12 in) in length. Each specimen should be at least 19 mm (0.75 in) from any other specimen and from the wall of the tube. No other test samples of different compound shall be exposed in the tube at the same time.

The tube should be inserted vertically in a suitable oven automatically controlled to maintain the specimens at the specified test temperature (see Tables V and VII) with a tolerance of  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .

Air, pre-heated to approximately the same temperature, should be supplied to the tube at a rate of 3.8 l per minute (8 ft<sup>3</sup> per hour), entering at the bottom and flowing upwards and out at the top of the tube. Air turbulence in the tube should be maintained by any suitable means, e.g. a paddle placed at the bottom rotating at about 60 rev/min.

The specimens should be maintained under these conditions for the time specified in Tables V and VII and should then be allowed to cool to room temperature after which they should be reweighed.

Note. — The apparatus and procedure described in the preceding three paragraphs should not be considered as exclusive; different devices may be used, provided the following conditions are assured:

- Fresh air should be fed into the container so that the direction of the air stream is in the direction of the samples; the mean speed of the air stream should be  $50 \pm 5$  cm per minute, this speed being regarded as the ratio between the air flow in cm<sup>3</sup> per minute and the cross-sectional area of the vessel (preferably a tube) containing the sample in cm<sup>2</sup>; sufficient turbulence should be introduced into the air stream to ensure uniform conditions in all parts of the vessel.
  - The exposed surface of the specimens should be not less than 150 cm<sup>2</sup> and not more than 250 cm<sup>2</sup>.
  - The maximum tolerance of the temperature in the container should be  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
  - Contamination of one sample by another should be prevented.
- d) The total loss of weight of all the specimens used in each test (see Sub-clause E. 5 b)) should be divided by the total exposed area of the same specimens and expressed in grams per cm<sup>2</sup>. The resulting values should not exceed the limits specified in Tables V and VII for the type of p.v.c. compound considered.

## ANNEXE F

### ESSAI DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES GAINES ÉLASTOMÈRES OU THERMOPLASTIQUES (CAOUTCHOUC, POLYCHLOROPRÈNE ET POLYCHLORURE DE VINYLE)

#### F. 1 Généralités

- a) Les dispositions du paragraphe D. 1 a) sont applicables en remplaçant «isolation» par «gaine» et «tableau V, A à D» par «tableau VII, A, B, C».
- b) On utilise pour les essais trois morceaux de câble terminé, chacun étant prélevé à au moins 1 mètre (3 ft) de distance des autres.  
Chacun de ces morceaux est découpé en six petits morceaux dont deux sont utilisés pour chacun des essais i), ii) et iii).
- c) On peut autoriser des dérogations dans les conditions du paragraphe D. 1 c), mais en cas de contestation, seul le paragraphe F. 1 b) sans dérogation est applicable.

#### F. 2 Préparation des éprouvettes

- a) On utilise deux types d'éprouvettes pour les essais de traction des gaines: le premier consiste en un morceau de la gaine entière sans découpage longitudinal, le second consiste en une éprouvette en forme d'haltère de dimensions conformes à la figure 2 et découpée à l'emporte-pièce sur un morceau de gaine préalablement aplati par meulage.  
Les éprouvettes du premier type sont utilisées lorsque le diamètre extérieur de la gaine ne dépasse pas 10 mm (0,4 in); dans le cas où il est supérieur, on doit utiliser des éprouvettes du deuxième type.
- b) Pour préparer les éprouvettes, on prélève les morceaux de câble comme indiqué à l'article D. 1, on enlève les revêtements extérieurs éventuels, le ou les conducteurs isolés à l'intérieur et les bourrages (s'il en existe), de façon à rendre nues les surfaces extérieure et intérieure du morceau de gaine.  
Les tubes de gaine, préparés de cette façon en longueurs d'au moins 100 mm (4 in) sont alors prêts à être utilisés comme éprouvettes du premier type.
- c) Les éprouvettes du deuxième type sont préparées suivant les indications du paragraphe D. 2 c), le découpage se faisant dans le sens de l'axe du câble.

#### F. 3 Traitement de vieillissement

Les éprouvettes destinées aux essais ii) et iii) mentionnés au paragraphe F. 1 a) doivent être soumises aux opérations de vieillissement accéléré décrites dans l'annexe E et dans les conditions spécifiées au tableau VII, points B et C. Après la fin du vieillissement, on laisse reprendre les éprouvettes pendant au moins 16 heures, et dans le cas du polychlorure de vinyle pendant au plus 24 heures, à la température ambiante et à l'abri de la lumière.

## APPENDIX F

### TEST OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RUBBERLIKE SHEATHS (RUBBER, P.C.P. AND P.V.C. COMPOUNDS)

#### F. 1 General

- a) The contents of Sub-clause D. 1 *a)* are here applicable, substituting “sheathing material” for “insulating material” and “Table VII, Items A, B and C” for “Table V, Items A to D”.
- b) Three pieces of finished cable should be used for the tests, each piece being taken at least 1 metre (3 ft) away from the others.  

Each cable piece should be cut into six small pieces, two of which should be used for each of the tests *i)*, *ii)* and *iii)*.
- c) Deviations in accordance with the contents of Sub-clause D. 1 *c)* may be permitted, but in case of dispute Sub-clause F. 1 *b)* without deviations should be applied.

#### F. 2 Preparation of the test specimens

- a) Two types of test specimens should be considered for the tensile tests on sheaths: the first consists of a piece of the whole sheath without longitudinal cutting; the second consists of a dumb-belled strip having the dimensions represented in Figure 2 punched from a piece of sheath which has previously been flattened by grinding.  

Test specimens of the first type should be used when the external diameter of the sheath does not exceed 10 mm (0.4 in); in case of larger sizes, specimens of the second type only should be used.
- b) In order to prepare the test specimens, the pieces of cable, having been taken as described in Clause D. 1, should have the outer coverings (if any) removed and the internal core or cores and fillers (if any) taken out, so that the external and internal surfaces of the piece of sheath are made bare.  

The sheath tubes, so prepared in lengths of at least 100 mm (4 in), then are ready to be used as test specimens of the first type.
- c) Specimens of the second type are prepared as described in Sub-clause D. 2 *c)*, punching the strips in the direction of the axis of the cable.

#### F. 3 Ageing treatments

The specimens destined for the tests *ii)* and *iii)* mentioned in Sub-clause F. 1 *a)* should be subjected to the accelerated ageing procedures described in Appendix E and with the conditions specified in Table VII, Items B and C. After completion of the ageing process, the aged specimens should be left for at least 16 hours, and in case of p.v.c. not more than 24 hours, at ambient temperature and not exposed to light.

#### **F. 4 Détermination de la section des éprouvettes**

- a) Dans le cas des éprouvettes du premier type, la section se calcule suivant les indications du paragraphe D. 4 a 2) en divisant le volume par la longueur du tube. Le volume se calcule en divisant le poids de l'éprouvette par la densité de l'isolant. Cette densité est déterminée à part par une méthode reconnue comme valable.
- b) Dans le cas des éprouvettes du deuxième type (figure 2), la section se détermine suivant les indications du paragraphe D. 4 b).
- c) Dans tous les cas, lorsque les éprouvettes ont subi un traitement de vieillissement, la détermination de la section doit être effectuée après la fin de la période de vieillissement et de reprise (voir paragraphe F. 3 a)).

#### **F. 5 Essais mécaniques**

Voir article D. 5.

#### **F. 6 Interprétation des résultats d'essais**

Voir article D. 6 avec cette différence qu'on applique le tableau VII au lieu du tableau V.

#### **F. 4 Determination of the area of the specimens**

- a)* For the specimens of the first type, the cross-section should be calculated, as specified in Sub-clause D. 4 a 2), by dividing the volume by the length of the tube. The volume should be calculated by dividing the weight of the specimen by the density of the compound. This density should be determined separately by an accepted method.
- b)* For the specimens of the second type (Figure 2), the cross-sectional area should be determined as described in Sub-clause D. 4 b).
- c)* In any case, for the specimens which have been subjected to an ageing test, the determination of the area should be effected after the completion of the ageing and storing period (see Sub-clause F. 3 a)).

#### **F. 5 Mechanical testing procedure**

See Clause D. 5.

#### **F. 6 Evaluation of the test results**

See Clause D. 6, except that Table VII should be referred to instead of Table V.

## ANNEXE G

### ESSAI DES CARACTÉRISTIQUES THERMOPLASTIQUES DES ISOLANTS EN POLYCHLORURE DE VINYLE

#### G. 1 Généralités

Les essais décrits dans la présente annexe s'appliquent aux matières de polychlorure de vinyle utilisées tant pour les enveloppes isolantes que pour les gaines, de caractéristiques conformes aux tableaux V et VII.

*Note.* — Toute la série des essais décrits dans la présente annexe doit être considérée comme effectuée sur *un seul* échantillon. Par ailleurs, il ne rentre pas dans le domaine de l'annexe de spécifier le nombre d'échantillons à essayer en fonction des types, dimensions et quantités de câbles qui peuvent être fabriqués.

#### G. 2 Essai de déformation à haute température

##### a) Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes sont préparées à partir d'un morceau de câble achevé. On en prépare deux pour chaque type d'isolant à base de polychlorure de vinyle. On découpe l'enveloppe isolante ou la gaine en petits morceaux que l'on moule ensuite à la température appropriée (en général  $175 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Chaque éprouvette consiste en une feuille de 1,20 (0,047 in) à 1,50 mm (0,059 in) de côté ou un cercle de 12,0 (0,0186 in) à 15,0 mm (0,0232 in) de diamètre.

Le cycle de moulage comprend une période de préchauffage de 5 minutes dans la presse à la pleine température de moulage sous une faible pression, suivie par l'application d'une pression d'au moins  $35 \text{ kgf/cm}^2$  ( $500 \text{ lbf/in}^2$ ) calculée sur la surface de moulage. Le refroidissement commence dans les 2 minutes qui suivent l'application de la pleine pression. Il doit être effectué avec la plus grande rapidité qui permette de produire une surface lisse de la feuille, la pleine pression de moulage étant maintenue au cours du refroidissement.

On peut admettre l'emploi d'éprouvettes qui ne soient pas exactement conformes aux conditions des deux alinéas ci-dessus, mais, en cas de contestation, seules ces conditions sont applicables. On peut, par exemple, préparer des éprouvettes en découpant et en meulant des morceaux d'enveloppe isolante ou de gaine au lieu de les mouler.

##### b) Appareil d'essai

L'appareil d'essai doit être pratiquement celui représenté à la Figure 3. Il comprend:

- (A) — Un support plat horizontal sur lequel est posée l'éprouvette.
- (B) — Une pièce intermédiaire cylindrique verticale de  $3,18 \pm 0,025 \text{ mm}$  ( $0,125 \pm 0,001 \text{ in}$ ) de diamètre, dont l'extrémité inférieure est plate, et fixé rigidement dans un châssis (C).
- (C) — Un châssis portant un poids (D).
- (D) — Un poids tel que la charge totale appliquée sur la pièce intermédiaire soit conforme aux valeurs appropriées spécifiées aux tableaux V et VII.

