

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

**CEI**  
**IEC**  
**298**

Troisième édition  
Third edition  
1990-12

---

---

**Appareillage sous enveloppe métallique  
pour courant alternatif  
de tensions assignées supérieures à 1 kV  
et inférieures ou égales à 52 kV**

**A.C. metal-enclosed switchgear and  
controlgear for rated voltages above 1 kV  
and up to and including 52 kV**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 298: 1990

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie

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

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology

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

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

## Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

## IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
298

Troisième édition  
Third edition  
1990-12

---

---

**Appareillage sous enveloppe métallique  
pour courant alternatif  
de tensions assignées supérieures à 1 kV  
et inférieures ou égales à 52 kV**

**A.C. metal-enclosed switchgear and  
controlgear for rated voltages above 1 kV  
and up to and including 52 kV**

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés – Copyright – all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

XA

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	6
PRÉFACE .....	6
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application .....	8
SECTION DEUX — CONDITIONS DE SERVICE	
2. Conditions de service normales et spéciales .....	8
SECTION TROIS — TERMES ET DÉFINITIONS	
3. Définitions .....	10
SECTION QUATRE — CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES	
4. Caractéristiques assignées .....	18
4.1 Tension assignée .....	18
4.2 Niveau d'isolement assigné .....	18
4.3 Fréquence assignée .....	18
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement .....	18
4.5 Courant de courte durée admissible assigné .....	20
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné .....	20
4.7 Durée de court-circuit assignée .....	20
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires .....	20
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires .....	20
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre .....	20
4.101 Pression de remplissage assignée (des compartiments à remplissage de gaz) .....	20
SECTION CINQ — RÈGLES DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION	
5. Conception et construction .....	20
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage .....	22
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage .....	22
5.3 Mise à la terre .....	22
5.4 Equipements auxiliaires .....	24
5.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure .....	24
5.6 Fermeture à accumulation d'énergie .....	24
5.7 Fonctionnement des déclencheurs .....	24
5.8 Verrouillages à basse et à haute pression .....	24
5.9 Plaques signalétiques .....	24
5.101 Degré de protection et défaut interne .....	26
5.102 Enveloppe .....	28
5.103 Cloisons et volets .....	32
5.104 Décharge de pression des compartiments à remplissage de gaz .....	34
5.105 Sectionneurs et sectionneurs de terre .....	34
5.106 Verrouillages .....	36
5.107 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles .....	38
SECTION SIX — RÈGLES POUR ESSAIS DE TYPE	
6. Essais de type .....	38
6.1 Essais diélectriques .....	40
6.2 Essais de tension de perturbation radioélectrique .....	46
6.3 Essais d'échauffement .....	46
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal .....	46

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
PREFACE .....	7
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope .....	9
SECTION TWO — SERVICE CONDITIONS	
2. Normal and special service conditions .....	9
SECTION THREE — TERMS AND DEFINITIONS	
3. Definitions .....	11
SECTION FOUR — RATED CHARACTERISTICS	
4. Rating .....	19
4.1 Rated voltage .....	19
4.2 Rated insulation level .....	19
4.3 Rated frequency .....	19
4.4 Rated normal current and temperature rise .....	19
4.5 Rated short-time withstand current .....	21
4.6 Rated peak withstand current .....	21
4.7 Rated duration of short circuit .....	21
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits .....	21
4.9 Rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits .....	21
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for operation .....	21
4.101 Rated filling pressure (of gas-filled compartments) .....	21
SECTION FIVE — RULES FOR DESIGN AND CONSTRUCTION	
5. Design and construction .....	21
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear .....	23
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear .....	23
5.3 Earthing .....	23
5.4 Auxiliary equipment .....	25
5.5 Dependent power closing .....	25
5.6 Stored energy closing .....	25
5.7 Operation of releases .....	25
5.8 Low and high pressure interlocking devices .....	25
5.9 Nameplates .....	25
5.101 Degree of protection and internal fault .....	27
5.102 Enclosure .....	29
5.103 Partitions and shutters .....	33
5.104 Pressure relief of gas-filled compartments .....	35
5.105 Disconnectors and earthing switches .....	35
5.106 Interlocks .....	37
5.107 Provisions for dielectric tests on cables .....	39
SECTION SIX — RULES FOR TYPE TESTS	
6. Type tests .....	39
6.1 Dielectric tests .....	41
6.2 Radio interference voltage (RIV) tests .....	47
6.3 Temperature-rise tests .....	47
6.4 Measurement of the resistance of the main circuit .....	47

	Pages
6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles	46
6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	48
6.102 Essais de fonctionnement mécanique	50
6.103 Vérification du degré de protection	50
6.104 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz	50
6.105 Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz	50
6.106 Mesurage des courants de fuite	52
6.107 Essai de protection contre les intempéries	52
6.108 Arc dû à un défaut interne	52

SECTION SEPT — RÈGLES POUR ESSAIS INDIVIDUELS DE SÉRIE

7. Essais individuels de série	54
7.1 Essais de tension à la fréquence industrielle du circuit principal	54
7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande	54
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal	54
7.101 Mesurage des décharges partielles	56
7.102 Essais de fonctionnement mécanique	56
7.103 Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz	56
7.104 Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz	56
7.105 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	56
7.106 Vérification de l'exactitude de la filerie	56
7.107 Essais après montage sur le site	56
7.108 Vérification de l'état du gaz après remplissage sur le site	58

SECTION HUIT — INFORMATION GÉNÉRALE

8. Guide pour le choix des appareils de connexion selon le service	58
9. Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	58
9.101 Renseignements dans les appels d'offre et les commandes	58
9.102 Renseignements pour les soumissions	60
10. Règles pour le transport, le stockage, l'installation et la maintenance	62
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	62
10.2 Installation (montage)	62
10.3 Maintenance	62
FIGURE 1 — Doigt d'épreuve normalisé	64
Annexe AA — Défaut interne	66
Annexe BB — Méthode de calcul de la section des conducteurs nus vis-à-vis des contraintes thermiques dues aux courants de courte durée	80
Annexe CC — Méthode recommandée pour l'essai de protection contre les intempéries de l'appareillage sous enveloppe métallique pour l'installation à l'extérieur	82
Annexe DD — Guide pour les essais diélectriques après montage sur le site	86
Annexe EE — Niveau d'isolement assigné pour la série II	88
Annexe FF — Essais de décharges partielles	90
Annexe GG — Spécifications et essais d'étanchéité au gaz	100

	Page
6.5 Short-time and peak withstand current tests .....	47
6.101 Verification of making and breaking capacities .....	49
6.102 Mechanical operation tests .....	51
6.103 Verification of the degree of protection .....	51
6.104 Pressure withstand test for gas-filled compartments .....	51
6.105 Gas tightness tests of gas-filled compartments .....	51
6.106 Measurement of leakage currents .....	53
6.107 Weatherproofing test .....	53
6.108 Arcing due to internal fault .....	53

## SECTION SEVEN — RULES FOR ROUTINE TESTS

7. Routine tests .....	55
7.1 Power-frequency voltage tests on the main circuit .....	55
7.2 Dielectric tests on auxiliary and control circuits .....	55
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit .....	55
7.101 Partial discharge measurement .....	57
7.102 Mechanical operation tests .....	57
7.103 Pressure tests of gas-filled compartments .....	57
7.104 Gas tightness tests of gas-filled compartments .....	57
7.105 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices .....	57
7.106 Verification of correct wiring .....	57
7.107 Tests after erection on site .....	57
7.108 Measurement of gas condition after filling on site .....	59

## SECTION EIGHT — GENERAL INFORMATION

8. Guide to the selection of switching devices for service .....	59
9. Information to be given with enquiries, tenders and orders .....	59
9.101 Information with enquiries and orders .....	59
9.102 Information with tenders .....	61
10. Rules for transport, storage, erection and maintenance .....	63
10.1 Conditions during transport, storage and erection .....	63
10.2 Erection (mounting) .....	63
10.3 Maintenance .....	63
FIGURE 1 — Standard test finger .....	64
ANNEX AA — Internal fault .....	67
ANNEX BB — Method of calculating the cross-sectional area of bare conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration .....	81
ANNEX CC — Recommended method for the weatherproofing test for outdoor metal-enclosed switchgear and controlgear .....	83
ANNEX DD — Guide for voltage tests after erection on site .....	87
ANNEX EE — Rated insulation level for Series II .....	89
ANNEX FF — Partial discharge measurement .....	91
ANNEX GG — Gas tightness specifications and tests .....	101

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE  
POUR COURANT ALTERNATIF  
DE TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 1 kV  
ET INFÉRIEURES OU ÉGALES À 52 kV**

## PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

## PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du Comité d'Etudes n° 17 de la CEI: Appareillage.

Elle constitue la troisième édition de la CEI 298 et remplace la deuxième édition de 1981 et la modification n° 1 (1987).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
17C(BC)34	17C(BC)39, 39A et 39B
17C(BC)58	17C(BC)59
17C(BC)65	17C(BC)68

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes AA à GG sont normatives.

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

- Publications n°s: 50(151) (1978): Vocabulaire Electronique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.
- 50(441) (1984): Chapitre 441: Appareillage et fusibles.
- 56 (1987): Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.
- 129 (1984): Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.
- 137 (1984): Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V.
- 243-1 (1988): Méthodes d'essai pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides. Première partie: Mesure aux fréquences industrielles.
- 270 (1981): Mesure des décharges partielles.
- 466 (1987): Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 38 kV.
- 480 (1974): Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prélevé sur le matériel électrique.
- 517 (1990): Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV.
- 529 (1976): Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes.
- 694 (1980): Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**A.C. METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR  
AND CONTROLGEAR FOR RATED VOLTAGES ABOVE 1 kV  
AND UP TO AND INCLUDING 52 kV**

## FOREWORD

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

## PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 17C: High-voltage enclosed switchgear and controlgear, of I E C Technical Committee No. 17: Switchgear and controlgear.

It forms the third edition of I E C 298 and replaces the second edition issued in 1981 and Amendment No. 1 (1987).

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
17C(CO)34 17C(CO)58 17C(CO)65	17C(CO)39, 39A and 39B 17C(CO)59 17C(CO)68

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

Annexes AA to GG are normative.

*The following I E C publications are quoted in this standard:*

Publications Nos.: 50(151) (1978): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and magnetic devices.

50(441) (1984): Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses.

56 (1987): High-voltage alternating-current circuit-breakers.

129 (1984): Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches.

137 (1984): Bushings for alternating voltages above 1000 V.

243-1 (1988): Methods of test for electric strength of solid insulating materials, Part 1: Tests at power frequencies.

270 (1981): Partial discharge measurements.

466 (1987): A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV.

480 (1974): Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment.

517 (1990): Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above.

529 (1976): Classification of degrees of protection provided by enclosures.

694 (1980): Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards.

# APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE POUR COURANT ALTERNATIF DE TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES à 1 kV ET INFÉRIEURES OU ÉGALES À 52 kV

## SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

### 1. Domaine d'application

La présente norme spécifie les exigences pour l'appareillage préfabriqué sous enveloppe métallique pour courant alternatif, prévu pour être installé à l'intérieur et à l'extérieur, pour des tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Pour l'appareillage sous enveloppe métallique comprenant des compartiments à remplissage de gaz, la pression effective de calcul est limitée à 3 bar au maximum. Si la pression de calcul dépasse 3 bar, les compartiments à remplissage de gaz doivent être conçus et essayés suivant la C E I 517.

L'appareillage sous enveloppe métallique destiné à une utilisation spéciale, par exemple pour atmosphères inflammables, dans les mines ou à bord des navires, peut faire l'objet d'exigences complémentaires.

La présente norme ne traite pas des matériels compris dans l'appareillage sous enveloppe métallique qui font l'objet de spécifications particulières.

#### NOTES

- 1 Les ensembles d'appareillage ayant une enveloppe isolante relèvent de la C E I 466.
- 2 L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation dans l'air à la pression atmosphérique de tension assignée supérieure à 52 kV peut être couvert par la présente norme en prenant en compte les niveaux d'isolement de la C E I 694.
- 3 Des compartiments hermétiquement clos à remplissage de liquide isolant sont indépendants de l'atmosphère ambiante, au même titre que des compartiments à remplissage de gaz.

## SECTION DEUX — CONDITIONS DE SERVICE

### 2. Conditions de service normales et spéciales

L'appareillage sous enveloppe métallique est, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans cette norme, prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service.

Se référer à l'article 2 de la C E I 694.

Pour des installations à l'extérieur, il est entendu qu'à l'intérieur de l'enveloppe règnent les conditions normales d'intérieur. Si nécessaire, des mesures appropriées doivent être prises, telles que le conditionnement d'air, pour pouvoir utiliser des matériels d'intérieur courants. Cela ne s'applique pas aux compartiments à remplissage de gaz.

# A.C. METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR FOR RATED VOLTAGES ABOVE 1 kV AND UP TO AND INCLUDING 52 kV

## SECTION ONE — GENERAL

### 1. Scope

This standard specifies requirements for factory-assembled metal-enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV for indoor and outdoor installation, and for service frequencies up to and including 60 Hz.

For metal-enclosed switchgear and controlgear containing gas-filled compartments, the design pressure is limited to a maximum of 3 bar (gauge). Gas-filled compartments having a design pressure exceeding 3 bar (gauge) shall be designed and tested in accordance with I E C 517.

Metal-enclosed switchgear and controlgear for special use, for example in flammable atmospheres, in mines or on board ships, may be subject to additional requirements.

This standard does not deal with components contained in metal-enclosed switchgear and controlgear for which individual specifications exist.

#### NOTES

- 1 Switchgear and controlgear assemblies having an insulation enclosure are covered by I E C 466.
- 2 Metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 52 kV insulated by air at atmospheric pressure may be covered by this standard taking into account the insulation levels of I E C 694.
- 3 Liquid-insulated hermetically sealed compartments are equal to gas-filled compartments with respect to independence from ambient atmosphere.

## SECTION TWO — SERVICE CONDITIONS

### 2. Normal and special service conditions

Unless otherwise specified in this standard, the metal-enclosed switchgear and controlgear is designed to be used under normal service conditions.

Refer to Clause 2 of I E C 694.

For outdoor installation it is assumed that inside the enclosure, normal indoor conditions prevail. If necessary, appropriate measures shall be taken, such as air conditioning, so that common indoor components may be used. This does not apply to gas-filled compartments.

## SECTION TROIS – TERMES ET DÉFINITIONS

## 3. Définitions

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans la présente norme, il est fait référence au Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), à savoir la C E I 50 (441) et la C E I 50 (151).

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de la présente norme:

3.101 *Appareillage*

Terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec les appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondantes (VEI 441-11-01).