## APPENDIX G

### TEST OF THE THERMOPLASTIC CHARACTERISTICS OF P.V.C. COMPOUNDS

#### G. 1 General

The tests described in this Appendix are applicable both to p.v.c. insulating and p.v.c. sheathing compounds, with the appropriate requirements specified in Tables V and VII.

*Note.* — All the set of tests described in this Appendix should be considered as being made on *one* sample. It is, on the other hand, outside the scope of the Appendix to specify how many samples should be tested in relation to the types and sizes and quantities of cables which may be manufactured.

#### G. 2 Hot deformation test

##### a) Preparation of test specimens

The test specimens should be prepared from a piece of finished cable. Two test specimens should be prepared for each type of p.v.c. compound. The insulating wall or sheath should be cut in small pieces, which should be moulded at a suitable temperature (in general,  $175 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Each test specimen should consist of a sheet 1.20 (0.047 in) to 1.50 mm (0.059 in) thick and at least 12.0 (0.0186 in) to 15.0 mm (0.0232 in) square or 12.0 to 15.0 mm in diameter.

The moulding cycle should consist of a pre-heating period of 5 minutes in the press at full moulding temperature under light pressure, followed by the application of a pressure not less than  $35 \text{ kgf/cm}^2$  ( $500 \text{ lbf/in}^2$ ) calculated on the area of the moulding. Cooling should begin within 2 minutes of the application of full pressure. The compound should be cooled as rapidly as possible consistent with producing a smooth surface on the sheet, full moulding pressure being maintained during cooling.

The use of test specimens not exactly complying with the conditions recommended in the preceding two paragraphs may be permitted, but in case of dispute these conditions only should be valid. The specimens may, for instance, be prepared by cutting and buffing pieces of the insulating wall or the sheath instead of by moulding pieces of same.

##### b) Apparatus

The apparatus should be substantially as shown in Figure 3. Its parts are:

- (A) — A flat horizontal support on which the test piece is laid.
- (B) — A vertical cylindrical indenter,  $3.18 \pm 0.025 \text{ mm}$  ( $0.125 \pm 0.001 \text{ in}$ ) in diameter, flat at the lower end, rigidly supported in frame (C).
- (C) — A frame carrying a weight (D).
- (D) — A weight such that the total load on the indenter complies with the appropriate values specified in Tables V and VII.

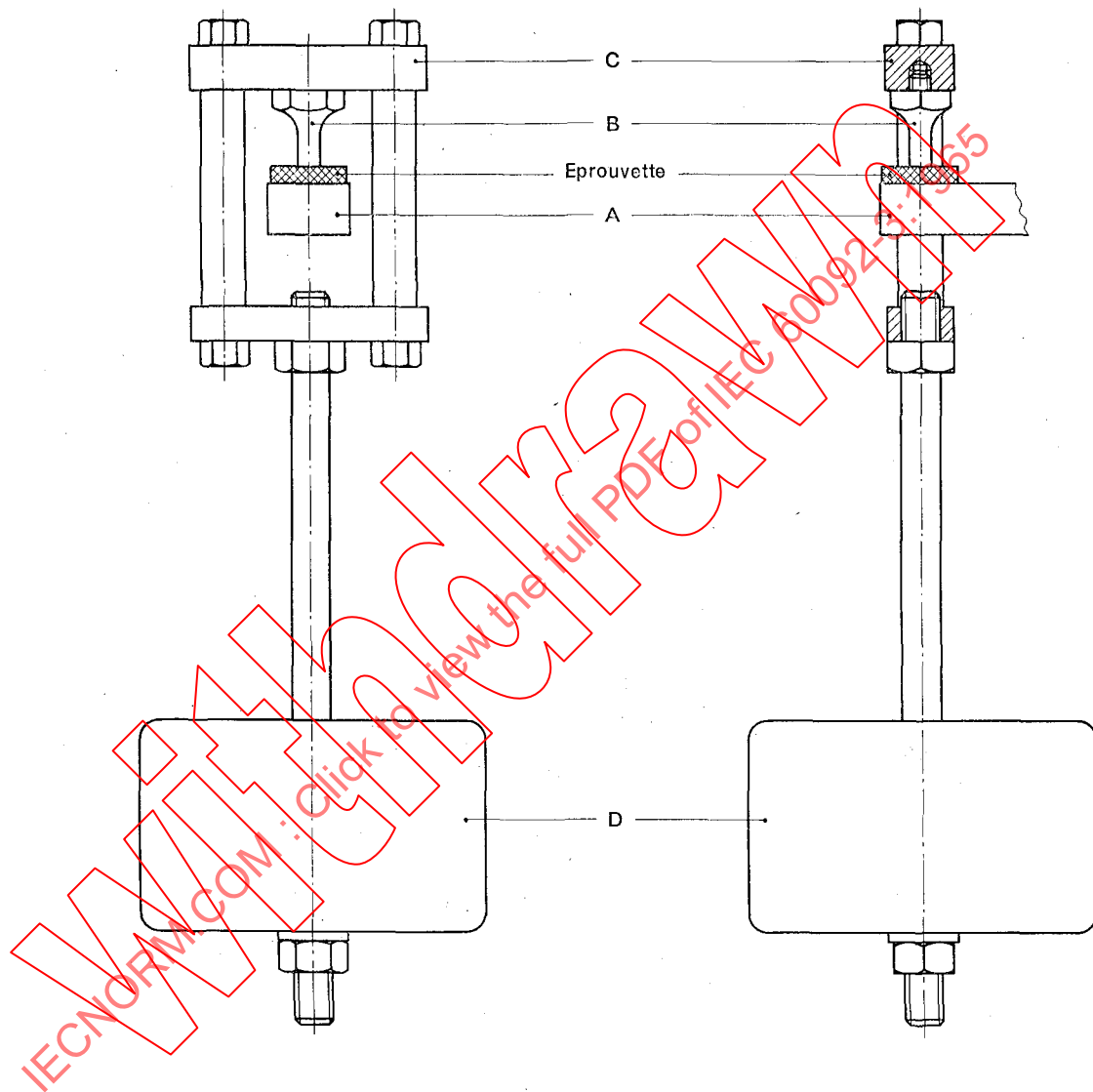


FIG. 3. — Appareil pour l'essai de déformation à haute température.

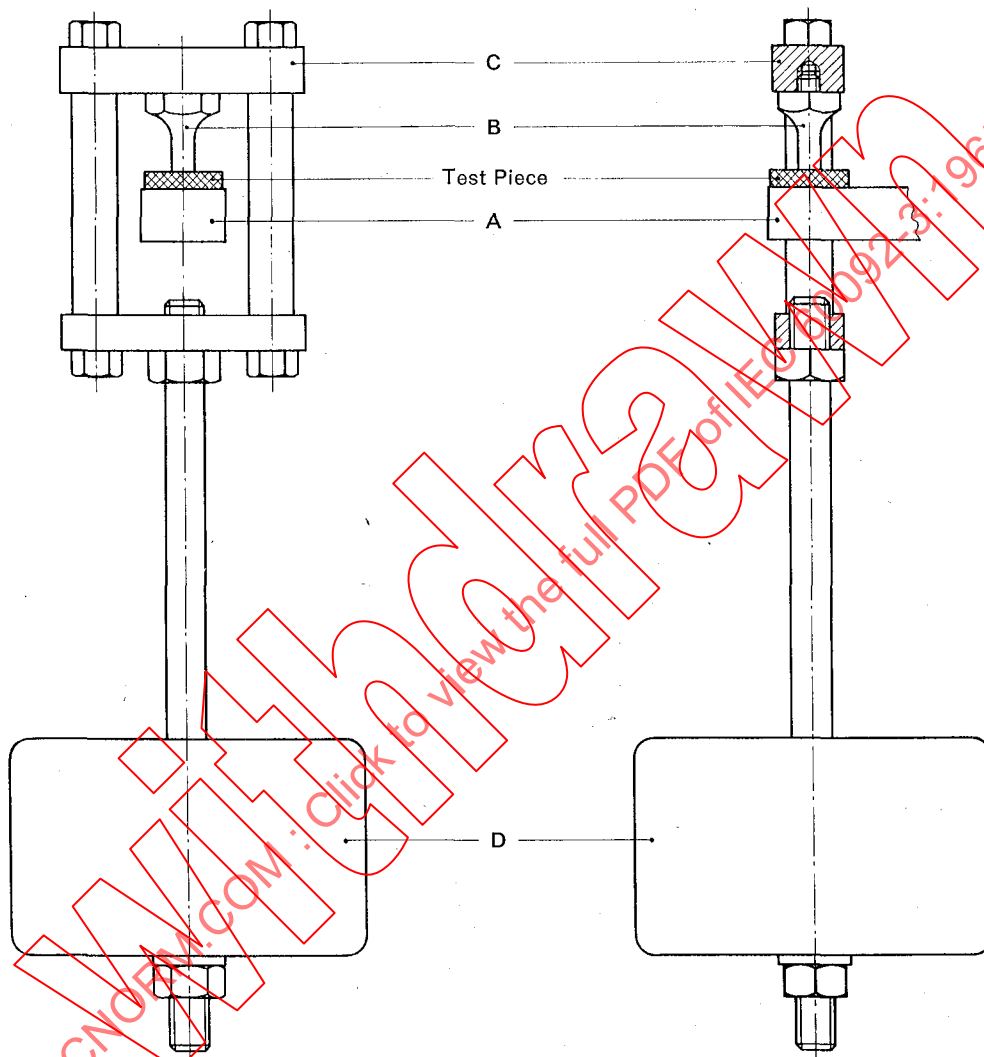


FIG. 3. — Apparatus for hot deformation test.

L'ensemble de la pièce intermédiaire, du châssis et du poids doit être disposé de façon que son centre de gravité soit bien au-dessous de l'extrémité inférieure de la pièce intermédiaire. L'ensemble doit être tel que lorsque l'extrémité inférieure de la pièce intermédiaire repose sur le centre de l'éprouvette, elle n'ait pas d'autre contact avec le reste de l'appareil, si ce n'est qu'on peut prévoir des guides pour empêcher les déplacements latéraux. Ces guides doivent être réalisés de façon à ne pas introduire de frottements.

On peut admettre l'emploi d'appareils différents de celui décrit ci-dessus, sur accord entre les parties intéressées. Dans tous les cas, la pression ( $\text{kgf/cm}^2$ ) exercée par la pièce intermédiaire doit correspondre aux valeurs mentionnées en (B) et (D).

c) *Mode opératoire*

L'épaisseur de l'éprouvette se mesure à l'intérieur de la surface sur laquelle on doit appliquer la pression. Cette mesure est effectuée à la température ambiante à l'aide d'un micromètre dont la pression de contact ne dépasse pas  $200 \text{ gf/cm}^2$  ( $2,9 \text{ lbf/in}^2$ ).