3.102 *Appareillage sous enveloppe métallique*

Ensemble d'appareillage, avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, complètement assemblé à l'exception des connexions extérieures (VEI 441-12-04).

NOTE — L'appareillage sous enveloppe métallique est subdivisé en trois types:

- l'appareillage blindé;
- l'appareillage compartimenté (avec une ou plusieurs cloisons non métalliques);
- l'appareillage bloc.

3.102.1 *Appareillage blindé*

Appareillage sous enveloppe métallique dont les matériels sont disposés à l'intérieur de compartiments distincts ayant des cloisons métalliques destinées à être mises à la terre.

## NOTES

1 Ce terme s'applique à l'appareillage sous enveloppe métallique ayant des cloisons métalliques dont le degré de protection est donné dans le tableau 1 (ou plus élevé) et ayant des compartiments distincts au moins pour les matériels suivants:

- a) chaque appareil de connexion principal;
- b) les matériels connectés à l'un des côtés d'un appareil de connexion principal, par exemple circuit d'alimentation;
- c) les matériels connectés à l'autre côté d'un appareil de connexion principal, par exemple les barres omnibus; lorsqu'il est prévu plus d'un jeu de barres, chacun de ces jeux doit en principe être dans un compartiment séparé.

2 Un appareillage sous enveloppe métallique ayant des cloisons métalliques et répondant à toutes les exigences de la note 1, peut utiliser un écran à volet isolant comme partie d'un dispositif de volet, dont la combinaison procure le degré de protection qui est donné dans le tableau 1 (ou plus élevé) et satisfait aux exigences du paragraphe 5.103.1 pour les cloisons et volets en matériau isolant.

3.102.2 *Appareillage compartimenté (à cloisons non métalliques)*

Appareillage sous enveloppe métallique dont les matériels sont disposés à l'intérieur de compartiments distincts comme dans l'appareillage blindé, mais comprenant une ou plusieurs cloisons non métalliques dont le degré de protection est donné dans le tableau 1 (ou plus élevé).

NOTE — L'appareillage sous enveloppe métallique dont les matériels des circuits principaux sont individuellement enrobés de matériau isolant solide peut être considéré comme une variante sous réserve que soient remplies les conditions spécifiées dans la CEI 466.

3.102.3 *Appareillage bloc*

Appareillage sous enveloppe métallique autre que l'appareillage blindé et l'appareillage compartimenté.

## SECTION THREE — TERMS AND DEFINITIONS

## 3. Definitions

For the definitions of general terms used in this standard, reference is made to the International Electrotechnical Vocabulary (IEV), namely I E C 50 (441) and I E C 50 (151).

The following definitions apply for the purpose of this standard:

3.101 *Switchgear and controlgear*

A general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures (IEV 441-11-01).

3.102 *Metal-enclosed switchgear and controlgear*

Switchgear and controlgear assemblies with an external metal enclosure intended to be earthed and complete except for external connections (IEV 441-12-04).

NOTE — The metal-enclosed switchgear and controlgear is subdivided into three types:

- metal-clad switchgear and controlgear;
- compartmented switchgear and controlgear (with one or more non-metallic partitions);
- cubicle switchgear and controlgear.

3.102.1 *Metal-clad switchgear and controlgear*

Metal-enclosed switchgear and controlgear in which components are arranged in separate compartments with metal partitions intended to be earthed.

## NOTES

1 This term applies to metal-enclosed switchgear and controlgear with metal partitions providing the degree of protection included in table 1 (or higher) and having separate compartments at least for the following components:

- a) each main switching device;
- b) components connected to one side of a main switching device, for example feeder circuit;
- c) components connected to the other side of the main switching device, for example busbars; where more than one set of busbars is provided, each set being in a separate compartment.

2 Metal-enclosed switchgear and controlgear having metal partitions and meeting all the requirements of note 1, may utilize an insulating shutter barrier as a part of the shutter arrangement, the combination of which provides the degree of protection included in table 1 (or higher) and satisfies the requirements of Sub-clause 5.103.1 for partitions and shutters made of insulating material.

3.102.2 *Compartmented switchgear and controlgear (with non-metallic partitions)*

Metal-enclosed switchgear and controlgear in which components are arranged in separate compartments as for metal-clad switchgear and controlgear, but with one or more non-metallic partitions providing the degree of protection included in table 1 (or higher).

NOTE — Metal-enclosed switchgear and controlgear in which the main circuit components are individually embedded in solid insulating material can be considered as an alternative, provided that the conditions specified in I E C 466 are met.

3.102.3 *Cubicle switchgear and controlgear*

Metal-enclosed switchgear and controlgear, other than metal-clad and compartmented switchgear and controlgear.

NOTE — Ce terme s'applique à l'appareillage ayant une enveloppe métallique et ayant l'une des particularités suivantes:

- a) nombre de compartiments inférieur à celui prévu pour l'appareillage blindé ou l'appareillage compartimenté;
- b) cloisons ayant un degré de protection inférieur à ceux donnés dans le tableau 1;
- c) aucune cloison.

### 3.103 *Unité de transport*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique pouvant être transportée sans être démontée.

### 3.104 *Unité fonctionnelle*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique comprenant tous les matériels des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction (VEI 441-13-04).

NOTE — Les unités fonctionnelles peuvent se différencier selon la fonction pour laquelle elles sont prévues, par exemple: unité d'arrivée, unité de départ, etc.

### 3.105 *Enveloppe*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique procurant un degré de protection spécifié de l'équipement contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles et contre le contact avec des parties en mouvement (VEI 441-13-01).

### 3.106 *Compartiment*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique fermée à l'exception des ouvertures nécessaires à l'interconnexion, à la commande ou à la ventilation (VEI 441-13-05).

#### NOTES

- 1 Un compartiment peut être désigné par le matériel principal qu'il contient, par exemple compartiment disjoncteur, compartiment barres omnibus, etc.
- 2 Les ouvertures nécessaires à l'interconnexion entre les compartiments sont fermées par des traversées ou d'autres moyens équivalents.
- 3 Les compartiments barres omnibus peuvent s'étendre sur plusieurs unités fonctionnelles sans nécessiter des traversées ou d'autres moyens équivalents.

### 3.107 *Compartiment à remplissage de gaz*

Compartiment d'un appareillage sous enveloppe métallique à pression interne de gaz constituant l'un des systèmes suivants:

- a) système à pression entretenue;
- b) système à pression autonome;
- c) système à pression scellé.

(Se reporter à l'annexe GG.)

NOTE — Plusieurs compartiments à remplissage de gaz peuvent être interconnectés à un système de gaz commun (ensemble étanche au gaz).

### 3.108 *Matériel*

Partie essentielle du circuit principal ou du circuit de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique, qui possède une fonction spécifique (par exemple disjoncteur, sectionneur, interrupteur, fusible, transformateur de mesure, traversée, barre omnibus, etc.).

### 3.109 *Cloison*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique séparant un compartiment des autres compartiments (VEI 441-13-06).

NOTE — This term applies to switchgear and controlgear having a metal enclosure and having either:

- a) a number of compartments less than that required for metal-clad or compartmented switchgear and controlgear;
- b) partitions having a degree of protection lower than those included in table 1;
- c) no partitions.

### 3.103 *Transport unit*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear suitable for shipment without being dismantled.

### 3.104 *Functional unit*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear comprising all the components of the main circuits and auxiliary circuits that contribute to the fulfilment of a single function (IEV 441-13-04).

NOTE — Functional units may be distinguished according to the function for which they are intended, for example: incoming unit, outgoing unit, etc.

### 3.105 *Enclosure*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear providing a specified degree of protection of equipment against external influences and a specified degree of protection against approach to or contact with live parts and against contact with moving parts (IEV 441-13-01).

### 3.106 *Compartment*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation (IEV 441-13-05).

#### NOTES

- 1 A compartment may be designated by the main component contained therein, e.g. circuit-breaker compartment, busbar compartment, etc.
- 2 Openings necessary for interconnection between compartments are closed with bushings or other equivalent means.
- 3 Busbar compartments may extend through several functional units without the need for bushings or other equivalent means.

### 3.107 *Gas-filled compartment*

A compartment of metal-enclosed switchgear and controlgear in which the gas pressure is maintained by one of the following systems:

- a) controlled pressure system;
- b) closed pressure system;
- c) sealed pressure system.

(Refer to annex GG.)

NOTE — Several gas-filled compartments may be interconnected to a common gas-system (gas-tight assembly).

### 3.108 *Component*

An essential part of the main or earthing circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear which serves a specific function (for example circuit-breaker, disconnector, switch, fuse, instrument transformer, bushing, busbar, etc.).

### 3.109 *Partition*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear separating one compartment from other compartments (IEV 441-13-06).

### 3.110 *Volet*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique qui peut être déplacée d'une position permettant l'embrochage des contacts d'une partie amovible sur des contacts fixes à une position dans laquelle elle constitue une partie de l'enveloppe ou d'une cloison protégeant les contacts fixes (VEI 441-13-07).

### 3.111 *Traversée*

Dispositif servant à conduire un ou plusieurs conducteurs à travers une enveloppe en l'isolant de celle-ci; ce dispositif comporte les moyens de fixation sur l'enveloppe.

### 3.112 *Partie amovible*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique qui peut être enlevée entièrement de l'appareillage sous enveloppe métallique et remise en place, même quand le circuit principal est sous tension (VEI 441-13-08).

### 3.113 *Partie débrochable*

Partie amovible d'un appareillage sous enveloppe métallique qui, tout en demeurant reliée mécaniquement à l'enveloppe, peut être déplacée jusqu'aux positions établissant une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique entre les contacts ouverts (VEI 441-13-09).

### 3.114 *Cloisonnement métallique (entre conducteurs)*

Disposition de conducteurs avec interposition des éléments métalliques mis à la terre de telle sorte que des décharges disruptives ne puissent s'écouler qu'à la terre (VEI 441-11-11).

NOTE — On peut prévoir un cloisonnement métallique aussi bien entre les conducteurs qu'entre les contacts ouverts d'un appareil de connexion.

### 3.115 *Position de service (position raccordée)*

Position occupée par une partie amovible quand elle est entièrement connectée pour la fonction à laquelle elle est destinée (VEI 441-16-25).

### 3.116 *Position de mise à la terre*

Position occupée par une partie amovible dans laquelle la fermeture d'un appareil mécanique de connexion provoque la mise en court-circuit et à la terre d'un circuit principal (VEI 441-16-26).

### 3.117 *Position d'essai (d'une partie débrochable)*

Position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi dans le circuit principal et dans laquelle les circuits de commande sont raccordés (VEI 441-16-27).

### 3.118 *Position de sectionnement (d'une partie débrochable)*

Position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi dans les circuits de la partie débrochable, cette partie restant mécaniquement reliée à l'enveloppe (VEI 441-16-28).

NOTE — Dans l'appareillage sous enveloppe métallique à haute tension, les circuits auxiliaires peuvent ne pas être déconnectés.

### 3.119 *Position de retrait (d'une partie amovible)*

Position d'une partie amovible quand elle est retirée et séparée mécaniquement et électriquement de l'enveloppe (VEI 441-16-29).

### 3.110 *Shutter*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear that can be moved from a position where it permits contacts of a removable part to engage fixed contacts, to a position where it becomes a part of the enclosure or partition shielding the fixed contacts (IEV 441-13-07).

### 3.111 *Bushing*

A structure carrying one or more conductors through an enclosure and insulating it therefrom, including the means of attachment.

### 3.112 *Removable part*

A part of metal-enclosed switchgear and controlgear that may be removed entirely from the metal-enclosed switchgear and controlgear and replaced, even though the main circuit is alive (IEV 441-13-08).

### 3.113 *Withdrawable part*

A removable part of metal-enclosed switchgear and controlgear that can be moved to positions in which an isolating distance or segregation between open contacts is established, while the part remains mechanically attached to the enclosure (IEV 441-13-09).

### 3.114 *Segregation (of conductors)*

An arrangement of conductors with earthed metal interposed between them in such a manner that disruptive discharges can only occur to earth (IEV 441-11-11).

NOTE — A segregation may be established between the conductors as well as between the open contacts of a switching device.

### 3.115 *Service position (connected position)*

The position of a removable part in which it is fully connected for its intended function (IEV 441-16-25).

### 3.116 *Earthing position*

The position of a removable part in which the closing of a mechanical switching device causes a main circuit to be short-circuited and earthed (IEV 441-16-26).

### 3.117 *Test position (of a withdrawable part)*

The position of a withdrawable part in which an isolating distance or segregation is established in the main circuit and in which the control circuits are connected (IEV 441-16-27).

### 3.118 *Disconnected position (of a withdrawable part)*

The position of a withdrawable part in which an isolating distance or segregation is established in the circuits of the withdrawable part, that part remaining mechanically attached to the enclosure (IEV 441-16-28).

NOTE — In high-voltage metal-enclosed switchgear and controlgear, the auxiliary circuits may not be disconnected.

### 3.119 *Removed position (of a removable part)*

The position of a removable part when it is outside and mechanically and electrically separated from the enclosure (IEV 441-16-29).

3.120 *Circuit principal*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique comprises dans un circuit destiné à transporter l'énergie électrique (VEI 441-13-02).

3.121 *Circuit auxiliaire*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique insérées dans un circuit (autre que le circuit principal) prévues pour la commande, la mesure, la signalisation et la régulation (VEI 441-13-03).

NOTE — Les circuits auxiliaires d'un appareillage sous enveloppe métallique comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

3.122 *Valeur assignée*

Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié de l'appareillage sous enveloppe métallique (VEI 151-04-03).

NOTE — Voir la section quatre pour les valeurs assignées particulières.

3.123 *Degré de protection*

Le degré de protection assuré par une enveloppe pour protéger des personnes contre un contact avec ou une approche des parties actives et contre un contact avec des parties en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe, et pour protéger l'équipement contre la pénétration de corps solides.

3.124 *Température de l'air ambiant* (de l'appareillage sous enveloppe métallique)

Température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique.

3.125 *Décharge disruptive*

Phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle.

## NOTES

1 Ce terme s'applique à la rupture des diélectriques solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

2 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation autorégénératrice).

3 Le terme « amorçage » est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide.

Le terme « contournement » est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant.

Le terme « perforation » est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.126 *Pression minimale de fonctionnement* (des compartiments à remplissage de gaz)

Pression effective de gaz en bars, rapportée aux conditions de l'air atmosphérique à 20 °C et 1 013 hPa, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées.

3.127 *Pression de calcul* (des compartiments à remplissage de gaz)

Pression effective, en bars, retenue pour la conception d'un compartiment à remplissage de gaz.

3.128 *Température de calcul* (des compartiments à remplissage de gaz)

Température maximale pouvant être atteinte par le gaz dans les conditions de service.

### 3.120 *Main circuit*

All the conductive parts of metal-enclosed switchgear and controlgear included in a circuit which is intended to transmit electrical energy (IEV 441-13-02).

### 3.121 *Auxiliary circuit*

All the conductive parts of metal-enclosed switchgear and controlgear included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal and regulate (IEV 441-13-03).

NOTE — The auxiliary circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

### 3.122 *Rated value*

A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of the metal-enclosed switchgear and controlgear (IEV 151-04-03).

NOTE — See Section Four for individual rated values.

### 3.123 *Degree of protection*

The degree of protection provided by an enclosure to protect persons against contact with or approach to live parts and against contact with moving parts inside the enclosure and to protect the equipment against ingress of solid bodies.

### 3.124 *Ambient air temperature* (of metal-enclosed switchgear and controlgear)

The temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the enclosure of metal-enclosed switchgear and controlgear.

### 3.125 *Disruptive discharge*

Phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero.

#### NOTES

- 1 The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.
- 2 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).
- 3 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in gaseous or liquid medium.

The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

### 3.126 *Minimum functional pressure* (of gas-filled compartments)

The gas pressure in bars (gauge) referred to atmospheric air conditions of 20 °C and 1 013 hPa at and above which the rated values of the switchgear are maintained.

### 3.127 *Design pressure* (of gas-filled compartments)

The pressure in bars (gauge) used to determine the design of a gas-filled compartment.

### 3.128 *Design temperature* (of gas-filled compartments)

The highest temperature which can be reached by the gas under service conditions.

## SECTION QUATRE — CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

## 4. Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées d'un appareillage sous enveloppe métallique sont les suivantes:

- a) tension assignée et nombre de phases;
- b) niveau d'isolement assigné;
- c) fréquence assignée;
- d) courant assigné en service continu (pour les circuits principaux);
- e) courant de courte durée admissible assigné (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- f) valeur de crête du courant admissible assigné, si applicable (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- g) durée de court-circuit assignée;
- h) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire;
- i) pression de remplissage assignée (des compartiments à remplissage de gaz).

Pour la coordination des tensions assignées, des courants de courte durée admissibles assignés, des valeurs de crête du courant admissible assigné et des courants assignés en service continu de l'appareillage sous enveloppe métallique, il est fait référence à la C E I 56 et à la C E I 129.

4.1 *Tension assignée*

Se référer aux paragraphes 4.1 et 4.1.1 de la C E I 694.

NOTE — Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément à leurs normes correspondantes.

4.2 *Niveau d'isolement assigné*

Se référer aux paragraphes 4.2 et 4.2.1 de la C E I 694. Pour l'appareillage sous enveloppe métallique les valeurs de la tension de tenue assignée, correspondant à la pratique courante du Canada et des Etats-Unis d'Amérique, figurent au tableau de l'annexe EE.

4.3 *Fréquence assignée*

Se référer au paragraphe 4.3 de la C E I 694 en ajoutant les valeurs assignées suivantes:

16 $\frac{2}{3}$  Hz et 25 Hz

4.4 *Courant assigné en service continu et échauffement*4.4.1 *Courant assigné en service continu*

Se référer au paragraphe 4.4.1 de la C E I 694 en ajoutant l'alinéa suivant:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique (par exemple barres omnibus, circuits d'alimentation, etc.) peuvent ne pas avoir la même valeur de courant assigné en service continu.

## SECTION FOUR — RATED CHARACTERISTICS

## 4. Rating

The ratings of metal-enclosed switchgear and controlgear are the following:

- a) rated voltage and number of phases;
- b) rated insulation level;
- c) rated frequency;
- d) rated normal current (for main circuits);
- e) rated short-time withstand current (for main and earthing circuits);
- f) rated peak withstand current, if applicable (for main and earthing circuits);
- g) rated duration of short circuit;
- h) rated values of the components forming part of the metal-enclosed switchgear and controlgear including their operating devices and auxiliary equipment;
- i) rated filling pressure (of gas-filled compartments).

For the co-ordination of rated voltages, rated short-time withstand currents, rated peak withstand currents and rated normal currents of metal-enclosed switchgear and controlgear reference is made to I E C 56 and to I E C 129.

4.1 *Rated voltage*

Refer to Sub-clauses 4.1 and 4.1.1 of I E C 694.

NOTE — Components forming part of metal-enclosed switchgear and controlgear may have individual values of rated voltage in accordance with their relevant standards.

4.2 *Rated insulation level*

Refer to Sub-clauses 4.2 and 4.2.1 of I E C 694. For metal-enclosed switchgear and controlgear the rated withstand voltage values, based on current practice in Canada and the United States of America, are given in the table of annex EE.

4.3 *Rated frequency*

Refer to Sub-clause 4.3 of I E C 694 with the addition of the following rated values:

16 $\frac{2}{3}$  Hz and 25 Hz

4.4 *Rated normal current and temperature rise*4.4.1 *Rated normal current*

Refer to Sub-clause 4.4.1 of I E C 694 with the addition of the following paragraph:

Some main circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear (e.g. busbars, feeder circuits, etc.) may not have the same value of rated normal current.

#### 4.4.2 *Echauffement*

Se référer au paragraphe 4.4.2 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

L'échauffement des matériels contenus dans l'appareillage qui font l'objet de normes hors du domaine d'application de la C E I 694 ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par la norme correspondant à ces matériels.

Les valeurs maximales de température et d'échauffement à considérer pour les jeux de barres sont, suivant le cas, les valeurs maximales spécifiées pour les contacts, les raccords ou les pièces métalliques en contact avec des isolants.

L'échauffement des enveloppes et des capots accessibles ne doit pas dépasser 30 K. Dans le cas d'enveloppes ou de capots accessibles mais non prévus pour être touchés pendant la manœuvre normale, la limite de l'échauffement peut être portée à 40 K.

#### 4.5 *Courant de courte durée admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.5 de la C E I 694.

#### 4.6 *Valeur de crête du courant admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.6 de la C E I 694.

NOTE — En principe le courant de courte durée admissible assigné et la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peuvent pas excéder les valeurs assignées correspondantes du matériel en série dans le circuit qui présente les plus faibles caractéristiques. Mais dans chaque circuit ou chaque compartiment, il est admis de tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

#### 4.7 *Durée de court-circuit assignée*

Se référer au paragraphe 4.7 de la C E I 694.

#### 4.8 *Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires*

Se référer au paragraphe 4.8 de la C E I 694.

#### 4.9 *Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires*

Se référer au paragraphe 4.9 de la C E I 694.

#### 4.10 *Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre*

Se référer au paragraphe 4.10 de la C E I 694.

#### 4.101 *Pression de remplissage assignée* (des compartiments à remplissage de gaz)

Pression effective, en bars, rapportée aux conditions de l'air atmosphérique à 20 °C et 1 013 hPa, assignée par le constructeur, à laquelle les compartiments à remplissage de gaz sont remplis avant mise en service.

## SECTION CINQ — RÈGLES DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION

### 5. **Conception et construction**

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être construit de façon telle que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance, comprenant la vérification

#### 4.4.2 *Temperature rise*

Refer to Sub-clause 4.4.2 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

The temperature rise of components contained in metal-enclosed switchgear and control-gear which are subject to individual specifications not covered by the scope of I E C 694 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for that component.

The maximum permissible temperatures and temperature rises to be taken into account for busbars are those specified for contacts, connections and metal parts in contact with insulation, as the case may be.

The temperature rise for accessible enclosures and covers shall not exceed 30 K. In the case of enclosures and covers which are accessible but need not be touched during normal operation, the temperature-rise limit may be increased by 10 K.

#### 4.5 *Rated short-time withstand current*

Refer to Sub-clause 4.5 of I E C 694.

#### 4.6 *Rated peak withstand current*

Refer to Sub-clause 4.6 of I E C 694.

NOTE — In principle, the rated short-time withstand current and the rated peak withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or compartment, advantage may be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

#### 4.7 *Rated duration of short circuit*

Refer to Sub-clause 4.7 of I E C 694.

#### 4.8 *Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits*

Refer to Sub-clause 4.8 of I E C 694.

#### 4.9 *Rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits*

Refer to Sub-clause 4.9 of I E C 694.

#### 4.10 *Rated pressure of compressed gas supply for operation*

Refer to Sub-clause 4.10 of I E C 694.

#### 4.101 *Rated filling pressure (of gas-filled compartments)*

The pressure in bars (gauge) assigned by the manufacturer referred to atmospheric air conditions of 20 °C and 1 013 hPa at which the gas-filled compartment is filled before being put into service.

## SECTION FIVE — RULES FOR DESIGN AND CONSTRUCTION

### 5. **Design and construction**

Metal-enclosed switchgear and controlgear shall be designed so that normal service, inspection and maintenance operations, including the usual checking of phase sequence,

habituelle de l'ordre de succession des phases, la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais diélectriques des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses, puissent être effectuées sans risque pour le personnel.

Tous les matériels de construction et de caractéristiques identiques susceptibles d'être remplacés doivent être interchangeables.

S'il existe des parties amovibles ayant des caractéristiques assignées différentes et si des parties sont interchangeables dans un ensemble d'appareillage sous enveloppe métallique, toute combinaison possible des parties amovibles et fixes doit tenir le niveau d'isolement assigné spécifié pour les parties fixes de l'équipement considéré.

Les matériels divers contenus dans l'enveloppe sont soumis aux spécifications particulières les concernant.

Pour les circuits principaux avec des fusibles limiteurs, le constructeur de l'appareillage peut fixer le courant de court-circuit avec fusible.

### 5.1 *Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage*

Se référer au paragraphe 5.1 de la C E I 694.

### 5.2 *Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage*

Se référer au paragraphe 5.2 de la C E I 694.

NOTE — Pour le contrôle de l'hexafluorure de soufre en service, voir la C E I 480.

### 5.3 *Mise à la terre*

#### 5.3.1 *Mise à la terre du circuit principal*

Pour assurer la sécurité lors des travaux de maintenance, toutes les parties du circuit principal auxquelles il est nécessaire ou prévu d'accéder doivent pouvoir être mises à la terre avant qu'il ne soit possible d'y accéder. Cela ne s'applique pas aux parties débouchables ni aux parties amovibles après qu'elles aient été séparées de l'appareillage.

#### 5.3.2 *Mise à la terre de l'enveloppe*

Se référer au paragraphe 5.3 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

Il doit être prévu un conducteur de terre disposé sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe métallique. La densité du courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne doit pas dépasser 200 A/mm<sup>2</sup> dans les conditions prescrites de défaut à la terre; toutefois, la section de ce conducteur doit être d'au moins 30 mm<sup>2</sup>. Il doit être terminé par une borne appropriée, destinée au raccordement au réseau de terre de l'installation.

NOTE — Si le conducteur de terre n'est pas en cuivre, il convient qu'il présente des caractéristiques mécaniques et thermiques équivalentes.

En général, la continuité du réseau de terre doit être assurée, compte tenu des sollicitations thermiques et mécaniques causées par le courant qu'il peut avoir à supporter. La valeur maximale des courants de défaut à la terre dépend du type de mise à la terre du neutre du réseau et doit être indiquée par l'utilisateur.

Lorsque des connexions de terre ont à supporter le plein courant de court-circuit triphasé (comme dans le cas des connexions qui font le court-circuit sur les appareils de mise à la terre), ces connexions doivent être dimensionnées en conséquence.

NOTE — Comme guide, on se référera à la méthode de calcul des sections des conducteurs donnée à l'annexe BB.

earthing of connected cables, locating of cable faults, voltage tests on connected cables or other apparatus and the elimination of dangerous electrostatic charges, can be carried out safely.

All components of the same rating and construction which may need to be replaced shall be interchangeable.

If there are removable parts with different ratings and if parts are interchangeable within the assembly of metal-enclosed switchgear and controlgear, any possible combination of removable and fixed parts shall withstand the rated insulation level specified for the fixed parts of the equipment concerned.

The various components contained within the enclosure are subject to the individual specifications applying to them.

For main circuits with current-limiting fuses, the manufacturer of the switchgear and controlgear may assign the fused short-circuit current.

### 5.1 *Requirements for liquids in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.1 of I E C 694.

### 5.2 *Requirements for gases in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.2 of I E C 694.

NOTE — For checking of sulphur hexafluoride in service, refer to I E C 480.

### 5.3 *Earthing*

#### 5.3.1 *Earthing of the main circuit*

To ensure safety during maintenance work, all parts of the main circuit to which access is required or provided shall be capable of being earthed prior to becoming accessible. This does not apply to withdrawable and removable parts which become accessible after being separated from the switchgear.

#### 5.3.2 *Earthing of the enclosure*

Refer to 5.3. of I E C 694 with the addition of the following supplement:

An earthing conductor shall be provided extending the whole length of the metal-enclosed switchgear and controlgear. The current density in the earthing conductor, if of copper, shall not exceed 200 A/mm<sup>2</sup> under the specified earth fault conditions; however, its cross-section area shall be not less than 30 mm<sup>2</sup>. It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation.

NOTE — If the earthing conductor is not made of copper, equivalent thermal and mechanical requirements should be met.

In general, the continuity of the earth system shall be ensured taking into account the thermal and mechanical stresses caused by the current it may have to carry. The maximum value of earth fault currents depends upon the type of system neutral earthing employed and shall be indicated by the user.

Where earthing connections have to carry the full three-phase short-circuit current (as in the case of the short-circuiting connections used for earthing devices) these connections shall be dimensioned accordingly.

NOTE — As guidance, reference is made to a method of calculating cross-sectional areas of conductors given in annex BB.

L'enveloppe de chaque unité fonctionnelle doit être connectée à ce conducteur de terre. Toutes les parties métalliques, prévues pour être mises à la terre et ne faisant pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire, doivent être aussi connectées au conducteur de terre, directement ou par les charpentes métalliques.

En ce qui concerne l'interconnexion à l'intérieur de l'unité fonctionnelle, l'assemblage par boulonnage ou soudage est considéré comme suffisant pour assurer la continuité électrique entre le cadre, les capots, les portes, les cloisons ou les autres charpentes. Les portes des compartiments à haute tension doivent être reliées au cadre par des moyens appropriés.

Les parties métalliques d'une partie débrochable qui sont normalement à la terre doivent rester également à la terre en positions d'essai et de sectionnement dans les conditions prescrites pour la distance de sectionnement (voir C E I 129) ainsi que dans les positions intermédiaires lorsque les circuits auxiliaires ne sont pas complètement déconnectés.

#### 5.4 *Equipements auxiliaires*

Se référer au paragraphe 5.4 de la C E I 694.

#### 5.5 *Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure*

Se référer au paragraphe 5.5 de la C E I 694.