L'éprouvette est mise en place sur le support sans que la charge lui soit appliquée. On place l'ensemble de l'appareil dans une étuve à la température spécifiée au point E. 1 des tableaux V et VII et on le maintient à cette température pendant 1 heure. On applique ensuite la pièce intermédiaire avec sa charge sur le centre de l'éprouvette et on maintient l'ensemble à la même température pendant la durée spécifiée dans ces tableaux.

L'étuve doit être dans une position la mettant à l'abri des vibrations ou montée sur un support anti-vibratoire; aucun appareil susceptible de provoquer des vibrations tel qu'un mécanisme agitateur d'air ne doit être fixé directement sur l'étuve.

A la fin de la durée spécifiée, on retire l'appareil de l'étuve et on le laisse refroidir pendant 1 heure à la température ambiante ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ) la charge étant toujours appliquée. On retire la charge et on mesure aussitôt l'épaisseur de la partie déformée de l'éprouvette à l'aide de l'instrument utilisé au début de l'essai.

On admet les dérogations suivantes à la méthode de mesure si on emploie un appareil approprié (par exemple un plastomètre dont l'index du cadran est commandé par la pièce intermédiaire):

La première mesure de l'épaisseur est effectuée conformément au premier alinéa du présent paragraphe.

La mesure finale de l'épaisseur est effectuée à la fin de la période de chauffage, la charge étant toujours appliquée sur l'éprouvette à la température spécifiée.

d) *Résultats et conditions à remplir*

La déformation à haute température pour tout essai s'exprime par la différence entre les épaisseurs initiale et finale, en pour-cent de l'épaisseur initiale.

On prend la moyenne des deux résultats (voir paragraphe G. 2 a)) pour indiquer la déformation à haute température du type d'isolant considéré, elle ne doit pas dépasser la valeur appropriée spécifiée aux tableaux V et VII.

Si le résultat le plus élevé dépasse de plus de 20% la valeur moyenne, on ne doit pas tenir compte des résultats et on doit répéter entièrement l'essai.

The assembly of indenter, frame and weight should be so arranged that the centre of gravity is well below the lower end of the indenter. The assembly should be such that, when the lower end of the indenter rests on the centre of the test specimen, it has no other contact with the remainder of the apparatus, except that guides may be provided to prevent swinging. Any guides should be such as to introduce no friction.

The use of apparatus different from the above description may be permitted, if agreed by the interested parties. In any case the specific pressure ( $\text{kgf/cm}^2$ ) exerted by the indenter on the specimen should correspond to the values mentioned in (B) and (D).

c) *Procedure*

The thickness of the test specimen should be measured within the area over which pressure is to be applied. This measurement should be made at room temperature, using a micrometer such that a contact pressure not exceeding  $200 \text{ gf/cm}^2$  ( $2.9 \text{ lbf/in}^2$ ).

The test specimen should be placed in position on the support without applying the load on it. The whole apparatus should be put in an oven at the temperature specified in Item E. 1 of Tables V or VII and kept at that temperature for 1 hour. The indenter with load should then be applied to the centre of the specimen and the assembly further maintained at the same temperature for the period of time specified in the said Tables.

The oven should be in a position free from vibration or mounted on an anti-vibration support and no apparatus likely to cause vibration, such as an air-stirring mechanism, should be directly attached to the oven.

At the end of the specified period, the apparatus should be removed from the oven and allowed to cool for 1 hour under room conditions ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ) with the load still applied. The load should be removed and the thickness of the deformed portion of the test specimen measured immediately by means of the instrument used at the beginning of the test.

The following deviations in the measuring procedure may be permitted if a suitable apparatus is used (for instance a plastometer, whose dial index is controlled by the indenter):

The first thickness measurement is effected as specified in the first paragraph of this Sub-clause.

The final thickness measurement is effected at the end of the heating period when the load is still applied on the specimen at the specified temperature.

d) *Results and requirements*

The hot deformation for any one test should be expressed by the difference between the initial and final thickness calculated as a percentage of the initial thickness.

The mean of the two results (see Sub-clause G. 2 a)) should be taken as the hot deformation of the type of compound considered and should not exceed the appropriate value specified in Tables V and VII.

If the higher result exceeds the lower by more than 20 % of the mean value, the results shall be disregarded and the complete test repeated.

### G. 3 Essai de pliage à froid

#### a) Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes sont prélevées sur un morceau de câble terminé. On en prépare deux par type d'isolant en polychlorure de vinyle à essayer. On utilise deux types d'éprouvettes, tous deux ayant une longueur suffisante pour être utilisés avec l'appareil décrit ci-après: lorsque le diamètre extérieur d'un conducteur isolé (ou d'une gaine en polychlorure de vinyle) ne dépasse pas 12,5 mm (0,5 in), chaque éprouvette est constituée d'un morceau de conducteur isolé (ou de câble) dont on a enlevé tous les revêtements extérieurs, mais dont on a laissé en place l'âme (ou les conducteurs isolés et les bourrages, s'il en existe).

Si, par contre, le diamètre extérieur du conducteur isolé (ou de la gaine en polychlorure de vinyle) est supérieur à 12,5 mm (0,5 in), chaque éprouvette est constituée d'une bande dont la largeur est d'environ 1,5 fois son épaisseur, mais a au moins 4 mm (0,16 in), la bande est découpée dans le sens de l'axe du conducteur (ou du câble) et il n'est pas nécessaire de la meuler.

#### b) Appareil d'essai

L'appareil est une machine à deux mandrins comme l'indique la figure 4 (page 106). On doit également disposer d'un compartiment réfrigéré dont la température est réglée dans des limites de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Le diamètre du mandrin tournant est de:

- au moins 2,7 et au plus 3,0 fois le diamètre extérieur de l'éprouvette si celle-ci est du premier type;
- au moins 3,6 et au plus 4,0 fois l'épaisseur de l'éprouvette si celle-ci est du deuxième type.

#### c) Vieillissement accéléré

Les deux éprouvettes d'essai sont soumises à un traitement de vieillissement accéléré avant l'essai de pliage. La durée du séjour et la température dans l'étuve à air sont spécifiées aux tableaux V et VII point E. 2a), pour chaque classe d'isolant en polychlorure de vinyle considéré.

Après la fin du vieillissement, on laisse les éprouvettes reprendre pendant au moins 16 heures et au plus 24 heures à la température ambiante et à l'abri de la lumière.

#### d) Mode opératoire

On monte chacune des deux éprouvettes sur l'appareil de la façon indiquée par la figure 4, avec au moins trois tours jointifs sur un mandrin et au moins un sur l'autre.

L'appareil avec l'éprouvette est placé dans l'enceinte réfrigérée et on l'y laisse à la température et pendant la durée spécifiée par les tableaux V et VII, point E, pour la classe d'isolant en polychlorure de vinyle considéré.

A la fin de cette durée et toujours à la même température, on effectue l'essai de pliage de telle sorte que l'éprouvette se déroule sur l'un des mandrins en s'enroulant sur l'autre d'au moins deux tours complets à raison d'un tour en 15 secondes approximativement.

On laisse enfin l'éprouvette atteindre la température ambiante ( $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) et on l'examine sans la dérouler; il ne doit pas y avoir de fissures visibles à l'œil nu. Dans le cas des éprouvettes (en forme de bandes) qui ont des nervures sur un côté, il n'est pas tenu compte des fissures portant sur les nervures à condition qu'elles n'affectent que l'épaisseur des nervures.

Si une éprouvette ne satisfait pas à l'essai, on le répète sur deux autres éprouvettes qui doivent toutes deux être conformes aux conditions ci-dessus.

### G. 3 Cold bending test

#### a) Preparation of the test specimens

The test specimens should be taken from a piece of finished cable. Two specimens should be prepared for each type of p.v.c. compound to be tested. Two types of specimens are considered, both having a sufficient length for being used with the apparatus described below: when the external diameter of an insulated core (or of a p.v.c. sheath) is not greater than 12.5 mm (0.5 in), then each specimen should consist of a piece of core (or of cable) from which any external covering have been removed but the conductor (or the cores and fillers, if any) have been left *in situ*.

When instead, the external diameter of the insulated core (or of the p.v.c. sheath) is greater than 12.5 mm (0.5 in), then each specimen should consist of a strip whose width is about 1.5 times its thickness but not less than 4 mm (0.16 in); the strip is cut in the direction of the axis of the conductor (or of the cable) and need not be ground.

#### b) Apparatus

The apparatus should be a two-mandrel machine as shown in Figure 4 (page 107). A refrigerated compartment is also necessary whose temperature is controlled within deviations not exceeding  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

The diameters of the turning mandrel should be:

- not less than 2.7 and not more than 3.0 times the external diameter of the specimen when testing specimens of the first type;
- not less than 3.6 and not more than 4.0 times the thickness of the specimen when testing specimens of the second type.

#### c) Accelerated ageing

Both test specimens should be subjected to an accelerated ageing treatment before being bend tested. The duration and the temperature in the air oven are specified in Tables V and VII, Item E. 2 a), for each class of p.v.c. compound considered.

After completion of the ageing process, the aged specimens should be left for at least 16 hours and not more than 24 hours, at ambient temperature and not exposed to light.

#### d) Procedure

Each of the two test specimens shall be mounted in the apparatus, in the manner shown in Figure 4, with at least three close turns on one mandrel and at least one in the other.

The apparatus with the specimen should be placed in the refrigerated room and maintained there at the temperature and for the time specified in Tables V and VII, Item E, for the class of p.v.c. compound considered.

At the end of that time, and still at the same temperature, the bending test should be carried out in such way that at least two complete turns of the specimen are wound off one mandrel and wound on the other, each turn in about 15 seconds.

The specimen should finally be allowed to attain the ambient temperature ( $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) and should then be examined without unwinding; there should not be cracks visible to the naked eye. In case of specimens (in form of strips) having ridges on one side, cracks in the ridges shall be disregarded provided they affect the thickness of the ridges only.

If one specimen fails, the test should be repeated on two other specimens, both of which should comply with the foregoing requirements.

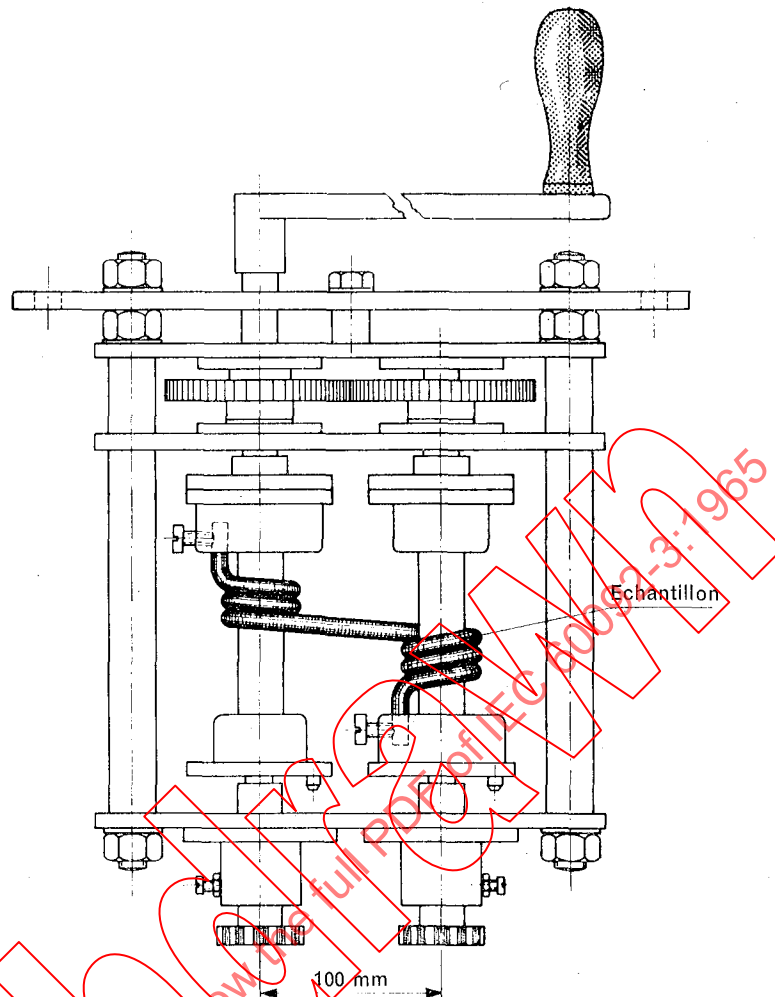


FIG. 4 — Appareil pour l'essai de pliage à froid.

#### G. 4 Essai de choc thermique

- a) Pour la préparation des éprouvettes, voir paragraphe G. 3 a). On prépare deux éprouvettes qui ne sont pas soumises au vieillissement accéléré.
- b) Chaque éprouvette est enroulée en au moins trois tours jointifs sur un mandrin dont le diamètre est d'environ trois fois le diamètre extérieur de l'éprouvette ou quatre fois l'épaisseur de l'éprouvette plate.
- c) On introduit les éprouvettes dans une étuve à la température de  $150 \pm 2^\circ\text{C}$  dans le cas des enveloppes isolantes ou de  $120 \pm 2^\circ\text{C}$  dans le cas des gaines et on les y laisse à cette température pendant 1 heure. On les retire ensuite, on les laisse atteindre la température ambiante et on les examine sans les dérouler.
- d) Elles ne doivent pas présenter de fissures visibles à l'œil nu. Si une éprouvette ne satisfait pas à l'essai, on le répète sur deux autres éprouvettes qui doivent toutes deux être conformes aux conditions ci-dessus.

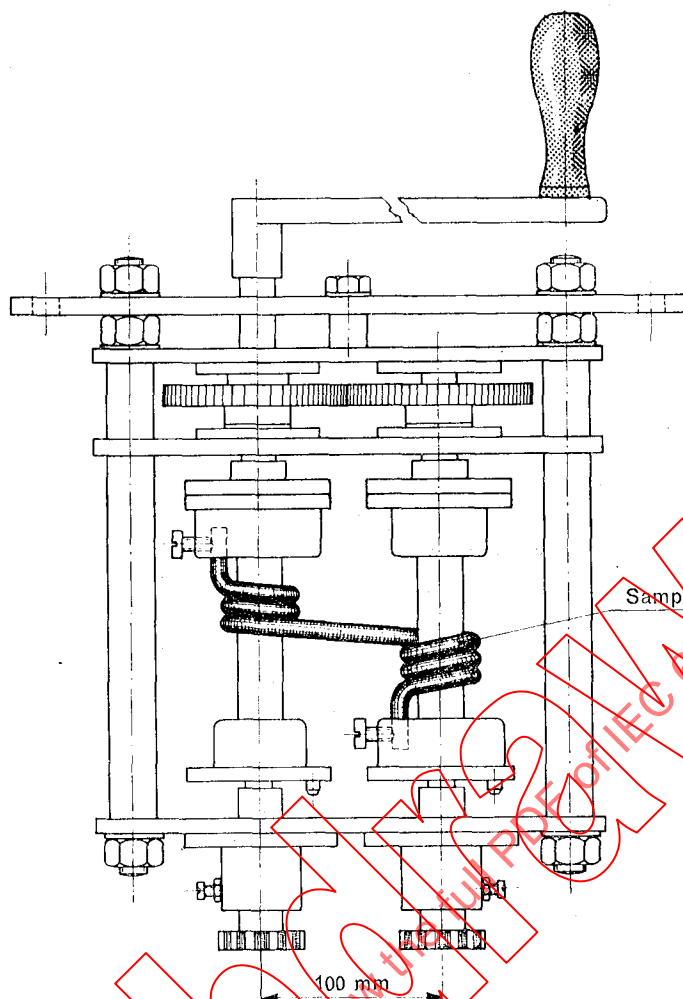


FIG. 4 — Cold bend test apparatus.

#### G. 4 Heat shock test

- a) For the preparation of the test specimens, see Sub-clause G. 3 a). Two test specimens should be prepared and not subjected to the accelerated ageing.
- b) Each specimen should be wound, in at least three close turns, on a mandrel having a diameter approximately equal to three times the external diameter of the specimen, or four times the thickness of the flat strip.
- c) The specimens should be introduced into an oven having a temperature of  $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$  in case of insulants and  $120 \pm 2^{\circ}\text{C}$  in case of sheaths and left at that temperature for 1 hour. They should then be taken out, allowed to attain the ambient temperature and examined without unwinding.
- d) There should not be cracks visible to the naked eye. If one specimen fails, the test should be repeated on two other specimens, both of which should comply with the above requirements.

## ANNEXE H

### ESSAI DE L'ÉTAMAGE (REVÊTEMENT MÉTALLIQUE) DES FILS DE CUIVRE

#### H. 1 Préparation des éprouvettes

On désassemble l'échantillon de câble, d'environ 0,30 m (1 ft) de longueur de façon à dénuder les âmes de cuivre en évitant d'endommager le revêtement métallique des fils. On prélève plusieurs brins sur la couche extérieure de chaque âme et on les coupe à des longueurs assez courtes pour permettre de les immerger complètement dans la solution de persulfate.

On nettoie à fond les fils à l'aide d'un solvant approprié (par exemple benzine ou éther de pétrole) et on les essuie complètement avec un linge propre non rugueux. On enduit de cire les extrémités de chaque portion de fil, de façon à protéger le cuivre exposé.

On prépare ainsi deux éprouvettes à partir de l'échantillon de câble. La longueur totale de chaque éprouvette se calcule par la formule  $L = 300/d$ , où  $d$  est le diamètre nominal du fil,  $L$  et  $d$  étant exprimés en mm (où  $L = 0,465/d$ , si  $L$  et  $d$  sont exprimés en inches). Les extrémités enduites de cire ne sont pas comptées dans la longueur  $L$ .

#### H. 2 Solutions spéciales

##### a) Solution d'essai (persulfate d'ammonium)

On dissout 10 grammes de persulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  (cristaux contenant au moins 95 % de persulfate d'ammonium) dans 500 millilitres d'eau distillée. On ajoute 75 millilitres de solution d'ammoniac chimiquement pur (densité 0,90) et on étend la solution à 1 litre avec de l'eau distillée.

La solution de persulfate d'ammonium doit être renouvelée chaque fois que l'on effectue des essais et ne doit pas être exposée à des températures de plus de 35°C.

##### g) Couleur de référence (sulfate de cuivre et ammoniac)

On dissout 0,156 grammes de sulfate de cuivre  $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})^*$  dans de l'eau distillée, on ajoute 75 millilitres de solution d'ammoniac chimiquement pur (densité 0,90) et on étend à 1 litre.

#### H. 3 Mode opératoire

On immerge chaque éprouvette de longueur spécifiée  $L$  dans 100 millilitres de la solution d'essai en utilisant comme récipient un tube à essai de dimensions appropriées. On laisse l'éprouvette immergée dans la solution d'essai à la température de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 15 minutes. On retire ensuite l'éprouvette et on compare la solution d'essai avec une solution de la couleur de référence contenue dans un tube à essai semblable où elle atteint le même niveau. La comparaison des couleurs s'effectue en examinant les solutions à travers les tubes à essai dans le sens de la longueur.

La couleur de la solution d'essai après immersion de l'éprouvette ne doit pas être plus foncée que celle de la solution de la couleur de référence. Les deux éprouvettes doivent satisfaire à cette condition.

\*) 0,156 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  contient 0,100 g  $\text{CuSO}_4$ .

## APPENDIX H

### TINNING (COATING) TEST FOR COPPER WIRES

#### H. 1 Preparation of specimens

The cable sample, which is about 0.30 m (1 ft) long, should be dismantled so as to make the copper conductors bare, avoiding causing injury to the wire coating. Several wire pieces should be taken from the outer layer of each conductor and should be cut in shorter sections which will permit complete immersion for the persulphate solution.

The wires should then be thoroughly cleaned with a suitable solvent (for instance, benzine or petroleum ether) and wiped dry with a clean soft cloth. The ends of each wire portion should be completely coated with wax to protect the exposed copper.

Two specimens should be so prepared from the cable sample. The total length of each specimen should be calculated with the formula  $L = 300/d$  where  $d$  is the nominal wire diameter, both  $L$  and  $d$  being expressed in mm (or  $L = 0.465/d$  both  $L$  and  $d$  being expressed in inches). The wax coated ends should not be included in determining the length  $L$ .

#### H. 2 Special solutions

##### a) Test solution (ammonium persulphate)

Dissolve 10 grams of ammonium persulphate ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  crystals containing not less than 95 % of ammonium persulphate) in 500 millilitres of distilled water. Add 75 millilitres of chemically pure solution of ammonia (density 0.90) and dilute to 1 litre with distilled water.

The ammonium persulphate solution should be freshly prepared each day tests are to be conducted and should not be subjected to temperature above 35°C.

##### b) Reference colour standard (copper sulphate — ammonium hydroxide)

Dissolve 0.156 grams of copper sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ \*) in distilled water, add 75 millilitres of a chemically pure solution of ammonia (density 0.90), and dilute to 1 litre.

#### H. 3 Test procedure

Each specimen of the required length  $L$  should be immersed in 100 millilitres of the test solution, using as container a test tube of appropriate dimensions. The specimen should be left immersed in the test solution at a temperature of  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  for a period of 15 minutes. The specimen should then be removed, and the test solution compared with an equal depth of the reference colour standard contained in a similar test tube. The colour comparison should be made by viewing the solutions lengthwise through the test tubes.

The colour of the test solution after immersion of the test specimen should not be darker than that of the reference colour standard solution. Both specimens should comply with this requirement.

\*) 0.156 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  contains 0.100 g  $\text{CuSO}_4$ .