#### 5.6 *Fermeture à accumulation d'énergie*

Se référer au paragraphe 5.6 de la C E I 694.

#### 5.7 *Fonctionnement des déclencheurs*

Se référer au paragraphe 5.7 de la C E I 694.

#### 5.8 *Verrouillages à basse et à haute pression*

Se référer au paragraphe 5.8 de la C E I 694.

#### 5.9 *Plaques signalétiques*

Se référer au paragraphe 5.9 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe métallique, ainsi que tous les matériels et dispositifs de manœuvre, doivent être munis de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements suivants:

- le nom du constructeur ou la marque de fabrique;
- la désignation du type ou un numéro de série;
- les valeurs assignées applicables;
- le numéro de la norme correspondante.

La plaque signalétique de chaque unité fonctionnelle doit être lisible en position normale de service. Les parties amovibles, s'il y en a, doivent être munies d'une plaque signalétique séparée comportant les données relatives aux unités fonctionnelles auxquelles elles appartiennent, mais cette plaque peut n'être lisible que lorsque la partie amovible est dans la position de retrait.

NOTE — Il n'est pas utile de faire apparaître le mot «assigné» sur la plaque signalétique.

The enclosure of each functional unit shall be connected to this earthing conductor. All the metallic parts intended to be earthed and not belonging to a main or auxiliary circuit, shall also be connected to the earthing conductor directly or through metallic structural parts.

For the interconnection within the functional unit, fastening by bolting or welding is acceptable for providing electrical continuity between the frame, covers, doors, partitions or other structural parts. Doors of the high-voltage compartments shall be connected to the frame by adequate means.

The metallic parts of a withdrawable part which are normally earthed shall also remain earth-connected in the test and disconnected positions under the prescribed conditions for the isolating distance (see I E C 129) and also in any intermediate position whilst the auxiliary circuits are not totally disconnected.

#### 5.4 *Auxiliary equipment*

Refer to Sub-clause 5.4 of I E C 694.

#### 5.5 *Dependent power closing*

Refer to Sub-clause 5.5 of I E C 694.

#### 5.6 *Stored energy closing*

Refer to Sub-clause 5.6 of I E C 694.

#### 5.7 *Operating of releases*

Refer to Sub-clause 5.7 of I E C 694.

#### 5.8 *Low and high pressure interlocking devices*

Refer to Sub-clause 5.8 of I E C 694.

#### 5.9 *Nameplates*

Refer to Sub-clause 5.9 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

Metal-enclosed switchgear and controlgear, all their components and operating devices shall be provided with durable and clearly legible nameplates which shall contain the following information:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation or serial number;
- applicable rated values;
- number of the relevant standard.

The nameplates of each functional unit shall be legible during normal service. The removable parts, if any, shall have a separate nameplate with the data relating to the functional units they belong to, but this nameplate need only be legible when the removable part is in the removed position.

NOTE — The word "rated" need not appear on the nameplate.

### 5.101 Degré de protection et défaut interne

#### 5.101.1 Protection des personnes contre l'approche des parties actives et le contact avec les parties en mouvement.

Pour l'appareillage blindé et pour l'appareillage compartimenté, le degré de protection doit être spécifié d'une part pour l'enveloppe et d'autre part pour les cloisons.

Pour l'appareillage bloc, il est seulement nécessaire de spécifier le degré de protection de l'enveloppe.

Pour les circuits principaux des compartiments à remplissage de gaz, aucun degré de protection n'a besoin d'être spécifié.

Le degré de protection des personnes contre le contact avec les parties actives des circuits auxiliaires et les parties en mouvement (autres que les arbres lisses en rotation et les embiellages) doit être indiqué par l'une des désignations spécifiées au tableau 1.

Le chiffre caractéristique indique le degré de protection procurée par l'enveloppe vis-à-vis des personnes ainsi que de l'équipement intérieur à l'enveloppe.

Le tableau 1 donne le détail des objets qui seront «exclus» de l'enveloppe pour chacun des degrés de protection.

Le terme «exclus» implique soit qu'une partie du corps ou un objet tenu par une personne n'entrera pas dans l'enveloppe, soit, si elle ou il entre, qu'une distance d'isolement adéquate sera maintenue et qu'aucune partie en mouvement ne sera touchée.

TABLEAU 1

Degré de protection	Protection contre l'approche des parties actives et le contact avec les parties en mouvement
IP2X	Avec les doigts ou des objets analogues de diamètre supérieur à 12 mm
IP3X	Avec des outils, des fils, etc., de diamètre ou d'épaisseur supérieurs à 2,5 mm
IP4X	Avec des fils de diamètre ou des rubans d'épaisseur supérieurs à 1,0 mm
NOTE — La désignation du degré de protection correspond à la CEI 529.	

#### 5.101.2 Protection de l'équipement contre les effets externes

- Protection contre la pénétration de corps solides: Pas de spécification particulière en dehors de celles du paragraphe 5.101.1.
- Protection contre les intempéries: L'équipement pour l'installation à l'extérieur prévu avec une protection appropriée à ces conditions doit être repéré par la lettre caractéristique W placée immédiatement à la suite des lettres IP.
- Protection contre les effets dus à la pénétration de l'eau: Aucun degré de protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau n'est procuré par l'appareillage sous enveloppe métallique pour l'intérieur.

#### 5.101.3 Protection de l'équipement contre les dommages mécaniques

A l'étude. En attendant, le constructeur doit être consulté quand les enveloppes risquent d'être soumises à des chocs mécaniques ou à des effets similaires.

#### 5.101.4 Défaut interne

Un défaut à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique, dû à des défauts ou à des conditions de service exceptionnelles ou à une fausse manœuvre, peut amorcer un arc interne.

La probabilité d'apparition d'un tel défaut dans les constructions correspondant aux exigences de cette norme est très faible, mais ne peut pas être complètement négligée.

### 5.101 Degree of protection and internal fault

#### 5.101.1 Protection of persons against approach to live parts and contact with moving parts

For metal-clad and for compartmented switchgear and controlgear, the degree of protection shall be specified separately for the enclosure and for partitions.

For cubicle switchgear and controlgear, it is only necessary to specify the degree of protection for the enclosure.

For main circuits of gas-filled compartments, no degree of protection needs to be specified.

The degree of protection against contact of persons with live parts of auxiliary circuits and with any moving parts (other than smooth rotating shafts and moving linkages) shall be indicated by means of the designation specified in table 1.

The characteristic numeral indicates the degree of protection provided by the enclosure with respect to persons, also to the equipment inside the enclosure.

Table 1 gives details of objects which will be "excluded" from the enclosure for each of the degrees of protection.

The term "excluded" implies that a part of the body or an object held by a person either will not enter the enclosure or, if it enters, that adequate clearance will be maintained and no moving part will be touched.

TABLE 1

Degree of protection	Protection against approach to live parts and contact with moving parts
IP2X	By fingers or similar objects of diameter greater than 12 mm
IP3X	By tools, wires, etc., of diameter or thickness greater than 2,5 mm
IP4X	By wires of diameter or strips of thickness greater than 1,0 mm
NOTE — The designation of the degree of protection corresponds to I E C 529.	

#### 5.101.2 Protection of equipment against external effects

- a) Protection against ingress of solid bodies: No additional provisions beyond those in Sub-clause 5.101.1 are to be taken.
- b) Protection against weather: Equipment for outdoor installation provided with appropriate protective features is to be indicated by the characteristic letter W placed immediately after the letters IP.
- c) Protection against ingress of water: No degree of protection is provided by indoor metal-enclosed switchgear and controlgear against harmful ingress of water.

#### 5.101.3 Protection of equipment against mechanical damage

Under consideration. For the time being the manufacturer shall be consulted where enclosures may be subjected to mechanical impacts or similar effects.

#### 5.101.4 Internal fault

Failure within the enclosure of metal-enclosed switchgear and controlgear due either to a defect or an exceptional service condition or mal-operation may initiate an internal arc.

There is little probability of such an event occurring in constructions which satisfy the requirements of this standard, but it cannot be completely disregarded.

Si des personnes sont présentes, un tel défaut peut provoquer des blessures, avec une probabilité plus faible cependant.

Il est souhaitable de prévoir le plus haut degré possible de protection pour les personnes. L'objectif principal est d'éviter un tel arc ou de limiter sa durée et ses conséquences.

L'expérience ayant démontré que les défauts se produisent de préférence dans certains emplacements plutôt que dans d'autres, à l'intérieur de l'enveloppe, une attention spéciale doit donc être portée à ces emplacements.

Dans les colonnes (1) et (2) du tableau AA.1 de l'annexe AA, une liste de tels emplacements préférentiels et des causes est donnée à titre indicatif. Certaines mesures, pour diminuer la probabilité d'apparition des défauts internes ou pour réduire les risques, sont recommandées dans la colonne (3). Des exemples de mesure de limitation des conséquences d'un défaut interne sont données dans le tableau AA.2 de l'annexe AA.

Si ces mesures sont considérées comme insuffisantes, le constructeur et l'utilisateur peuvent convenir de l'exécution d'un essai conforme à l'annexe AA pour justifier que l'appareillage répond aux critères définis en commun. Cet essai couvre uniquement le cas où l'arc est amorcé entièrement dans l'air ou dans un autre gaz isolant à l'intérieur de l'enveloppe, mais non pas à l'intérieur de matériels ayant leur propre enveloppe, par exemple des appareils de connexion et des fusibles, ou à l'intérieur de matériels comme des transformateurs de mesure, etc.

Cet essai peut ne pas être nécessaire pour les parties des circuits protégées par des dispositifs limiteurs de courant, par exemple des fusibles.

NOTE — Il est recommandé de prendre en considération la surpression causée dans le bâtiment par un arc dû à un défaut interne dans l'appareillage sous enveloppe métallique et l'effet de l'éjection des gaz à travers des dispositifs limiteurs de pression.

## 5.102 *Enveloppe*

### 5.102.1 *Généralités*

Les enveloppes doivent être métalliques. Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique est installé, l'enveloppe doit procurer au moins le degré de protection spécifié au tableau 1. Elle doit aussi assurer une protection conforme aux conditions suivantes:

La surface d'assise, même non métallique, peut être considérée comme faisant partie de l'enveloppe. Les mesures à prendre pour obtenir le degré de protection prévu pour la surface d'assise doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Les murs d'un local ne sont pas considérés comme faisant partie de l'enveloppe.

Les compartiments à remplissage de gaz doivent être capables de supporter les pressions normales et transitoires auxquelles ils sont soumis en service. Bien que ces compartiments soient sous pression permanente en service, ils sont soumis à des conditions de service particulières qui les différencient des réservoirs d'air comprimé ou des réservoirs de stockage similaires. Ces conditions sont les suivantes:

- non seulement les compartiments renferment le circuit principal pour empêcher toute approche dangereuse des parties actives ou en mouvement, mais encore ont-ils les formes nécessaires pour assurer le niveau d'isolement assigné (voir paragraphe 4.2) de l'équipement lorsqu'ils sont remplis à une pression égale ou supérieure à la pression minimale de fonctionnement (voir paragraphe 3.126) (des considérations d'ordre électrique plutôt que mécanique sont déterminantes pour le choix des formes et des matériaux utilisés);
- les compartiments sont remplis normalement avec un gaz non corrosif, complètement sec, stable et inerte; comme il est fondamental pour le bon fonctionnement de l'appareillage

Such an event may lead to the risk of injury, if persons are present, but with an even lower probability.

It is desirable that the highest possible degree of protection to persons should be provided. The principal objective should be to avoid such arcs or to limit their duration and consequences.

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others, so special attention should be paid to these.

For guidance, a list of such locations and of causes is given in table AA.1 of annex AA, columns (1) and (2). Measures to decrease the probability of internal faults or to reduce the risk are recommended in column (3). Examples of measures to limit the consequences of internal faults are given in table AA.2 of annex AA.

If such measures are considered to be insufficient then a test in accordance with annex AA may be agreed between the manufacturer and the user, to verify that the chosen criteria are fulfilled as agreed. This test covers only the case of an arc occurring entirely in air or in another insulating gas within the enclosure but not within components having a separate enclosure, for example switching devices and fuses, or within components like instrument transformers, etc.

Such a test should be unnecessary on those parts of circuits which are protected by current-limiting devices, for example fuses.

NOTE — The overpressure in the building caused by arcing due to an internal fault in the metal-enclosed switchgear and controlgear and the effects of the ejection of gases from pressure relief devices should be taken into consideration.

## 5.102 *Enclosure*

### 5.102.1 *General*

Enclosures shall be metallic. When the metal-enclosed switchgear and controlgear is installed, the enclosure shall provide at least the degree of protection specified in table 1. It shall also assure protection in accordance with the following conditions:

The floor surface, even if not metallic, may be considered as part of the enclosure. The measures to be taken in order to obtain the degree of protection provided by floor surfaces shall be subject to an agreement between manufacturer and user.

The walls of a room shall not be considered as parts of the enclosure.

Gas-filled compartments shall be capable of withstanding the normal and transient pressures to which they are subjected in service. While these compartments are permanently pressurized in service they are subjected to particular conditions of service which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels. These conditions are:

- gas-filled compartments enclose the main circuit not only to prevent hazardous approach to live or moving parts but are so shaped that, when at or above the minimum functional pressure (see sub-clause 3.126), they ensure that the rated insulation level (see sub-clause 4.2) for the equipment is achieved (electrical rather than mechanical considerations predominate in determining the shape and materials employed);
- gas-filled compartments are normally filled with a non-corrosive gas, thoroughly dried, stable and inert; since measures to obtain the gas in this condition with only small

de maintenir ce gaz dans cet état avec seulement de faibles variations de pression, et comme les compartiments ne seront pas soumis à une corrosion interne, la prise en compte de ces facteurs est inutile pour la conception des compartiments;

— la pression de service est relativement faible.

Pour l'installation à l'extérieur, le constructeur doit tenir compte de l'influence des conditions climatiques.

#### 5.102.2 *Conception des compartiments à remplissage de gaz*

La conception d'un compartiment à remplissage de gaz doit être basée sur la température de calcul et la pression de calcul définies par la présente norme.

La température de calcul d'un compartiment à remplissage de gaz est généralement la température maximale de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement du gaz dû au passage du courant assigné en service continu. Il convient de tenir compte du rayonnement solaire quand il a un effet significatif.

La pression de calcul de l'enveloppe est au moins égale à la pression maximale régnant dans l'enveloppe à la température de calcul.

Il doit être tenu compte des données suivantes:

- a) différence totale de pression possible de part et d'autre des parois du compartiment ou des cloisons, y compris en cas de mise à vide éventuelle durant le remplissage;
- b) pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments dans le cas de compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes;
- c) possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir paragraphe 5.101.4).

Note — Pour la détermination de la pression d'essai de type et de la pression d'essai de routine de l'enveloppe, la valeur maximale est donnée par la formule suivante:

$$\text{Pression de calcul (effective, en bars)} = 1,3 [\text{pression de remplissage assignée (effective, en bars)} + 1] - 1$$

#### 5.102.3 *Étanchéité des compartiments à remplissage de gaz*

Le constructeur doit indiquer le système de pression utilisé et le taux de fuite admissible pour les compartiments à remplissage de gaz (se reporter à l'annexe GG).

A la demande de l'utilisateur, pour permettre l'accès à un compartiment d'un système à pression autonome ou d'un système à pression entretenue, il convient que le constructeur indique également le taux de fuite admissible de gaz à travers les cloisons.

Pour les compartiments à remplissage de gaz dont la pression effective minimale de fonctionnement excède 1 bar, il est recommandé de fournir une indication quand la pression à 20 °C est tombée en dessous de la pression de fonctionnement minimale (voir paragraphe 3.126).

Une cloison séparant un compartiment à remplissage de gaz d'un compartiment voisin rempli avec un liquide, tel qu'une boîte à câble ou un transformateur de tension, ne doit présenter aucune fuite pouvant affecter les qualités diélectriques des deux milieux.

#### 5.102.4 *Capots et portes*

Les capots et les portes qui font partie de l'enveloppe doivent être métalliques. Lorsqu'ils sont fermés, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Les capots et les portes ne doivent pas être réalisés sous forme de grillages, de métal déployé ou sous des formes similaires. Quand des orifices de ventilation et d'échappement des gaz sont prévus dans les capots ou les portes, référence est faite au paragraphe 5.102.6.

On distingue deux catégories de capots ou de portes pour l'accès aux compartiments à haute tension:

fluctuations in pressure are fundamental to the operation of the switchgear and since the compartments will not be subjected to internal corrosion, there is no need to make allowances for these factors in determining the design of the compartments;

— the service pressure is relatively low.

For outdoor installation, the manufacturer shall take into account the influence of climatic conditions.

#### 5.102.2 *Design of gas-filled compartments*

The design of a gas-filled compartment shall be based on the design temperature and on the design pressure as defined in this standard.

The design temperature of the gas-filled compartment is generally the upper limit of ambient air temperature increased by the temperature rise of the gas due to the flow of rated normal current. Solar radiation should be taken into account if it has a significant effect.

The design pressure of the enclosure is at least the upper limit of the pressure reached within the enclosure at the design temperature.

Account shall be taken of the following:

- a) the full differential pressure possible across the compartment walls or partitions, including any evacuation process if used during filling;
- b) the resulting pressure in the event of an accidental leak between the compartments in the case of adjacent compartments having different service pressures;
- c) the possibility of the occurrence of an internal fault (see Sub-clause 5.101.4).

NOTE — For the purpose of establishing routine and type test pressures for the enclosure, the maximum value is given by the following expression:

Design pressure in bars (gauge) = 1,3 [Rated filling pressure in bars (gauge) + 1] - 1

#### 5.102.3 *Tightness of gas-filled compartments*

The manufacturer shall state the pressure system used and the permissible gas-leakage rate for the gas-filled compartments (refer to annex GG).

If requested by the user, in order to permit entry to a gas-filled compartment of closed or controlled pressure systems, the permissible gas leakage across partitions should also be stated by the manufacturer.

For gas-filled compartments where the minimum functional pressure exceeds 1 bar (gauge) it is recommended that an indication be provided when the pressure at 20 °C has fallen below the minimum functional pressure (see Sub-clause 3.126).

A partition separating a compartment filled with insulating gas from a neighbouring compartment filled with liquid, such as a cable box or a voltage transformer, shall not show any leakage affecting the dielectric properties of the two media.

#### 5.102.4 *Covers and doors*

Covers and doors which are parts of the enclosure shall be metallic. When they are closed, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure.

Covers or doors shall not be made of woven wire mesh, expanded metal or similar. When ventilating openings and vent outlets are incorporated in the cover or door, reference is made to Sub-clause 5.102.6.

Two categories of covers or doors are recognized with regard to access to high-voltage compartments:

- a) ceux qui n'ont pas à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation ou d'entretien (capots fixes). Ils ne peuvent pas être ouverts, démontés ou retirés sans l'aide d'outils;
- b) ceux qui sont ouverts pour les opérations normales d'exploitation (capots amovibles, portes). Ils ne nécessitent pas d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement. Ils doivent être munis d'un dispositif de fermeture (cadenas par exemple), à moins que la sécurité des personnes ne soit assurée par un verrouillage mécanique approprié.

En principe, pour l'appareillage blindé ou compartimenté, les capots ou les portes ne sont ouverts que si la partie du circuit principal contenue dans le compartiment rendu accessible est hors tension.

#### 5.102.5 *Regards*

Les regards doivent assurer au moins le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Ils doivent être fermés par des plaques transparentes ayant une résistance mécanique comparable à celle de l'enveloppe. Il faut prévoir des moyens pour empêcher la formation de charges électrostatiques dangereuses, soit par des distances d'isolement, soit par blindage électrostatique (par exemple une grille mise à la terre et appliquée sur la face intérieure du regard).

L'isolation entre les parties actives du circuit principal et les regards doit tenir les tensions spécifiées au paragraphe 4.2.1 de la C E I 694 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles.

#### 5.102.6 *Orifices de ventilation et d'échappement des gaz*

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés ou protégés de façon à prévoir le même degré de protection que celui spécifié pour l'enveloppe. De tels orifices peuvent être protégés par des grillages ou des dispositifs analogues à condition que ceux-ci aient une rigidité mécanique suffisante.

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés de telle sorte que des gaz ou des vapeurs s'échappant sous pression ne mettent pas l'opérateur en danger.

#### 5.103 *Cloisons et volets*

##### 5.103.1 *Généralités*

Les cloisons et volets doivent assurer au moins le degré de protection spécifié au tableau 1.

Les cloisons et volets en matériau isolant doivent répondre aux exigences suivantes:

- a) l'isolation entre les parties actives du circuit principal et la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant doit tenir les tensions d'essai spécifiées au paragraphe 4.2.1 de la C E I 694, pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles;
- b) abstraction faite des contraintes mécaniques, le matériau isolant doit tenir les tensions d'essai spécifiées au point a). La méthode d'essai appropriée donnée dans la C E I 243-1 est en principe appliquée;
- c) l'isolation entre les parties actives du circuit principal et le côté intérieur des cloisons et volets en matériau isolant en face de ces parties doit tenir au moins 150% de la tension assignée de l'équipement;
- d) les courants de fuite qui pourraient atteindre la surface accessible des cloisons et volets par un chemin continu sur des surfaces isolantes ou par un chemin interrompu seulement par d'étroits espaces de gaz ou de liquide ne doivent pas être supérieurs à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (voir paragraphe 6.104).

- a) those which need not be opened for the normal purposes of operation or maintenance (fixed covers). It shall not be possible for them to be opened, dismantled or removed without the use of tools;
- b) those which need to be opened for the normal purposes of operation (removable covers, doors). These shall not require tools for their opening or removal. They shall be provided with locking facilities (for example provision for padlocks), unless the safety of persons is assured by a suitable interlocking device.

With metal-clad or compartmented switchgear and controlgear, covers or doors should only be opened when the part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead.

#### 5.102.5 *Inspection windows*

Inspection windows shall provide at least the degree of protection specified for the enclosure.

They shall be covered by a transparent sheet of mechanical strength comparable to that of the enclosure. Precautions shall be taken to prevent the formation of dangerous electrostatic charges, either by clearance or by electrostatic shielding (for example a suitable earthed wire-mesh on the inside of the window).

The insulation between live parts of the main circuit and the inspection windows shall withstand the test voltages specified in Sub-clause 4.2.1 of I E C 694 for voltage tests to earth and between poles.

#### 5.102.6 *Ventilating openings, vent outlets*

Ventilating openings and vent outlets shall be so arranged or shielded that the same degree of protection as that specified for the enclosure is obtained. Such openings may make use of wire mesh or the like provided that it is of suitable mechanical strength.

Ventilating openings and vent outlets shall be arranged in such a way that gas or vapour escaping under pressure does not endanger the operator.

### 5.103 *Partitions and shutters*

#### 5.103.1 *General*

Partitions and shutters shall provide at least the degree of protection specified in table 1.

Partitions and shutters made of insulating material shall meet the following requirements:

- a) the insulation between live parts of the main circuit and the accessible surface of insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in Sub-clause 4.2.1 of I E C 694 for voltage tests to earth and between poles;
- b) apart from mechanical strength, the insulating material shall withstand likewise the test voltages specified in Item a). The appropriate test methods given in I E C 243-1 should be applied;
- c) the insulation between live parts of the main circuit and the inner surface of insulating partitions and shutters facing these shall withstand at least 150% of the rated voltage of the equipment;
- d) if a leakage current may reach the accessible side of the insulating partitions and shutters by a continuous path over insulating surfaces or by a path broken only by small gaps of gas or liquid, it shall be not greater than 0,5 mA under the specified test conditions (see Sub-clause 6.104).

L'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique et les cloisons de l'appareillage blindé ou compartimenté contenant des ouvertures pour permettre l'embrochage des contacts de la partie amovible et des contacts fixes doivent être munis de volets automatiques qui, manœuvrés correctement pendant les opérations normales d'exploitation, assurent la sécurité des personnes dans chacune des positions définies aux paragraphes 3.115 à 3.119.

S'il est nécessaire, lors des travaux de maintenance, d'ouvrir des volets pour atteindre un jeu de contacts fixes, tous les volets doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser, indépendamment, en position de fermeture ou il doit être possible d'ajouter un écran pour empêcher l'accès au jeu de contacts fixes restés sous tension.

NOTE — Les conducteurs passant à travers une cloison métallique sont isolés par des traversées ou d'autres moyens équivalents et les ouvertures peuvent être munies de traversées ou de volets comportant des parties non métalliques. Les traversées doivent satisfaire à la C E I 137.

#### 5.103.2 Cloisons

Les cloisons de l'appareillage blindé doivent être métalliques et mises à la terre.

Les cloisons de l'appareillage compartimenté et bloc peuvent être non métalliques, sous réserve qu'elles ne deviennent pas partie de l'enveloppe dans des positions définies aux paragraphes 3.116 à 3.119. Si les cloisons deviennent partie de l'enveloppe avec la partie amovible dans une de ces positions, elles doivent être métalliques, mises à la terre et doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Les cloisons entre deux compartiments à remplissage de gaz ou entre un compartiment à remplissage de gaz et un autre compartiment peuvent être en matériau isolant, sous réserve qu'elles ne deviennent pas partie de l'enveloppe, mais elles ne sont pas destinées à assurer par elles-mêmes la sécurité électrique des personnes, sécurité pour laquelle d'autres moyens, tels que la mise à la terre de l'équipement, peuvent être nécessaires. Toutefois les cloisons doivent assurer la sécurité mécanique vis-à-vis de la pression normale du gaz qui existe encore dans le compartiment adjacent.

#### NOTES

1 Une cloison devient partie de l'enveloppe si elle est accessible dans l'une des positions définies aux paragraphes 3.116 à 3.119.

2 S'il est prévu une porte pouvant être fermée dans les positions définies aux paragraphes 3.115 à 3.119, la cloison derrière cette porte n'est pas considérée comme faisant partie de l'enveloppe.

#### 5.103.3 Volets

Les volets des trois types d'appareillage sous enveloppe métallique peuvent être soit métalliques, soit non métalliques.

S'ils sont en matériau isolant, ils ne doivent pas devenir partie de l'enveloppe. S'ils sont métalliques, ils doivent être mis à la terre, et, s'ils deviennent partie de l'enveloppe, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

#### 5.104 Décharge de pression des compartiments à remplissage de gaz

Si des dispositifs de décharge de pression sont fournis, ils doivent être placés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant qu'il effectue les tâches normales d'exploitation si des gaz ou des vapeurs s'échappent sous pression.

Dans certaines conceptions, la décharge de pression peut être réalisée par la perforation de l'enveloppe par l'arc en des points prédéterminés. Si de tels moyens sont utilisés, le trou résultant est réputé être un dispositif de décharge de pression.

#### 5.105 Sectionneurs et sectionneurs de terre

Les dispositifs assurant la distance de sectionnement entre les conducteurs à haute tension sont considérés comme des sectionneurs qui doivent satisfaire à la C E I 129 sauf en ce qui concerne les essais de fonctionnement mécanique (voir paragraphes 6.102 et 7.102).

Openings in the enclosure of metal-enclosed switchgear and controlgear and in the partitions of metal-clad or compartmented switchgear and controlgear through which contacts of removable parts engage fixed contacts shall be provided with automatic shutters properly operated in normal service operations to assure the protection of persons in any of the positions defined in Sub-clauses 3.115 to 3.119.

If maintenance requirements imply that one set of fixed contacts shall be accessible through opened shutters, all the shutters shall be provided with means of locking them independently in the closed position or it shall be possible to insert a screen to prevent the live set of the fixed contacts being exposed.

NOTE — Conductors passing through metallic partitions are insulated by bushings or other equivalent means and the openings may be provided by bushings or shutters having non-metallic parts. Bushings shall comply with I E C 137.

#### 5.103.2 *Partitions*

Partitions of metal-clad switchgear and controlgear shall be metallic and earthed.

Partitions of compartmented and cubicle switchgear and controlgear may be non-metallic, provided they do not become part of the enclosure in any of the positions defined in Sub-clauses 3.116 to 3.119. If partitions become part of the enclosure with the removable part in any of these positions, they shall be metallic, earthed and provide the degree of protection specified for the enclosure.

Partitions between two gas-filled compartments or between a gas-filled compartment and another compartment may be of insulating material provided they do not become part of the enclosure but are not intended by themselves to provide electrical safety of personnel, for which other means such as earthing of the equipment may be necessary; they shall, however, provide mechanical safety against the normal gas pressure still present in the adjacent compartment.

#### NOTES

1 A partition becomes a part of the enclosure, if it is accessible in any of the positions defined in Sub-clauses 3.116 to 3.119.

2 If a door is provided which can be closed in the positions defined in Sub-clauses 3.115 to 3.119 the partition behind the door is not considered to be a part of the enclosure.

#### 5.103.3 *Shutters*

The shutters of the three types of metal-enclosed switchgear and controlgear may be either metallic or non-metallic.

If shutters are of insulating material, they shall not become part of the enclosure. If they are metallic, they shall be earthed, and if they become part of the enclosure, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure.

#### 5.104 *Pressure relief of gas-filled compartments*

Where pressure relief devices are provided, they shall be arranged so as to minimize the danger to an operator during the time that he is performing his normal operating duties if gases or vapours are escaping under pressure.