## ANNEXE J

### ESSAI DE GALVANISATION DES FILS D'ACIER

On prend cinq échantillons de 200 mm (8 in) de longueur, on les nettoie avec un tampon d'ouate imbibé de benzine et on les sèche.

On les immerge un à un dans un récipient de verre de 160 mm (6 in) de hauteur et 35 mm (1,5 in) de diamètre, rempli environ aux quatre cinquièmes d'une solution de sulfate de cuivre. On ne doit pas agiter le liquide. Au bout de 1 minute, on retire les échantillons du liquide et on les nettoie immédiatement à l'eau courante en se servant d'un tampon d'ouate pour éliminer les précipitations spongieuses de cuivre.

On répète cette opération avec le même liquide jusqu'à ce qu'on obtienne une précipitation compacte du cuivre que l'on ne peut éliminer à l'aide du tampon. Il n'est pas tenu compte de la partie de l'échantillon qui se trouve à moins de 30 mm (1,2 in) de la partie immergée.

On utilise pour chaque échantillon une solution fraîchement préparée. Cette solution comporte une partie de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) pour cinq parties d'eau (187 g/l) et elle est maintenue à la température de  $18 \pm 0,5^\circ \text{C}$ .

Le nombre moyen d'immersions pour les cinq échantillons doit être au moins égal à celui indiqué dans le tableau IX ci-après avant qu'il n'apparaisse sur l'échantillon du cuivre que l'on ne puisse pas enlever comme indiqué ci-dessus.

TABLEAU IX

Nombre d'immersions pour l'essai de galvanisation

| Diamètre nominal des fils ronds<br>ou épaisseur des fils profilés |      |                  |      | Nombre minimal<br>d'immersions<br>(d'une minute) |
|-------------------------------------------------------------------|------|------------------|------|--------------------------------------------------|
| Supérieur à                                                       |      | Ne dépassant pas |      |                                                  |
| mm                                                                | mils | mm               | mils |                                                  |
| 0,8                                                               | 32   | 1,3              | 51   | 1                                                |
| 1,3                                                               | 51   | 2,0              | 80   | 2                                                |
| 2,0                                                               | 80   | 2,5              | 100  | 3                                                |
| 2,5                                                               | 100  | 5,1              | 200  | 4                                                |

Notes 1.) — Les fils de diamètre égal ou inférieur à 0,8 mm (32 mils) doivent supporter au moins une immersion de  $\frac{1}{2}$  minute.

2.) — Il arrive parfois que le cuivre se dépose sur le revêtement de zinc même, en donnant une fausse apparence de défaut. On peut vérifier l'adhérence de ce dépôt après la fin de la dernière immersion, soit en le grattant, soit en le frottant légèrement ou en l'immergeant dans une solution d'acide chlorhydrique (au dixième) pendant 15 secondes puis en le rinçant immédiatement à l'eau courante en frottant énergiquement. Si le cuivre a été éliminé et si le zinc apparaît au-dessous, l'échantillon ne doit pas être considéré comme non satisfaisant.

## APPENDIX J

### GALVANIZING TEST FOR STEEL WIRES

Five specimens, 200 mm (8 in) long, should be cleaned with a piece of wadding soaked in benzine and dried.

The specimens should be immersed one by one in a glass vessel with a height of 160 mm (or 6 in) and a diameter of 35 mm (or 1.5 in), about four-fifths full of a solution of copper sulphate. The liquid should not be stirred. After 1 minute the specimen should be removed from the liquid and immediately cleaned in running water with the aid of a piece of wadding to remove spongy precipitation of copper.

This operation should be repeated with the same liquid until a coherent precipitation of copper occurs, which cannot be removed with the wadding. The part of the specimen within 30 mm (or 1.2 in) from the submerged end is not considered.

For each specimen a fresh solution should be used. This solution should contain one part of copper sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) in five parts of water (187 g/l) and should be kept at a temperature of  $18 \pm 0.5^\circ \text{C}$ .

The average number of immersions for the five specimens should not be less than the number indicated in the following Table IX before non-removable red copper appears on the specimen, as stated above.

TABLE IX  
*Number of immersions for the Galvanizing test*

| Nominal diameter of round wires<br>or thickness of shaped wires |                   |                     |      | Minimum number<br>of immersions<br>(of 1 minute) |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------|--------------------------------------------------|
| mm                                                              | Exceeding<br>mils | Not exceeding<br>mm | mils |                                                  |
| 0.8                                                             | 32                | 1.3                 | 51   | 1                                                |
| 1.3                                                             | 51                | 2.0                 | 80   | 2                                                |
| 2.0                                                             | 80                | 2.5                 | 100  | 3                                                |
| 2.5                                                             | 100               | 5.1                 | 200  | 4                                                |

Notes 1.) — Wires having a diameter not exceeding 0.8 mm (32 mils) should withstand at least one dip of  $\frac{1}{2}$  minute.

2.) — It sometimes happens that copper is deposited on the zinc coating itself, giving a false appearance of failure. Such a deposit may be tested for adherence after the completion of the final dip, either by peeling, light rubbing, or by immersion in a solution of hydrochloric acid (1/10) for 15 seconds, followed by immediate rinsing in clean running water with vigorous scrubbing. If the copper has been removed, and zinc appears underneath, the sample should not be deemed to have failed.

## CHAPITRE XI — CHOIX ET INSTALLATION DES CÂBLES

### DÉFINITION

#### *Câbles groupés*

Les câbles sont dits groupés lorsque plusieurs d'entre eux sont contenus dans le même conduit ou la même gouttière, ou, s'ils ne sont pas enfermés, ne sont pas séparés l'un de l'autre.

### SECTION UN — CHOIX DES CÂBLES

#### 11.01 Choix de l'isolement

- a) La tension nominale de tout câble (voir chapitre X) ne doit pas être inférieure à la tension nominale du circuit dans lequel il est utilisé.

On doit prendre spécialement en considération le type et la tension nominale des câbles destinés à être utilisés dans des circuits fortement inductifs (tels que circuits de contact ou de commandé).

- b) La température nominale de service de l'isolant (voir chapitre X) doit être supérieure d'au moins 10°C à la température maximale susceptible d'exister ou d'être produite dans la zone où le câble est installé.

#### 11.02 Choix du type de revêtement protecteur

- a) Sur les ponts exposés aux intempéries, dans les locaux humides (salles de bains par exemple), dans les cales à marchandises, dans les locaux réfrigérés, dans les compartiments de machines, et, d'une façon générale, partout où peuvent se produire des condensations d'eau ou des vapeurs nuisibles (y compris les vapeurs d'huile), les câbles doivent comporter une gaine métallique étanche (par exemple en alliage de plomb) ou une gaine non métallique imperméable (voir tableau VII du chapitre X). Aux emplacements humides en permanence, on doit envisager l'utilisation de gaines métalliques pour les câbles à isolation de matériau non résistant à l'humidité.

- b) En choisissant parmi les différents types de revêtement protecteur (voir chapitre X), on doit tenir compte des actions mécaniques auxquelles chaque câble peut être soumis lors de l'installation et en service. Au cas où la résistance mécanique du revêtement protecteur est jugée insuffisante, les câbles doivent être installés sous tubes ou conduits ou protégés d'une autre manière (voir article 11.13).

- c) Tous les câbles doivent être du type «non propagateur de la flamme» ou «résistant au feu» définis au chapitre X; par exception, les câbles «propagateur de la flamme» peuvent être utilisés, uniquement dans les circuits terminaux, dans les deux cas suivants:

- dans le cas des câbles installés sous conduits entièrement métalliques dont le diamètre ne dépasse pas 25 mm (1,0 in) et à condition que la continuité électrique et mécanique des conduits soit assurée;
- dans le cas des câbles souples dont les sections d'âme ne dépassent pas 4,5 mm<sup>2</sup> (0,007 in<sup>2</sup>) et utilisés pour des appareils portatifs.

- d) Pour les câbles utilisés en courant alternatif, voir (en plus de ce qui précède) article 11.25.

## CHAPTER XI — CHOICE AND INSTALLATION OF CABLES

### DEFINITION

#### *Bunched Cables*

Cables are said to be bunched when two or more are contained within a single conduit, duct or groove, or, if not enclosed, are not separated from each other.

### SECTION ONE — CHOICE OF THE CABLES

#### 11.01 Choice of the insulation

- a) The rated voltage of any cable (see Chapter X) should not be lower than the nominal voltage of the circuit for which it is used.

Special consideration should be given to the type and voltage rating of cables which are to be used on highly inductive circuits (e.g. contactor control circuits).

- b) The rated operating temperature of the insulating material (see Chapter X) should be at least 10°C higher than the maximum ambient temperature likely to exist, or to be produced, in the space where the cable is installed.

#### 11.02 Choice of protective coverings

- a) Cables fitted on decks exposed to the weather, in damp and wet situations (e.g. bathrooms), in cargo holds, in refrigerated spaces, in machinery compartments and in general where water condensation or harmful vapours (including oil vapour) may be present, should have either a watertight metallic sheath (for instance a lead alloy sheath) or an impervious non-metallic sheath (see Table VII in Chapter X). In permanently wet situations the use of metallic sheaths should be considered for cables not having a moisture resistant insulation.

- b) In choosing among the different types of protective coverings (see Chapter X), due consideration should be given to the mechanical actions to which each cable may be subjected during installation and in service. In case the mechanical strength of the protective covering is considered insufficient, the cables should be fitted in pipes or conduits, or be otherwise protected (see Clause 11.13).

- c) All cables should be of the “flame-retardant” or “fire-resisting” types, as defined in Chapter X; except that “flame-extending” cables may be used, for final circuit only, in the following two cases:

- in the case of cables installed in all-metallic conduits having an internal diameter not exceeding 25 mm (1.0 in) and provided the conduits are mechanically and electrically continuous;
- in the case of flexible cords having conductor sections not exceeding 4.5 mm<sup>2</sup> (0.007 in<sup>2</sup>) and being used for portable apparatus.

- d) For cables to be used with alternating current, see (in addition to the above) Clause 11.25.

### 11.03 Câbles pour circuits d'incendie

Pour ces services, on doit envisager des câbles «résistants au feu».

### 11.04 Détermination des sections de conducteurs

La section de chaque conducteur doit être suffisante pour satisfaire aux conditions suivantes:

- a) «Le courant admissible corrigé» de chaque câble ne doit pas être inférieur au courant maximal susceptible d'être transporté par ce câble.

Le courant admissible corrigé est calculé par application des coefficients de correction (voir articles 11.06 à 11.08) aux «courants admissibles en service continu» indiqués par le graphique N° 1 (voir article 11.05).

La charge maximale susceptible d'être transportée par le câble est calculée à partir des besoins de charge et des facteurs d'utilisation des circuits, machines, etc., alimentés par le câble (voir première partie, chapitre IV et article 11.10).