In certain designs pressure relief may be achieved by allowing the arc to burn through the enclosure at designated points. Where such means are employed, the resultant hole is deemed to be a pressure relief device.

#### 5.105 *Disconnectors and earthing switches*

The devices for ensuring the isolating distance between the high-voltage conductors are considered to be disconnectors which shall comply with I E C 129, except for mechanical operation tests (see Sub-clauses 6.102 and 7.102).

L'exigence selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position du sectionneur ou du sectionneur de terre est considérée comme satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie :

- la distance de sectionnement est visible;
- la position de la partie débroschable, par rapport à la partie fixe, est nettement visible et les positions correspondant à l'embrochage complet et au sectionnement complet sont indiquées clairement;
- la position du sectionneur ou du sectionneur de terre est indiquée par un dispositif indicateur sûr.

Toute partie amovible doit être maintenue par rapport à la partie fixe de telle sorte que ses contacts ne puissent s'ouvrir intempestivement sous l'effet des forces pouvant se produire en service, en particulier de celles dues au court-circuit.

#### 5.106 Verrouillages

Des verrouillages entre les différents matériels de l'équipement sont prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter le service. Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux :

##### a) Appareillage sous enveloppe métallique contenant des parties amovibles

Le débroschage ou l'embrochage d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur n'est possible que si ceux-ci se trouvent dans la position d'ouverture.

La manœuvre d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur n'est possible que si ceux-ci se trouvent dans la position de service, de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre.

Dans la position de service, la fermeture d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur n'est possible que si ceux-ci sont raccordés au circuit auxiliaire, sauf s'ils sont prévus pour s'ouvrir automatiquement sans l'utilisation d'un circuit auxiliaire.

##### b) Appareillage sous enveloppe métallique ne comportant pas de parties amovibles, mais muni de sectionneurs.

Des verrouillages doivent être prévus pour empêcher la manœuvre des sectionneurs dans des conditions pour lesquelles ils ne sont pas prévus (voir C E I 129). La manœuvre d'un sectionneur n'est possible que lorsque le disjoncteur, l'interrupteur ou le contacteur associé se trouve en position d'ouverture.

NOTE — On peut passer outre à cette règle si, dans un système à deux jeux de barres omnibus, il est possible d'avoir un transfert sans coupure d'un jeu de barres sur l'autre.

La manœuvre du disjoncteur, de l'interrupteur ou du contacteur n'est possible que si le sectionneur associé se trouve en position d'ouverture, de fermeture ou de mise à la terre (si elle existe).

La disposition de verrouillages complémentaires ou différents doit être l'objet d'accord entre constructeur et utilisateur. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires sur le but et le mode de fonctionnement des verrouillages.

Il est recommandé que les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné du circuit soient verrouillés avec les sectionneurs associés.

Les appareils installés dans les circuits principaux, dont la manœuvre incorrecte peut causer des dommages ou qui servent à assurer la distance de sectionnement durant les travaux de maintenance, doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser (par exemple, possibilité de disposer des cadenas).

NOTE — Dans la mesure du possible, la préférence est en principe donnée aux verrouillages mécaniques.

The requirement that it shall be possible to know the operating position of the disconnector or earthing switch is met if one of the following conditions is fulfilled:

- the isolating distance is visible;
- the position of the withdrawable part, in relation to the fixed part, is clearly visible and the positions corresponding to full connection and full isolation are clearly identified;
- the position of the disconnector or earthing switch is indicated by a reliable indicating device.

Any removable part shall be so attached to the fixed part that its contacts will not open inadvertently due to forces which may occur in service, in particular those due to a short circuit.

#### 5.106 *Interlocks*

Interlocks between different components of the equipment are provided for reasons of safety and for convenience of operation. The following provisions are mandatory for main circuits:

##### *a) Metal-enclosed switchgear and controlgear with removable parts*

The withdrawal or engagement of a circuit-breaker, switch or contactor shall be impossible unless it is in the open position.

The operation of a circuit-breaker, switch or contactor shall be impossible unless it is in the service, disconnected, removed, test or earthing position.

It shall be impossible to close the circuit-breaker, switch or contactor in the service position unless it is connected to the auxiliary circuit, unless it is designed to open automatically without the use of an auxiliary circuit.

##### *b) Metal-enclosed switchgear and controlgear without removable parts and provided with disconnectors*

Interlocks shall be provided to prevent operation of disconnectors under conditions other than those they are intended for (see I E C 129). The operation of a disconnector shall be impossible unless the associated circuit-breaker, switch or contactor is in the open position.

NOTE — This rule may be disregarded if it is possible to have a busbar transfer in a double busbar system without current interruption.

The operation of the circuit-breaker, switch or contactor shall be impossible unless the associated disconnector is in the closed, open or earthing position (if provided).

The provision of additional or alternative interlocks shall be subject to agreement between manufacturer and user. The manufacturer shall give all necessary information on the character and function of interlocks.

It is recommended that earthing switches having a short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current of the circuit should be interlocked with the associated disconnectors.

Apparatus installed in main circuits, the incorrect operation of which can cause damage or which are used for assuring isolating distances during maintenance work, shall be provided with locking facilities (for example provision for padlocks).

NOTE — Whenever practical, preference should be given to mechanical interlocks.

### 5.107 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

Lorsque, pour les essais diélectriques, il n'est pas pratique de déconnecter le câble de l'appareillage sous enveloppe métallique, les parties qui ne peuvent pas être isolées du câble doivent être capables de tenir les tensions d'essai des câbles spécifiées dans les normes correspondantes.

NOTE — On attire l'attention sur le fait qu'en pratique, dans certains cas, il n'y a pas de marge de sécurité entre la tension d'essai à fréquence industrielle assignée sur la distance de sectionnement et la contrainte diélectrique sur cette même distance de sectionnement, résultant de l'application de la tension d'essai à courant continu sur le câble tandis que l'autre extrémité de la distance de sectionnement de l'appareillage sous enveloppe métallique est encore sous tension.

## SECTION SIX —RÈGLES POUR ESSAIS DE TYPE

### 6. Essais de type

Se référer à l'article 6 de la C E I 694 en ajoutant la modification suivante:

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique et relevant de spécifications particulières non couvertes par la C E I 694 doivent y satisfaire et être essayés conformément à ces spécifications, en tenant compte des conditions données aux paragraphes suivants.

Les essais de type sont effectués sur une unité fonctionnelle représentative. Il n'est pas pratique de soumettre toutes les dispositions prévues d'appareillage sous enveloppe métallique à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles de matériels. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats d'essais obtenus avec des dispositions comparables.

NOTE — Une unité fonctionnelle représentative peut prendre la forme d'une unité extensible. Néanmoins, il peut être nécessaire d'assembler par boulonnage deux ou trois unités.

D'autres essais que ceux qui sont énumérés ci-après peuvent être effectués sur l'appareillage sous enveloppe métallique comportant des matériaux isolants organiques. Ces essais font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Les essais de type et vérifications comprennent:

#### *Essais de type normaux*

- a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'ensemble y compris les essais de tension à fréquence industrielle des circuits auxiliaires: paragraphe 6.1
- b) Essais de vérification de l'échauffement de n'importe quelle partie de l'équipement et mesurage de la résistance du circuit principal: paragraphes 6.3 et 6.4
- c) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et de terre à supporter la valeur de crête du courant et le courant de courte durée admissible assigné: paragraphe 6.5
- d) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement: paragraphe 6.101
- e) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion et des parties amovibles contenus dans l'équipement: paragraphe 6.102

5.107 *Provisions for dielectric tests on cables*

When it is not practical to disconnect the cable for the dielectric tests from the metal-enclosed switchgear and controlgear, those parts which remain connected to the cable shall be capable of withstanding the cable test voltages specified in the relevant cable standards.

NOTE — Attention is drawn to the fact that practically no safety margin is left in some cases between the rated power-frequency test voltage for the isolating distance and the resulting voltage stress across the isolating distance due to the application of the d.c. cable test voltage while the other side of the isolating distance of metal-enclosed switchgear and controlgear is still live.

## SECTION SIX — RULES FOR TYPE TESTS

## 6. Type tests

Refer to Clause 6 of I E C 694 with the addition of the following modification:

Components contained in metal-enclosed switchgear and controlgear which are subject to individual specifications not covered by the scope of I E C 694 shall comply with and be tested in accordance with those specifications, taking into account the conditions given in the following sub-clauses.

The type tests are made on a representative functional unit. Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is not practical to make type tests with all the arrangements of metal-enclosed switchgear and controlgear. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

NOTE — A representative functional unit may take the form of one extensible unit. However, it may be necessary to bolt two or three of such units together.

Other tests than those indicated hereafter can be carried out on metal-enclosed switchgear and controlgear including organic insulating materials. These tests are subject to agreement between manufacturer and user.

The type tests and verifications comprise:

*Normal type tests*

- a) Tests to verify the insulation level of the equipment including tests at power-frequency test voltages on auxiliary circuits: Sub-clause 6.1
- b) Tests to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of the main circuit: Sub-clauses 6.3 and 6.4
- c) Tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents: Sub-clause 6.5
- d) Test to prove the making and breaking capacity of the included switching devices: Sub-clause 6.101
- e) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices and removable parts: Sub-clause 6.102

- f) Essais de vérification de la protection des personnes contre l'approche des parties actives et le contact avec les parties en mouvement: paragraphe 6.103
- g) Essais de vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux: paragraphe 6.106
- h) Essais de vérification de la résistance mécanique des compartiments à remplissage de gaz: paragraphe 6.104
- i) Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz: paragraphe 6.105

*Essais de type spéciaux (faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur)*

- j) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les effets externes dus aux intempéries: paragraphe 6.107
- k) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les dommages mécaniques: paragraphe 5.101.3
- l) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne: paragraphe 6.108
- m) Essais pour détecter certains défauts dans l'isolation de l'équipement par le mesurage des décharges partielles: paragraphe 6.1.9

NOTE — Certains de ces essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur de la partie essayée en service.

## 6.1 Essais diélectriques

### 6.1.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Se référer au paragraphe 6.1.1 de la C E I 694 avec la limitation suivante:

Si l'isolement de l'appareillage sous enveloppe métallique comprend de l'air à la pression atmosphérique, les essais diélectriques doivent être effectués dans des conditions aussi proches que possible des conditions atmosphériques normales de référence. L'application de facteurs de correction pour la densité de l'air et l'humidité pour la détermination de la tension d'essai fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

### 6.1.2 Modalités des essais sous pluie

La C E I 694 n'est pas applicable: des essais diélectriques sous pluie ne sont pas nécessaires pour l'appareillage sous enveloppe métallique.

### 6.1.3 Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Se référer au paragraphe 6.1.3 de la C E I 694 pour les essais qui sont applicables.

### 6.1.4 Application des tensions d'essai et conditions d'essai

La C E I 694 n'est pas applicable. Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais auxquels le circuit principal est soumis. Sont toutefois compris les essais suivants:

#### a) A la terre et entre phases

Les tensions d'essai spécifiées au paragraphe 6.1.5 doivent être appliquées en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et des circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre, ou au cadre et à la borne de terre de la source d'essai.

Les compartiments à remplissage de gaz des systèmes à pression scellés (voir paragraphe 3.107) peuvent être essayés à leur pression de remplissage assignée lorsque celle-ci est inférieure à 0,5 bar (effectif).

- f) Tests to verify the protection of persons against approach to live parts and contact with moving parts: Sub-clause 6.103
  - g) Tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects: Sub-clause 6.106
  - h) Tests to verify the strength of gas-filled compartments: Sub-clause 6.104
  - i) Gas tightness tests of gas-filled compartments: Sub-clause 6.105
- Special type tests (subject to agreement between manufacturer and user)*
- j) Tests to verify the protection of the equipment against external effects due to weather: Sub-clause 6.107
  - k) Tests to verify the protection of the equipment against mechanical damage: Sub-clause 5.101.3
  - l) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault: Sub-clause 6.108
  - m) Tests to detect certain defects in the solid insulation of the equipment by the measurement of partial discharges: Sub-clause 6.1.9

NOTE — Some of the type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service.

## 6.1 Dielectric tests

### 6.1.1 Ambient air conditions during tests

Refer to Sub-clause 6.1.1 of I E C 694 with the following limitation:

Where the insulation of metal-enclosed switchgear and controlgear comprises atmospheric air, voltage tests shall be made in conditions as near as possible to the standard reference atmosphere. The application of correction factors for air density and humidity are allowed for the determination of the test voltage subject to agreement between manufacturer and user.

### 6.1.2 Wet test procedure

I E C 694 is not applicable as no dielectric tests under wet conditions are necessary for metal-enclosed switchgear and controlgear.

### 6.1.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Refer to Sub-clause 6.1.3 of I E C 694 for those tests which are applicable.

### 6.1.4 Application of test voltages and test conditions

I E C 694 is not applicable. Because of the great variety of designs, it is not feasible to give specific indications of the tests to be performed on the main circuit, but, in principle, they shall cover the following tests:

#### a) To earth and between phases

The test voltages specified in Sub-clause 6.1.5 shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits are to be connected to the earthing conductor or the frame and to the earth terminal of the test supply.

Gas-filled compartments with sealed pressure systems (see Sub-clause 3.107) may be tested at the rated filling pressure when it is lower than 0,5 bar (gauge).

Si les conducteurs de phase sont à cloisonnement métallique, on n'effectue que des essais à la terre et pas d'essai entre phases.

Les essais diélectriques doivent être effectués avec tous les appareils de connexion fermés et toutes les parties amovibles en position de service. L'attention est attirée sur la possibilité d'un champ électrique moins favorable lorsque les appareils de connexion sont en position d'ouverture ou que les parties amovibles sont dans une position de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre. Les essais doivent alors être répétés.

NOTE — Les parties amovibles ne sont pas soumises à ces essais diélectriques lorsqu'elles sont dans une position de sectionnement, d'essai ou de retrait.

Pour ces essais diélectriques, il est recommandé d'installer comme dans les conditions normales d'exploitation les transformateurs de courant, les déclencheurs directs ou indicateurs de surintensité éventuels et les boîtes d'extrémité de câbles (placées au besoin dans plusieurs configurations en cas de doute sur l'endroit le plus défavorable).

Pour vérifier la conformité avec les exigences du paragraphe 5.102.5 et du point *a*) du paragraphe 5.103.1, un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible mais n'excédant pas 100 cm<sup>2</sup>, mis à la terre doit être appliqué, pendant la manœuvre ou la maintenance, à l'endroit le plus défavorable sur le côté accessible du regard, de la cloison ou du volet en matériau isolant. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents. Pour la commodité de l'essai, sous réserve d'un accord entre constructeur et utilisateur, il est possible d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties du matériau isolant.