- b) La chute de tension dans le circuit lorsqu'il transporte la charge maximale, ne doit pas dépasser les limites spécifiées pour le circuit intéressé (voir en particulier article 11.09).
- c) Après avoir déterminé la section par les calculs indiqués ci-dessus, on doit la vérifier en tenant compte des échauffements susceptibles d'être produits par les surcharges, les courts-circuits, et les courants de démarrage des moteurs (voir article 11.08).
- d) La résistance mécanique des conducteurs doit être suffisante pour les conditions d'installation et d'exploitation.
- e) La section des conducteurs de masse doit être conforme à la première partie, chapitre III.

*Note.* — Les diagrammes et tableaux figurant dans ces recommandations pour les intensités admissibles et les coefficients de correction ne donnent que des valeurs moyennes, qui ne sont pas rigoureusement applicables à tous les types de câbles et toutes les conditions d'installation existant en pratique. Ils sont néanmoins recommandés pour être appliqués d'une façon générale, étant donné que les erreurs (de quelques degrés Celsius sur la température de fonctionnement estimée) sont de faible importance par rapport aux avantages d'une normalisation internationale unique pour l'évaluation des intensités admissibles. Une estimation plus précise doit pouvoir toutefois être admise dans des cas particuliers sur la base de données de l'expérience ou du calcul, acceptables par toutes les parties intéressées.

### 11.05 Courants admissibles en service continu

- a) Le «service continu» pour un câble doit être considéré au sens du chapitre XI comme un service où le temps de passage du courant (avec charge constante) est supérieur à trois fois la «constante thermique du câble», c'est-à-dire supérieur à la «durée critique» donnée par les courbes ( $T_a$ ) ou ( $T_b$ ) du graphique N° 2.
- b) Les courants admissibles en service continu recommandés pour les câbles à un conducteur sont donnés dans le graphique N° 1. Pour l'utilisation de ce graphique, voir tableau X.

### 11.03 Cables for fire extinguishing services

For those services “fire-resisting” cables should be taken in consideration.

### 11.04 Determination of the cross-sectional areas of conductors

The cross-sectional area of each conductor should be large enough for the following conditions to be complied with:

- a) The “corrected current rating” of each cable should be not lower than the highest current likely to be carried by the cable concerned.

The “corrected current rating” is calculated by applying the relevant correction factors (see 11.06 to 11.08) to the “current ratings for continuous service” given by Graph No. 1 (see 11.05).

The highest load liable to be carried by the cable should be calculated from the load demands and diversity factors of circuits, machinery, etc., supplied by the cable (see Part I, Chapter IV and Clause 11.10).

- b) The voltage drop in the circuit, when carrying the highest load, should not exceed the limits specified for the circuit concerned (see in particular Clause 11.09).
- c) After having been determined by the foregoing calculations, the cross-sectional area should be checked, taking into consideration the temperature rises liable to be caused by overloads, short circuits and motor starting currents (see Clause 11.08).
- d) The mechanical strength of conductors should be sufficient for the installation and working conditions.
- e) The cross-sections of the earth conductors should comply with Part I, Chapter III.

*Note.* — The diagrams and tables incorporated in these Recommendations for the current ratings and correction factors give only average values, which are not exactly applicable to all cable constructions and all installation conditions existing in practice. They are nevertheless recommended for general application, considering that the errors (a few degrees Celsius in the estimated operating temperature) are of little importance against the advantages of having a single international standard for the evaluation of the current ratings. In particular cases, however, a more precise evaluation should be permitted, based on experimental or calculated data acceptable to all interested parties.

### 11.05 Current ratings for continuous service

- a) “Continuous service” for a cable should be considered, for the purposes of Chapter XI, as a current consuming service (with constant load) having a duration longer than three times the “thermal time constant” of the cable, i.e. longer than the “critical duration” given by curves ( $T_a$ ) or ( $T_b$ ) in Graph No. 2.
- b) The current ratings for continuous service recommended for single-core cables are given in Graph No. 1. For the use of that Graph, see Table X.

Les courbes sont applicables avec une bonne approximation quel que soit le type de revêtement (par exemple tant pour les câbles armés que pour les câbles non armés).

*Note.* — Toutes les courbes ont été établies en admettant une température ambiante de 45°C et en admettant qu'une température d'âme à peu près égale à la température maximale de service de l'isolant (voir Chapitre X) est atteinte et maintenue continuellement dans le cas d'un groupe de quatre câbles groupés et posés à l'air libre. Pour des conditions différentes, voir les articles qui suivent.

- c) Pour les câbles à 2, 3 et 4 conducteurs, les valeurs données par les courbes doivent être multipliées par les coefficients de correction suivants (approximatifs):

0,85 dans le cas de câbles à 2 conducteurs;  
0,70 dans le cas de câbles à 3 ou 4 conducteurs.

TABLEAU X

*Guide pour l'emploi du graphique N° 1*

| Courbe<br>N° | Isolation                                                   | Température<br>maximale<br>du conducteur |
|--------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1            | Caoutchouc ou polychlorure de vinyle à usage général        | 60°C                                     |
| 2            | Caoutchouc ou polychlorure de vinyle résistant à la chaleur | 75°C                                     |
| 3            | Tissu verni ou caoutchouc butyle (mélange 80A)              | 80°C                                     |
| 4            | Isolant minéral                                             | 95°C                                     |

- Notes.* — i) Pour l'isolation tissu-vernis-amiant (type 85A), les valeurs données par la courbe N° 3 doivent être multipliées par 1,07, sauf dans des cas particuliers, par exemple lorsque la température maximale de 95°C pour les conducteurs est autorisée, le coefficient de correction est de 1,18 au lieu de 1,07.  
ii) Lorsque la gaine d'un câble à isolant minéral est accessible au toucher, les valeurs de courant données par la courbe N° 4 doivent être multipliées par le coefficient de correction 0,80 de telle sorte que la température de la gaine ne dépasse pas 70°C. Pour cette même raison, on ne doit pas appliquer les coefficients de correction 1,07 et 1,18 mentionnés à la note i) ci-dessus.  
iii) Lorsqu'on utilise les graphiques, on doit prendre pour abscisses les sections calculées (et non les sections nominales).

#### 11.06 Coefficients de correction pour les températures différentes d'air de refroidissement

La température de 45°C qui sert de base aux courants admissibles du graphique N° 1 est considérée comme une valeur normale pour la température de l'air de refroidissement, généralement applicable à toute sorte de navires et à la navigation dans tous les climats.

Toutefois, lorsque des navires sont prévus pour des usages particuliers (par exemple, caboteurs, ferries, engins de port) tels que la température ambiante soit toujours inférieure à 45°C, les valeurs du graphique N° 1 peuvent être augmentées (mais en aucun cas la température ambiante ne doit être considérée comme inférieure à 35°C).

Par contre, lorsqu'il est prévu que la température de l'air autour des câbles est généralement supérieure à 45°C (par exemple, lorsque certaines parties des câbles sont placées dans des endroits ou des locaux où se produit beaucoup de chaleur), les courants admissibles du graphique N° 1 doivent être diminués.

Les coefficients de correction à utiliser dans les cas ci-dessus sont donnés par le tableau suivant:

The curves are applicable, with fair approximation, whatever is the type of covering (e.g. both for armoured and unarmoured cables).

*Note.* — All curves have been calculated assuming an ambient temperature of 45°C and assuming that a conductor temperature approximately equal to the maximum rated temperature of the insulation (see Chapter X) is reached and maintained continuously in the case of a group of four cables bunched together and laid in free air. For different conditions, see following clauses.

- c) For 2, 3 and 4 conductor cables, the current values given by the curves should be multiplied by the following (approximated) correction factors:

0.85 for 2-core cables;  
0.70 for 3- and 4-core cables.

TABLE X  
*Guide to the use of Graph No. 1*

| Curve No. | Insulation                                           | Maximum Conductor temperature |
|-----------|------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1         | Rubber or polyvinylchloride, general purpose quality | 60°C                          |
| 2         | Rubber or polyvinylchloride, heat-resisting quality  | 75°C                          |
| 3         | Varnished-cambric or butyl rubber (compound 80 A)    | 80°C                          |
| 4         | Mineral insulation                                   | 95°C                          |

- Notes.* — i) For the asbestos-varnished-cambric insulation (Type 85 A) multiply by 1.07 the ampere values from curve No. 3, except that in special cases, i.e. when 95°C maximum conductor temperature is permitted, the correction factor is 1.18 instead of 1.07.  
ii) When the sheath of a mineral insulated cable is liable to be touched, the current ratings given by curve No. 4 should be multiplied by the correction factor 0.80 in order that the sheath temperature does not exceed 70°C. For the same reason, the correction factors 1.07 and 1.18 mentioned in note i) above should not be applied.  
iii) In using the graphs the effective (not the nominal) cross-sectional areas should be taken for the abscissae.

#### 11.06 Correction factors for different cooling air temperatures

The ambient temperature of 45°C, on which the current ratings in Graph No. 1 are based, is considered as a standard value for the cooling-air temperature, generally applicable for any kind of ship and for navigation in any climates.

When, however, ships for particular uses are considered (for instance: coasters, ferries, harbour craft) so that the ambient temperature is known to be permanently lower than 45°C, the current values from Graph No. 1 may be increased (but in no case should the ambient temperature be considered to be lower than 35°C).

When, on the other hand, it is to be expected that the air temperature around the cables is generally higher than 45°C (for instance when some part of a cable length is placed in spaces or compartments where much heat is produced), the current ratings from Graph No. 1 must be reduced.

The correction factors for these cases are given in the following table:

TABLEAU XI

Coefficients de correction pour diverses conditions de l'air de refroidissement

| 1                                                           | 2                                  | 3                                                                              | 4    | 5    | 6    | 7    |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Type d'isolation                                            | Température maximale du conducteur | Coefficient de correction pour des températures de l'air de refroidissement de |      |      |      |      |
|                                                             |                                    | 35°C                                                                           | 40°C | 45°C | 50°C | 55°C |
| Caoutchouc ou polychlorure de vinyle à usage général        | 60°C                               | 1,29                                                                           | 1,15 | 1,00 | 0,82 | —    |
| Caoutchouc ou polychlorure de vinyle résistant à la chaleur | 75°C                               | 1,15                                                                           | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 |
| Tissu verni ou caoutchouc butyle résistant à la chaleur     | 80°C                               | 1,13                                                                           | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,85 |
| Tissu verni-amianté                                         | 85°C                               | 1,12                                                                           | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 |
| Isolant minéral                                             | 95°C                               | 1,10                                                                           | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 |

## 11.07 Coefficient de correction pour câbles groupés

- a) Sauf dans le cas mentionné ci-dessous au paragraphe b), les valeurs de courant du graphique N° 1 (et celles qui en dérivent) doivent être considérées comme applicables, sans coefficient de correction:

- pour un maximum de six câbles groupés ou posés à plat à se toucher;
- pour un maximum de deux couches de câbles disposés comme suit:

000 000 000 000  
000 000 000 000

- et indépendamment du fait que les câbles sont posés sous conduites «ouvertes» ou partiellement «fermées».

- b) Lorsque plus de six câbles faisant partie du même circuit (et donc fonctionnant sous la même charge) sont groupés ou posés à se toucher de telle sorte que l'air ne circule pas librement autour d'eux, on doit appliquer un coefficient de correction de 0,85 aux valeurs de courant du graphique N° 1.

## 11.08 Coefficient de correction pour service temporaire

- a) Si un câble est destiné à l'alimentation d'un moteur ou d'un matériel fonctionnant pendant des périodes d'une demi-heure ou d'une heure, son courant indiqué par le graphique N° 1 peut être augmenté en utilisant le coefficient de correction correspondant donné par le graphique N° 2.

En général, le service d'une demi-heure s'applique à l'appareil à gouverner, au cabestan, aux guindeaux, aux gros treuils à marchandises.

Les coefficients de correction du graphique N° 2 ne s'appliquent que si les périodes intermédiaires de repos sont supérieures aux «durées critiques» ( $T_a$ ) et ( $T_b$ ) indiquées dans ce même graphique N° 2.

*Note.* — Il convient de remarquer que les coefficients de correction donnés par le graphique N° 2 sont très approchés et dépendent principalement de la quantité de métal que comportent les câbles.

De plus, ils ont été calculés dans l'hypothèse où les températures des conducteurs à la fin de chaque période de charge sont d'environ 62 — 78,5 — 84 — 101°C respectivement au lieu de 60 — 75 — 80 — 95°C (voir pour comparaison le tableau X).

TABLE XI

*Correction factors for various cooling-air conditions*

| 1                                                    | 2                             | 3                                                  | 4    | 5    | 6    | 7    |
|------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Type of cable insulation                             | Maximum conductor temperature | Correction factors for cooling-air temperatures of |      |      |      |      |
|                                                      |                               | 35°C                                               | 40°C | 45°C | 50°C | 55°C |
| Rubber or polyvinylchloride, general purpose quality | 60°C                          | 1.29                                               | 1.15 | 1.00 | 0.82 | —    |
| Rubber or polyvinylchloride, heat-resisting quality  | 75°C                          | 1.15                                               | 1.08 | 1.00 | 0.91 | 0.82 |
| Varnished cambric or butyl heat-resisting rubber     | 80°C                          | 1.13                                               | 1.07 | 1.00 | 0.93 | 0.85 |
| Asbestos varnished cambric                           | 85°C                          | 1.12                                               | 1.06 | 1.00 | 0.94 | 0.87 |
| Mineral insulation                                   | 95°C                          | 1.10                                               | 1.05 | 1.00 | 0.95 | 0.89 |

#### 11.07 Correction factors for cable grouping

- a) Except in the case mentioned under Sub-clause b), the current rating values given in Graph No. 1 (and those derived therefrom) should be considered applicable, without correction factors:

- for not more than six cables bunched or laid close together in flat formation;
- for not more than two cable layers with the following disposition:

000    000    000    000  
 000    000    000    000

- and irrespective of whether the cables are laid in “open” or partially “enclosed” raceways.

- b) When more than six cables belonging to the same circuit (and then operating with the same load) are bunched or laid close together in such a way that there is an absence of free air circulation around them, a correction factor of 0.85 should be applied to the current ratings obtained from Graph No. 1.

#### 11.08 Correction factors for non-continuous services

- a) If a cable is intended to supply a motor or equipment operating for periods of *half an hour* or *one hour*, its current rating, as given by Graph No. 1, may be increased using the relevant correction factors given by Graph No. 2.

In general, the half an hour service is applicable to: steering gears, capstans, windlasses, heavy cargo winches.

The correction factors in Graph No. 2 are applicable only if the intermediate periods of rests are longer than the “critical durations” ( $T_a$ ) and ( $T_b$ ) indicated in the same Graph No. 2.

*Note.* — It is to be noted that the correction factors given in Graph No. 2 are roughly approximate and are mainly dependent upon the quantity of metal contained in the cables.

Further they have been calculated admitting that the conductor temperature at the end of each load period (half an hour or one hour) are approximately 62 — 78.5 — 84 — 101°C respectively, instead of 60 — 75 — 80 — 95°C (see for comparison Table X).

- b) Pour les câbles qui alimentent un seul moteur destiné à fonctionner *en service intermittent* comme c'est généralement le cas pour les treuils (à l'exception de gros treuils), les grues à moteur et les appareils analogues; les courants indiqués par le graphique N° 1 peuvent être augmentés en appliquant les coefficients de correction donnés dans le graphique N° 3.

Les coefficients de correction donnés par le graphique N° 3 ont été grossièrement calculés pour des périodes de 10 minutes, dont 4 minutes à charge constante et 6 minutes sans charge.

#### 11.09 Chute de tension

La section des conducteurs doit être déterminée de telle façon que la chute de tension depuis les barres principales jusqu'en tout point de l'installation, les conducteurs étant parcourus par le courant maximal en service normal, ne dépasse pas pour l'éclairage 5 % de la tension nominale et, pour le chauffage et les appareils à moteur, 7 % de la tension nominale.

Ces valeurs sont valables dans des conditions normales et constantes. Dans le cas de conditions spéciales de courte durée, la chute de tension peut atteindre respectivement 8 % et 11 %. Une étude spéciale peut s'imposer dans certains cas en vue d'assurer un démarrage satisfaisant des moteurs.

#### 11.10 Evaluation des charges pour l'éclairage

Dans la détermination du courant des groupes d'éclairage en vue de calculer les dimensions des conducteurs, chaque douille doit être comptée pour un courant correspondant à la charge maximale susceptible d'y être raccordée avec un minimum de 60 W, sous réserve que si l'appareil d'éclairage ne peut recevoir qu'une lampe de moins de 60 W, le courant est évalué en conséquence.

### SECTION DEUX — INSTALLATION DES CÂBLES

#### 11.11 Parcours des canalisations

- a) Le parcours des canalisations doit être choisi de façon à être aussi rectiligne et accessible que possible.
- b) Il doit être choisi de façon à éviter autant que possible l'action de l'eau de condensation et des égouttements d'eau. Les câbles doivent être éloignés le plus possible des sources de chaleur, telles que les tuyaux à température élevée, les résistances, etc. et protégés contre les risques de détérioration mécanique lorsqu'on peut les éviter. Si l'on ne peut éviter l'installation des câbles à proximité des sources de chaleur, et s'ils sont par conséquent exposés à des risques de détérioration d'origine thermique, on doit installer des écrans appropriés.
- c) Sauf impossibilité absolue, on ne doit pas installer des câbles traversant les joints d'expansion. En tel cas, on doit prévoir une boucle ayant une longueur proportionnelle à l'expansion des joints, et d'un rayon intérieur égal au moins à 12 fois le diamètre extérieur du câble.
- d) Dans le choix des parcours des câbles, on doit tenir compte de la nécessité de la protection contre les rats.
- e) Dans le voisinage des locaux de réception radioélectrique, on doit observer les recommandations de l'article 11.12.

- b) For cables supplying a single motor intended to operate in an *intermittent service*, as is generally the case for cargo winches (except heavy cargo winches) engine room cranes and similar devices, the current ratings as given by Graph No.1 may be increased by applying the correction factors given by Graph No.3.

The correction factors given on Graph No.3 have been roughly calculated for periods of 10 minutes, of which 4 minutes are with a constant load and 6 minutes without load.

#### 11.09 Voltage drop

The cross-sectional areas of conductors should be so determined that the drop in voltage from the main switchboard bus-bars to any and every point on the installation when the conductors are carrying the maximum current under normal conditions of service, does not exceed for lighting circuits 5% of the nominal voltage and for heating and power circuits 7% of the nominal voltage.

These values are applicable under normal steady conditions. Under special conditions of short duration the voltage drop may be 8% and 11% respectively. Special consideration may be necessary, in certain cases, in order to ensure satisfactory starting of motors.

#### 11.10 Estimation of lighting loads

In the assessment of the current rating of lighting points for the purpose of determining sizes of conductors, every lampholder should be deemed to require a current equivalent to the maximum load likely to be connected to it, and this should be assumed to be at least 60 W; except that, where the lighting fitting is so constructed as to take only a lamp rated at less than 60 W, the current rating may be assessed accordingly.

### SECTION TWO — INSTALLATION OF CABLES

#### 11.11 Cable runs

- a) Cable runs should be selected so as to be as far as possible straight and accessible.
- b) They should be selected so as to avoid action from condensed moisture or drip. Cables should, as far as possible, be remote from sources of heat such as hot pipes, resistors, etc., and protected from avoidable risks of mechanical damage. Where installation of cables near sources of heat cannot be avoided, and where there is consequently a risk of damage to the cables by heat, suitable shields should be installed.
- c) Unless absolutely unavoidable, cables should not be installed across expansion joints. In that case, a loop of cable having a length proportional to the expansion of the joint should be provided. The minimum internal radius of the loop should be 12 times the external diameter of the cable.
- d) In the construction of cable runs, account should be taken of the need for protection against rats.
- e) For cable runs in the vicinity of a radio-receiving room, etc., the recommendations of Clause 11.12 should be carefully observed.

- f) Dans le cas de service avec alimentation double, les deux canalisations doivent suivre des parcours différents qui doivent être écartés de la plus grande distance possible.
- g) Les câbles dont les isolants correspondent à des températures maximales admissibles différentes (voir tableau II du chapitre X), ne doivent pas être groupés dans le même collier presse-étoupe ou conduit.  

Lorsque ceci n'est pas réalisable, on doit utiliser les câbles de telle façon qu'aucun d'entre eux n'atteigne une température supérieure à celle admissible pour le câble dont la température maximale est la plus basse du groupe.
- h) Les câbles munis d'un revêtement protecteur susceptible d'endommager celui de câbles plus vulnérables ne doivent pas être groupés dans le même collier, presse-étoupe ou conduit.
- j) Les câbles munis d'une gaine de cuivre doivent être installés de façon à empêcher la corrosion galvanique due au contact avec un autre métal.

#### 11.12 Câbles passant à proximité du matériel radio

- a) Tous les câbles posés à demeure à moins de 9 m (30 ft) de tout système d'aérien, local radio ou radiogoniomètre, sauf le cas d'interposition d'un pont ou d'une cloison métallique, doivent être sous gaine ou tresse métallique ou tout autre blindage approprié. Dans les mêmes conditions, les câbles souples doivent être blindés dans toute la mesure du possible.
- b) Il importe de ne pas faire passer dans un local radio des câbles autres que ceux qui l'alimentent. Les câbles qui doivent traverser un local radio doivent être installés sur toute la longueur du local dans un conduit ou une gaine métallique qui doivent être reliés électriquement au blindage du local aux points d'entrée et de sortie.  