#### *b) Sur la distance de sectionnement*

Chaque distance de sectionnement du circuit principal doit être essayée aux tensions d'essai spécifiées au paragraphe 6.1.5. La distance de sectionnement peut s'entendre comme la distance entre les deux parties du circuit principal prévues pour être connectées par un appareil de connexion débroché ou retiré.

Si, dans la position de sectionnement, un volet métallique mis à la terre est interposé entre les contacts séparés en vue d'assurer un cloisonnement métallique, la distance entre le volet métallique mis à la terre et les parties actives doit tenir seulement les tensions d'essai demandées à la terre.

Si, dans la position de sectionnement, il n'y a pas de volet ni de cloison métallique mis à la terre entre la partie fixe et la partie débrochable, les tensions d'essai spécifiées sur la distance de sectionnement doivent être appliquées:

- entre les contacts mobiles et les contacts fixes qui se correspondent, si, par inadvertance, les parties conductrices du circuit principal de la partie débrochable peuvent être touchées;
- entre les contacts fixes correspondant à un côté et les contacts fixes correspondant à l'autre côté, l'appareil de connexion de la partie débrochable étant fermé, si elles ne peuvent pas être touchées par inadvertance.

#### *c) Essais complémentaires*

Pour vérifier la conformité avec l'exigence du point *c*) du paragraphe 5.103.1, l'isolation entre les parties actives du circuit principal et le côté interne des cloisons ou volets en matériau isolant doit être soumise à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150% de la tension assignée pendant 1 min après avoir recouvert d'un feuillet métallique mis à la terre la surface interne de la cloison ou du volet située en face de ces parties actives.

### 6.1.5 Tensions d'essai

Se référer au paragraphe 4.2.1 de la C E I 694.

If the phase conductors are segregated, only tests to earth and no tests between phases apply.

The dielectric tests shall be made with all switching devices closed and all removable parts in their service position. Attention shall be given to the possibility that switching devices in their open position or removable parts in the disconnected, removed, test or earthing position may result in less favourable field conditions. Under such conditions the tests shall be repeated.

NOTE — The removable parts are not to be subjected to these voltage tests whilst they are in the disconnected, test or removed position.

For these dielectric tests, current transformers, any direct overcurrent release or overcurrent indicator and the cable terminal boxes (placed, if necessary, in several configurations if in doubt about the most unfavourable situation) should be installed as in normal service.

In order to check compliance with the requirements of Sub-clause 5.102.5 and Item *a*) of Sub-clause 5.103.1 inspection windows, partitions and shutters of insulating material shall be covered on the side accessible during operation or maintenance, in the most unfavourable situation for the test, with a circular or square metal foil having an area as large as possible but not exceeding 100 cm<sup>2</sup>, which shall be connected to earth. In case of doubt about the most unfavourable situation, the tests shall be repeated with different situations. For convenience of testing, subject to agreement between manufacturer and user, more than one metal foil may be applied simultaneously or larger parts of the insulating material may be covered.

*b) Across the isolating distance*

Each isolating distance of the main circuit shall be tested using the test voltages specified in Sub-clause 6.1.5. The isolating distance may be the distance between the two parts of the main circuit intended to be connected by a withdrawn or removed switching device.

If, in the disconnected position, an earthed metallic shutter is interposed between the disengaged contacts to assure a segregation, the gap between the earthed metallic shutter and the live parts shall withstand only the test voltages required to earth.

If, in the disconnected position, there is no earthed metallic shutter or partition between the fixed part and the withdrawable part, the test voltages specified across the isolating distance shall be applied:

- between the fixed and moving contacts intended to engage, if conductive parts of the main circuit of the withdrawable part can inadvertently be touched;
- between the fixed contacts on one side and the fixed contacts on the other side, with the switching device of the withdrawable part in the closed position, if they cannot inadvertently be touched.

*c) Complementary tests*

In order to check compliance with the requirement of Item *c*) of Sub-clause 5.103.1, the insulation between the live parts of the main circuit and the inside of insulating partitions or shutters shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150% of the rated voltage for 1 min after covering the inner surface of the partition or shutter facing the live parts by an earthed metal foil.

6.1.5 *Test voltages*

Refer to Sub-clause 4.2.1 of I E C 694.

Les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases doivent être choisies dans le tableau 1, colonnes (2) ou (4) et (6), ou dans le tableau de l'annexe EE, colonnes (2) et (4). Les tensions d'essai sur la distance de sectionnement doivent être choisies dans le tableau 1, colonnes (3) ou (5) et (7), ou dans le tableau de l'annexe EE, colonnes (3) et (5).

#### 6.1.6 *Essais de tension de choc de foudre et de choc de manœuvre*

Se référer au paragraphe 6.1.6 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être seulement soumis aux essais de tension de choc de foudre. Normalement, l'essai de tenue sous 15 chocs doit être appliqué. Cependant, dans le cas de prédominance d'isolation non autorégénératrice, l'essai de tenue conventionnel aux chocs peut être appliqué selon accord entre constructeur et utilisateur afin d'éviter la possibilité d'endommager l'isolation solide.

Les transformateurs de tension, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions de la haute tension.

Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés. Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être court-circuités et mis à la terre. Les enroulements primaires des transformateurs de courant de faible rapport peuvent aussi être court-circuités.

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique, sauf que, pour les essais selon le point *b*) du paragraphe 6.1.4, l'enveloppe doit être en cas de nécessité, isolée de la terre de telle façon que la tension entre une des parties actives et l'enveloppe n'excède pas la tension spécifiée au point *a*) du paragraphe 6.1.4.

#### 6.1.7 *Essais de tension à la fréquence industrielle du circuit principal*

Se référer au paragraphe 6.1.7 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être seulement soumis aux essais de tension à fréquence industrielle à sec.

Les transformateurs de tension, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions de la haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être déconnectés ou enlevés.

Pendant les essais de tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la terre et à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique, sauf que, pour l'essai selon le point *b*) du paragraphe 6.1.4, le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension est en principe connecté à la terre et à l'enveloppe pour empêcher que la tension entre une des parties actives et l'enveloppe n'excède la tension spécifiée au point *a*) du paragraphe 6.1.4.

Si cela est impraticable, une borne du transformateur d'essai peut, avec l'accord du constructeur, être reliée à la terre et l'enveloppe doit être, si nécessaire, isolée de la terre.

#### 6.1.8 *Essais de pollution artificielle*

La C E I 694 n'est pas applicable.

#### 6.1.9 *Essais de décharges partielles*

Se référer au paragraphe 6.1.9 de la C E I 694 et à l'annexe FF, en ajoutant le complément suivant:

Le mesurage des décharges partielles est en principe effectué comme essai de type en vue de détecter, en relation avec les autres essais diélectriques, la présence éventuelle et l'emplacement de points faibles face aux contraintes diélectriques résultant de la conception de l'équipement.

The test voltages to earth and between phases shall be selected from table 1, columns (2) or (4) and (6), or the table of annex EE, columns (2) and (4). The test voltages across the isolating distance shall be selected from table 1, columns (3) or (5) and (7), or the table of annex EE, columns (3) and (5).

#### 6.1.6 *Lightning and switching impulse voltage tests*

Refer to Sub-clause 6.1.6 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

Metal-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests only. Normally, the fifteen-impulse withstand test shall be applied. However, in the case where non-self-restoring insulation predominates, the conventional impulse withstand test may be applied subject to agreement between manufacturer and user, so as to avoid possible damage to the solid insulation.

Voltage transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

Overvoltage protective devices shall be disconnected or removed. Current transformer secondaries shall be short-circuited and earthed. Current transformers with a low ratio may have their primaries short-circuited too.

During the lightning impulse voltage tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the enclosure of the metal-enclosed switchgear and controlgear, except that during the tests in accordance with Item *b*) of Sub-clause 6.1.4 the enclosure shall, if necessary, be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure will not exceed the test voltage specified in Item *a*) of Sub-clause 6.1.4.

#### 6.1.7 *Power-frequency voltage tests on the main circuit*

Refer to Sub-clause 6.1.7 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

The main circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to power-frequency voltage tests in dry conditions only.

Voltage transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protective devices may be disconnected or removed.

During the power-frequency voltage tests, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the enclosure of the metal-enclosed switchgear and controlgear, except that during the tests in accordance with Item *b*) of Sub-clause 6.1.4 the mid-point or another intermediate point of the voltage source should be connected to earth and to the enclosure in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure will not exceed the test voltage specified in Item *a*) of Sub-clause 6.1.4.

If this is not practicable, one terminal of the test transformer may, with the agreement of the manufacturer, be connected to earth and the enclosure shall, if necessary, be insulated from earth.

#### 6.1.8 *Artificial pollution tests*

I E C 694 is not applicable.

#### 6.1.9 *Partial discharge tests*

Refer to Sub-clause 6.1.9 of I E C 694 and to annex FF with the addition of the following supplement:

The measurement of partial discharges should be made as a type test to show, in correlation with the other dielectric tests, if and where there are weak points with respect to the dielectric stresses resulting from the design of the equipment.

Si l'essai est réalisé, il doit être effectué avant et après les essais de tension aux chocs de foudre et de tension à fréquence industrielle, à la pression minimale de fonctionnement ou à la pression de remplissage assignée s'il y a lieu.

#### 6.1.10 *Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande*

Se référer au paragraphe 6.1.10 de la C E I 694 qui est applicable à tous les circuits auxiliaires à basse tension.

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être mis en court-circuit et déconnectés de la terre. Les enroulements secondaires des transformateurs de tension doivent être déconnectés.

#### 6.2 *Essais de tension de perturbation radioélectrique*

La C E I 694 n'est pas applicable.

#### 6.3 *Essais d'échauffement*

Se référer au paragraphe 6.3 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

Quand il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, l'essai doit être effectué avec les matériels ou dispositions donnant les conditions les plus sévères. L'unité fonctionnelle représentative doit être montée approximativement comme dans les conditions normales d'exploitation, avec toutes les enveloppes et les cloisons normales, tous les volets normaux, etc., et les capots et les portes fermés.

Les essais doivent être faits normalement avec le nombre de phases assigné et le courant assigné en service continu circulant d'une extrémité des barres omnibus aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Pour l'essai des unités fonctionnelles individuelles, les unités voisines sont en principe parcourues par un courant produisant les pertes prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut pas être effectué dans les conditions réelles.

Les échauffements des différents matériels s'entendent par rapport à la température de l'air ambiant extérieur à l'enveloppe et ne doivent pas excéder les valeurs spécifiées dans les normes dont ils relèvent. S'il n'est pas possible d'avoir une température constante de l'air ambiant, la température superficielle d'une enveloppe identique, placée dans les mêmes conditions d'air ambiant, peut être prise.

#### 6.4 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

Se référer au paragraphe 6.4 de la C E I 694 en ajoutant l'alinéa suivant:

La résistance mesurée sur la totalité du circuit principal d'un ensemble d'appareillage sous enveloppe métallique indique le bon état du trajet du courant. Cependant, aucune tolérance ne peut être spécifiée.

#### 6.5 *Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles*

Se référer au paragraphe 6.5 de la C E I 694.

##### 6.5.101 *Essais des circuits principaux*

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles assignés, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues, c'est-à-dire qu'ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

If the test is made, it shall be carried out before and after the lightning impulse and power-frequency voltage tests, at the minimum functional pressure or at the rated filling pressure if applicable.

#### 6.1.10 *Dielectric tests on auxiliary and control circuits*

Refer to Sub-clause 6.1.10 of I E C 694 which is applicable to all low voltage auxiliary circuits.

Current transformer secondaries shall be short-circuited and disconnected from earth. Voltage transformer secondaries shall be disconnected.

#### 6.2 *Radio interference voltage (RIV) tests*

I E C 694 is not applicable.

#### 6.3 *Temperature-rise tests*

Refer to Sub-clause 6.3 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

Where the design provides alternative components or arrangements, the test shall be performed with those components or arrangements for which the most severe conditions are obtained. The representative functional unit shall be mounted approximately as in normal service, including all normal enclosures, partitions, shutters, etc. and the covers and doors closed.

The tests shall be made normally with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the length of busbars to the terminals provided for the connection of cables.

When testing individual functional units, the neighbouring units should carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated conditions. It is admissible to simulate equivalent conditions by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be performed under actual conditions.

The temperature rises of the different components shall be referred to the ambient air temperature outside the enclosure and shall not exceed the values specified for them in the relevant standards. If the ambient air temperature is not constant, the surface temperature of an identical enclosure may be taken under the same ambient conditions.

#### 6.4 *Measurement of the resistance of the main circuit*

Refer to Sub-clause 6.4 of I E C 694 with the addition of the following paragraph:

The measured resistance across the complete main circuit of an assembly of metal-enclosed switchgear and controlgear is indicative of the proper condition of the current path. However, no tolerance can be specified.

#### 6.5 *Short-time and peak withstand current tests*

Refer to Sub-clause 6.5 of I E C 694.

##### 6.5.101 *Test on main circuits*

Main circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their capability to withstand the rated short-time and peak withstand current under the intended conditions of installation and use, i.e. they shall be tested as installed in the metal-enclosed switchgear and controlgear with all associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

Pour ces essais, les connexions courtes aux transformateurs de tension ne sont pas considérées comme faisant partie du circuit principal.

Il est recommandé d'effectuer de préférence les essais au courant de court-circuit en triphasé. La valeur efficace du courant de court-circuit pendant l'essai doit être obtenue en appliquant le courant de courte durée admissible assigné au circuit principal de l'appareillage sous enveloppe métallique.

Les connexions courtes et directes entre les circuits à grand courant de court-circuit et les appareils limiteurs de courant peuvent être essayées avec un courant de court-circuit réduit.

A l'exception des dispositifs de protection destinés à limiter l'intensité et la durée du courant de court-circuit, il y a lieu de veiller à ce qu'aucun dispositif de protection ne fonctionne. Les transformateurs de courant et les déclencheurs éventuels doivent être installés, comme dans les conditions normales d'exploitation, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

Les fusibles limiteurs éventuels doivent être munis des éléments de remplacement ayant le plus grand courant assigné spécifié.

Après l'essai, les matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe n'accusent ni déformation ni détérioration nuisible au bon fonctionnement des circuits principaux.

#### 6.5.102 *Essais des circuits de terre*

Les conducteurs de terre, les connexions de terre et les appareils de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles assignés dans les conditions de mise à la terre du neutre du réseau, c'est-à-dire qu'ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Il est recommandé d'effectuer de préférence les essais des appareils de mise à la terre en triphasé.

S'il existe des parties amovibles, la connexion de terre entre la partie fixe et la partie amovible doit être essayée dans les conditions correspondant au défaut de terre. Le courant du défaut de terre doit circuler entre le conducteur de terre et le cadre de la partie amovible. La connexion de terre entre deux parties amovibles, s'il y en a, doit être également essayée.