*Note.* — On a trouvé à la fois avantageux et commode de grouper les câbles alimentant des installations de locaux contigus aux installations de réception dans un nombre minimal de parcours bien déterminés.
- c) Lorsque les groupes convertisseurs sont placés à l'extérieur du local radio, les câbles qui relient les convertisseurs à ce local radio doivent être de préférence séparés des autres câbles étrangers à l'installation radio. Il peut être nécessaire de prendre les mêmes mesures pour certains autres câbles susceptibles de produire des perturbations comme dans le cas des sonneries d'avertissement automatique, des indicateurs lumineux de radiogoniomètres et des téléphones de passerelle, à moins qu'un antiparasitage approprié ne soit assuré.
- d) Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des câbles à un conducteur, les conducteurs d'arrivée et de départ doivent être fixés aussi près que possible l'un de l'autre et on doit les faire passer de façon à éviter des boucles ou des portions de boucle.
- e) On doit particulièrement veiller à séparer les câbles qui transportent des impulsions de grande amplitude et les câbles d'énergie alimentant des appareils où il existe de telles impulsions. L'emploi de câbles blindés est souvent à lui seul insuffisant en pareil cas et il peut être nécessaire d'utiliser un parcours de câble blindé dans un conduit de grandes dimensions.
- f) Lorsque le local radio est de construction entièrement métallique, on peut avoir intérêt à installer des dispositifs d'antiparasitage sur les câbles à leur point d'entrée dans le local.

- f) In the case of a service which is required to have a duplicate supply, the two supply lines should follow different paths, which should be separated as far as practicable.
- g) Cables having insulating materials with different maximum rated conductor temperatures (see Table II in Chapter X) should not be bunched in a common clip, gland, conduit or duct.

When this is impracticable, the cables should be so selected that no cable reaches a temperature higher than that permissible for the lowest temperature rated cable in the bunch.

- h) Cables having a protective covering which may damage the covering of more vulnerable cables should not be bunched in a common clip, gland, conduit or duct.
- i) Cables having a copper sheath should be installed in such a way that galvanic corrosion by contact with other metals is prevented.

#### 11.12 Cables in the vicinity of radio equipment

- a) All permanently installed cables within 9 m (30 ft) of any aerial system, radio cabin or direction finder, unless a metal deck or bulkhead intervenes, should be metal-sheathed, metal-braided or otherwise adequately screened. In such situations flexible cables should be screened wherever practicable.
- b) It is important that cables other than those feeding services in a radio room should not be installed therein. Cables which must pass through a screened radio room should be run throughout the length within the cabin in a continuous metal conduit or trunking which shall be bonded to the screening of the cabin at the points of entry and exit.

*Note.* — It has been found both advantageous and practicable to group cables supplying services to rooms adjacent to radio receiving installations in a minimum number of well-defined runs.

- c) When the power converting plant is placed outside the radio room, the cables connecting convertor and radio room should preferably be installed separately from other cables not associated with the radio installation. Similar action may be necessary for certain other cables liable to pick-up interference, e.g. auto alarm bells, D/F signal lighting and bridge telephones, unless suitable suppression can be provided.
- d) Where it is necessary to use single-core cable, the lead and return conductors should be fixed as close to one another as possible and should be so run as to avoid loops or partial loops.
- e) Particular care should be taken to segregate cables carrying pulses of high amplitude and power cables supplying units in which such pulses are present. The use of screened cable alone is often inadequate in such cases and it may be necessary to use screened cable run in heavy-gauge conduit.
- f) When the radio room is of wholly metallic construction, some advantage may be gained by the fitting of suppressors to cables at their point of entry into the room.

### 11.13 Protection mécanique

- a) Les câbles exposés aux risques de dommages mécaniques doivent être enfermés dans des conduits en acier (voir toutefois le préambule de l'article 11.18) ou protégés par une enveloppe métallique, à moins que leur revêtement protecteur (par exemple armure ou gaine) soit suffisant pour empêcher les dommages possibles.
- b) Les câbles exposés à des risques spéciaux de dommage mécanique, par exemple dans les cales, les magasins, les soutes, etc., doivent être protégés par des enveloppes ou des conduits appropriés, même s'ils sont armés, si la construction en acier n'assure pas une protection suffisante pour les câbles.
- c) Les enveloppes métalliques utilisées pour la protection mécanique des câbles doivent être efficacement protégées contre la corrosion.

### 11.14 Mise à la masse des gaines et revêtements métalliques

- a) Tous les revêtements métalliques des câbles (gaine de plomb, armure, etc.) doivent être reliés électriquement à la coque métallique du navire aux deux extrémités, à l'exception des dérivations terminales qui peuvent être raccordées seulement du côté de l'alimentation.  
Pour les câbles à un conducteur à courant alternatif, voir article 11.25.
- b) Les connexions de masse doivent être faites avec des conducteurs de section en rapport avec les courants admissibles dans les conducteurs (voir également première partie, chapitre III), ou avec des brides métalliques serrées sur la gaine métallique du câble et reliées à la coque métallique du navire. Les gaines et autres armures de câbles peuvent être mises à la masse au moyen de presse-étoupe prévus à cet effet et conçus de façon à assurer une mise à la masse efficace. Les presse-étoupe doivent être solidement fixés et en contact électrique efficace avec une pièce métallique mise à la masse conformément aux présentes recommandations.
- c) La continuité électrique de tous les revêtements métalliques des câbles doit être assurée, sur toute leur longueur, particulièrement aux jonctions et dérivations.
- d) En aucun cas, le plomb des câbles sous gaine de plomb ne doit être utilisé pour la mise à la masse des parties normalement isolées (voir première partie, chapitre IV).
- e) Les enveloppes métalliques et les conduits, même munis de joints, doivent assurer la continuité mécanique et électrique et être effectivement reliés à la masse.

### 11.15 Rayons de courbure

Le rayon de courbure interne d'une boucle pour l'installation des câbles doit être conforme aux valeurs du tableau XII ci-après.

### 11.13 Mechanical protection

- a) Cables exposed to risk of mechanical damage should be enclosed in steel conduits (see, however, the preamble of Clause 11.18) or be protected by metal casing, unless the protective covering (for instance armour or sheath) is sufficient to withstand the probable damage.
- b) Cables exposed to exceptional risk of mechanical damage, for example in holds, storage-spaces, cargo-spaces, etc., should be protected by suitable casing or conduits, even when armoured, if the steel construction does not afford sufficient protection for the cables.
- c) Metal casing used for mechanical protection of cables should be efficiently protected against corrosion.

### 11.14 Earthing of metal coverings of cables and of mechanical protection

- a) All metal coverings of cables (lead sheath, armour, etc.) should be electrically connected to the metal hull of the ship at both ends except in final sub-circuits, where they may be connected only at the supply end.  
For single-core a.c. cables, see Clause 11.25.
- b) Earthing connections should be carried out with conductors having cross-sectional areas related to the current ratings of the cables (see also Part I, Chapter III), or with metal clamps gripping the metal sheath of the cable and connected to the metal hull of the ship. The sheaths and armours of cables may be earthed by means of glands intended for the purpose and so designed as to ensure an effective earth connection. The glands should be firmly attached to, and in effective electrical contact with, a metal structure earthed in accordance with these Recommendations.
- c) The electrical continuity of all metal coverings throughout the length of the cables, particularly at joints and tapings, should be ensured.
- d) In no case should the lead of lead-sheathed cables be used as the sole means of earthing non-current-carrying parts (see Part I, Chapter IV).
- e) Metal casings, pipes and conduits should be effectively earthed and when fitted with joints, should be mechanically and electrically continuous and effectively earthed.

### 11.15 Radius of bend

The internal radius of bend for the installation of cables should comply with the following Table XII.

TABLEAU XII

Rayons de courbure

| Type de construction de câble        |                                    | Diamètre extérieur du câble D                                                          | Valeur minimale du rayon de courbure (en multiples du diamètre D) |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Enveloppe isolante (1)               | Revêtement extérieur (2)           |                                                                                        |                                                                   |
| Caoutchouc ou polychlorure de vinyle | Gaine d'alliage de plomb et armure | Quelconque                                                                             | 6                                                                 |
|                                      | Autres                             | $\leq 9,5 \text{ mm } (\frac{3}{8} \text{ in})$                                        | 3                                                                 |
|                                      |                                    | $> 9,5 \text{ mm } (\frac{3}{8} \text{ in})$ et $\leq 25,4 \text{ mm } (1 \text{ in})$ | 4                                                                 |
|                                      |                                    | $> 25,4 \text{ mm } (1 \text{ in})$                                                    | 6                                                                 |
| Tissu verni                          | Quelconque                         | Quelconque                                                                             | 8                                                                 |
| Isolant minéral                      | Cuirasse métallique                | $\leq 7 \text{ mm } (0,28 \text{ in})$                                                 | 2                                                                 |
|                                      |                                    | $> 7 \text{ mm}$ et $\leq 12,7 \text{ mm } (\frac{1}{2} \text{ in})$                   | 3                                                                 |
|                                      |                                    | $> 12,7 \text{ mm } (\frac{1}{2} \text{ in})$                                          | 4                                                                 |

#### 11.16 Fixation

- a) A l'exception des câbles pour appareils portatifs et de ceux installés sous conduits ou sous coffrage en bois, les câbles doivent être fixés au moyen de taquets, de brides ou de supports en métal ou en autre matériau approprié et de préférence non propagateur de la flamme, ayant si nécessaire subi un traitement approprié et présentant une grande surface avec des bords lisses et arrondis de façon que les conducteurs restent tendus sans que leur revêtement en soit endommagé.
- b) Les distances entre supports doivent être convenablement choisis selon la nature du câble et les probabilités de vibrations. Elles ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau XIII.

TABLE XII  
*Bending radii*

| Cable construction           |                                  | Overall diameter of cable D                                           | Minimum internal bending radius (times overall diameter D) |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Insulation<br>(1)            | Outer covering<br>(2)            |                                                                       |                                                            |
| Rubber or Polyvinyl-chloride | Lead-alloy sheathed and armoured | Any                                                                   | 6                                                          |
|                              | Other finishes                   | Not exceeding 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in)                              | 3                                                          |
|                              |                                  | Exceeding 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in) but not exceeding 25.4 mm (1 in) | 4                                                          |
|                              |                                  | Exceeding 25.4 mm (1 in)                                              | 6                                                          |
| Varnished Cambric            | Any                              | Any                                                                   | 8                                                          |
| Mineral                      | Hard metal sheathed              | Not exceeding 7 mm (0.28 in)                                          | 2                                                          |
|                              |                                  | Exceeding 7 mm but not exceeding 12.7 mm ( $\frac{1}{2}$ in)          | 3                                                          |
|                              |                                  | Exceeding 12.7 mm ( $\frac{1}{2}$ in)                                 | 4                                                          |

#### 11.16 Fixing

- a) With the exception of cables for portable appliances and of those installed in conduits or wood casings, cables should be fixed by means of cleats, clips or saddles made of metal or other suitable preferably flame-retardant material, if necessary suitably treated, having a large surface area and smooth edges and so rounded that the cables remain tight without their coverings being damaged.
- b) The distances between supports should be suitably chosen according to the type of cable and the probability of vibration and should not exceed the values given in Table XIII.