Une certaine déformation et détérioration du conducteur de terre, des connexions de terre ou des appareils de mise à la terre est acceptable après l'essai, mais la continuité du circuit doit être maintenue.

#### 6.101 *Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure*

En vue de vérifier leurs pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être essayés, conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi, c'est-à-dire selon leur disposition normale dans l'appareillage sous enveloppe métallique avec tous les matériels associés dont la disposition peut influencer les caractéristiques, tels que connexions, supports, dispositifs d'échappement, etc.

NOTE — Lors de l'examen des matériels associés susceptibles d'influencer les caractéristiques, il est recommandé de porter une attention particulière aux forces mécaniques dues au court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, à la possibilité d'une décharge disruptive, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs est négligeable dans certains cas.

For these tests, short connections to voltage transformers are not considered as parts of the main circuit.

The short-circuit current tests should preferably be carried out three-phase. The r.m.s. value of the short-circuit current during the test shall be obtained by applying the rated short-time withstand current to the main circuit of metal-enclosed switchgear and controlgear.

Short and direct connections between circuits having a high short-circuit current and current limiting devices may be tested with a reduced short-circuit current.

With the exception of protective devices which limit the value and the duration of the short-circuit current, it is necessary to ensure that no protective device operates. Current transformers and tripping devices which may be present shall be installed as in normal service, but with the release made inoperative.

Current limiting fuses, if any, shall be provided with fuse-links having the maximum rated current specified.

After the test, no deformation or damage to components or conductors within the enclosure which may impair good operation of the main circuits shall have been sustained.

#### 6.5.102 *Tests on earthing circuits*

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their capability to withstand the rated short-time and peak withstand current under the neutral earthing condition of the system, i.e. they shall be tested as installed in the metal-enclosed switchgear and controlgear with all associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

The short-circuit current tests with earthing devices should preferably be carried out three-phase.

When there are removable parts, the earthing connection between the fixed part and the removable part shall be tested under earth fault conditions. The earth fault current shall flow between the earthing conductor and the frame of the removable part. The earthing connection between two removable parts, if any, shall also be tested.

After the test some deformation and degradation of the earthing conductor, earthing connections or earthing devices is permissible, but the continuity of the circuit shall be preserved.

#### 6.101 *Verification of making and breaking capacities*

Switching devices forming part of the main circuit of metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated making and breaking capacities according to the relevant standards and under the proper conditions of installation and use, i.e. they shall be tested as normally installed in the metal-enclosed switchgear and controlgear with all associated components the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, provisions for venting etc.

NOTE — In determining which associated components are likely to influence the performance, special attention should be given to mechanical forces due to the short circuit, the venting of arc products, the possibility of disruptive discharges, etc. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

6.102 *Essais de fonctionnement mécanique*6.102.1 *Appareils de connexion et parties amovibles*

Les appareils de connexion doivent être manœuvrés 50 fois, et les parties amovibles embrochées 25 fois et débrochées 25 fois, pour vérifier le bon fonctionnement de l'équipement.

6.102.2 *Verrouillages*

Les verrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion et l'embrochage ou le débrochage des parties amovibles. Les appareils de connexion doivent subir 50 tentatives de manœuvre et les parties amovibles 25 tentatives d'embrochage et 25 tentatives de débrochage. Pendant ces essais, on doit n'appliquer que l'effort de manœuvre normal et ne se livrer à aucun réglage sur les appareils de connexion, les parties amovibles ou les verrouillages.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si

- a) on ne peut pas manœuvrer les appareils de connexion;
- b) on ne peut pas embrocher et débrocher les parties amovibles;
- c) les appareils de connexion, les parties amovibles et les verrouillages restent en bon état de fonctionnement et l'effort nécessaire à la manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

6.103 *Vérification du degré de protection*

Les essais doivent être effectués suivant les exigences spécifiées à l'article 7 de la C E I 529 pour le premier chiffre caractéristique correspondant.

On doit vérifier que les instruments d'essai selon le tableau 2 ne peuvent pas, soit

- causer un abaissement de la rigidité diélectrique du circuit principal au-dessous du niveau d'isolement assigné, ou
- toucher les parties en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe, ou
- dans le cas de IP2X, entrer par des ouvertures de l'enveloppe ou de la cloison.

Cependant l'essai n'est exécuté qu'en cas de doute sur l'observation de ces exigences.

TABLEAU 2

Degré de protection	Instruments d'essai
IP2X	Doigt d'épreuve métallique normalisé (figure 1) et sphère rigide de $12,0^{+0,05}_0$ mm de diamètre
IP3X	Fil d'acier rigide de $2,5^{+0}_{-0,05}$ mm de diamètre
IP4X	Fil d'acier rigide de $1,0^{+0}_{-0,05}$ mm de diamètre

6.104 *Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz*

Chaque modèle de compartiment à remplissage de gaz doit supporter une pression égale à deux fois la pression de calcul pendant 1 min. Après cet essai, le compartiment peut être déformé. Cet essai est effectué sans les dispositifs de décharge de pression s'il en existe.

Les pièces de remplacement des dispositifs de décharge de pression pour les essais de tenue à la pression ne doivent avoir aucun effet sur la résistance mécanique de l'enveloppe.

6.105 *Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz*

Se reporter à l'annexe GG.

6.102 *Mechanical operation tests*6.102.1 *Switching devices and removable parts*

Switching devices shall be operated 50 times and removable parts inserted 25 times and withdrawn 25 times to verify satisfactory operation of the equipment.

6.102.2 *Interlocks*

The interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching devices and the insertion or withdrawal of removable parts. Fifty attempts shall be made to operate the switching devices and 25 attempts shall be made to insert and 25 attempts to withdraw the removable parts. During these tests only normal operating forces shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices, removable parts or interlocks.

The interlocks are considered to be satisfactory, if

- a) the switching devices cannot be operated;
- b) the insertion and withdrawal of the removable parts are prevented;
- c) the switching devices, removable parts and the interlocks are in proper working order and the effort to operate them is practically the same before and after the tests.

6.103 *Verification of the degree of protection*

The tests shall be performed in accordance with the requirements specified in Clause 7 of I E C 529 for the appropriate first characteristic numeral.

It shall be verified that the test instruments according to table 2 cannot either

- cause a lowering of the dielectric strength of the main circuit below the rated insulation level, or
- touch moving parts inside the enclosure, or
- in the case of IP2X pass through openings in the enclosure or partition.

The test shall, however, be made only in the case of doubt as to whether the requirements are met.

TABLE 2

Degree of protection	Test instruments
IP2X	Standard metallic test finger (figure 1) and rigid sphere of $12,0^{+0,05}_{-0}$ mm diameter
IP3X	Straight rigid steel wire of $2,5^{+0}_{-0,05}$ mm diameter
IP4X	Straight rigid steel wire of $1,0^{+0}_{-0,05}$ mm diameter

6.104 *Pressure withstand test for gas-filled compartments*

Each design of gas-filled compartments shall withstand a pressure of twice the design pressure for 1 min. After the test this compartment may be distorted. This test is carried out without pressure relief devices if any.

The replacement of pressure relief devices for pressure withstand tests shall not have any effect on the mechanical strength of the enclosure.

6.105 *Gas tightness tests of gas-filled compartments*

Refer to annex GG.

Un essai d'étanchéité doit être fait sur chaque type de compartiment à remplissage de gaz, à titre d'essai de type, pour démontrer que le taux de fuite ne varie pas sous l'influence des effets thermiques et mécaniques des essais de type.

#### 6.106 *Mesurage des courants de fuite*

Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique contient des cloisons ou des volets en matériau isolant, on doit effectuer les essais suivants pour vérifier la conformité avec l'exigence du point *d*) du paragraphe 5.103.1.

Au choix du constructeur, le circuit principal doit être connecté soit à une source triphasée à fréquence industrielle dont la tension est égale à la tension assignée de l'appareillage sous enveloppe métallique, une phase étant mise à la terre, soit à une source monophasée dont la tension est égale à la tension assignée, les parties actives du circuit principal étant connectées entre elles. Pour les essais en triphasé, trois mesures doivent être faites avec les différentes phases de la source reliées successivement à la terre. Dans le cas d'essais en monophasé, un seul mesurage suffit.

Un feuillet métallique doit être appliqué à l'endroit le plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'isolant procurant la protection contre les contacts avec les parties actives. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents.

La surface de ce feuillet, approximativement circulaire ou carré, doit être aussi grande que possible mais n'excédant pas 100 cm<sup>2</sup>. L'enveloppe et le cadre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être mis à la terre. Le courant de fuite s'écoulant à la terre par le feuillet métallique doit être mesuré, l'isolant étant sec et propre.

Si la valeur du courant de fuite mesuré dépasse 0,5 mA, la surface isolante n'assure pas la protection exigée par la présente norme.

Si le chemin sur la surface isolante est interrompu, comme indiqué au point *d*) du paragraphe 5.103.1, par d'étroits espaces de gaz ou de liquide, ces espaces doivent être pontés électriquement. Lorsque ces espaces sont prévus pour éviter le passage d'un courant de fuite entre les parties actives et les parties accessibles des cloisons et volets isolants, les espaces doivent tenir les tensions d'essai spécifiées au paragraphe 4.2.1 de la C E I 694 pour les essais de tension à la terre et entre pôles.

Le mesurage des courants de fuite n'est pas nécessaire si des parties métalliques mises à la terre sont disposées de façon à assurer que les courants de fuite ne peuvent pas atteindre les parties accessibles des cloisons et volets isolants.

#### 6.107 *Essai de protection contre les intempéries*

Après accord entre constructeur et utilisateur, un essai de protection contre les intempéries doit être effectué sur l'appareillage sous enveloppe métallique pour l'extérieur. L'annexe CC indique une méthode recommandée. L'essai tient compte également des effets de la neige propulsée par le vent.

#### 6.108 *Arc dû à un défaut interne*

Cet essai est soumis à un accord entre constructeur et utilisateur. Si un tel essai est décidé, la procédure doit être conforme à celle qui est décrite dans l'annexe AA.

L'essai représente les effets d'un arc amorcé entièrement dans l'air ou dans un autre gaz isolant à l'intérieur de l'enveloppe avec les portes et capots fermés mais ne peut pas couvrir tous les cas, particulièrement les défauts qui se produisent dans les matériels ou dans une isolation solide ou liquide.

The measurement of gas tightness shall be performed with each type of gas-filled compartments as a type test to show that the leakage rate will not be changed by influences caused by the thermal and mechanical type tests.

#### 6.106 *Measurement of leakage currents*

When metal-enclosed switchgear and controlgear contains insulating partitions or shutters, the following tests shall be made in order to check compliance with the requirement of item *d)* of Sub-clause 5.103.1.

The main circuit shall, at the discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the metal-enclosed switchgear and controlgear, with one phase connected to earth, or to a single-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, the live parts of the main circuit being connected together. For three-phase tests, three measurements shall be made with the different phases of the supply successively connected to earth. In the case of single-phase tests, only one measurement is necessary.

A metal foil shall be placed in the most unfavourable situation for the test on the accessible surface of the insulation providing the protection against contact with live parts. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated with different situations.

The metal foil shall be approximately circular or square, having an area as large as possible but not exceeding 100 cm<sup>2</sup>. The enclosure and the frame of the metal-enclosed switchgear and controlgear shall be earthed. The leakage current flowing through the metal foil to earth shall be measured with the insulation dry and clean.

If the value of the leakage current measured is more than 0,5 mA, the insulating surface does not provide the protection required in this standard.

If, as indicated in Item *d)* of Sub-clause 5.103.1, the continuous path over insulating surfaces is broken by small gaps of gas or liquid, such gaps shall be shorted out electrically. If these gaps are incorporated to avoid the passage of the leakage current from live parts to accessible parts of insulating partitions and shutters, the gaps shall withstand the test voltages specified in Sub-clause 4.2.1 of I E C 694 for voltage tests to earth and between poles.

It is not necessary to measure leakage currents, if earthed metal parts are arranged in an appropriate manner to ensure that leakage currents cannot reach the accessible parts of the insulating partitions and shutters.

#### 6.107 *Weatherproofing test*

When agreed between manufacturer and user, a weatherproofing test shall be made on metal-enclosed switchgear and controlgear intended for outdoor use. A recommended method is given in annex CC. This test also takes into account the effects of wind-driven snow.

#### 6.108 *Arcing due to internal fault*

This test is subject to an agreement between manufacturer and user. If such a test is agreed, the procedure shall be in accordance with that described in annex AA.

The test procedure represents the effects of an arc occurring entirely in air or in another insulating gas within the enclosure when doors and covers are closed but does not cover all cases, particularly those faults occurring within the components or in solid or liquid insulation.

## SECTION SEPT — RÈGLES POUR ESSAIS INDIVIDUELS DE SÉRIE

## 7. Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être effectués sur toutes les unités de transport et, chaque fois que cela est praticable, dans les usines du constructeur, en vue de s'assurer que la production est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Se référer à l'article 7 de la C E I 694 en ajoutant les essais individuels suivants:

- essais de fonctionnement mécanique: paragraphe 7.102
- essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques: paragraphe 7.105
- vérification de l'exactitude de la filerie: paragraphe 7.106
- essais de pression des compartiments à remplissage de gaz (s'il y a lieu): paragraphe 7.103
- essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz (s'il y a lieu): paragraphe 7.104
- mesurage des décharges partielles (sur accord entre constructeur et utilisateur): paragraphe 7.101
- essais après montage sur le site: paragraphe 7.107

NOTE — Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des matériels de caractéristiques et de construction identiques (voir article 5).

7.1 *Essais de tension à la fréquence industrielle du circuit principal*

Se référer au paragraphe 7.1 de la C E I 694 en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe métallique est un ensemble de matériels dont chacun a déjà subi les essais individuels appropriés. Les essais, conformément au présent paragraphe, servent en principe à prouver les raccordements.

L'essai de tension à fréquence industrielle doit être effectué suivant les exigences du paragraphe 6.1.7. La tension d'essai spécifiée au tableau 1, colonne (6) de la C E I 694 ou dans le tableau de l'annexe EE, colonne (4), doit être appliquée en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai, les conducteurs des autres phases étant reliés à la terre et la continuité du circuit principal étant assurée (par exemple en fermant les appareils de connexion, ou d'une autre manière).

NOTE — Sur demande spéciale de l'utilisateur et en plus des essais individuels de série en usine, des essais diélectriques à tension réduite peuvent être effectués après montage sur le site (voir annexe DD).

Pour les compartiments à remplissage de gaz les essais doivent être effectués à la pression de remplissage assignée (voir paragraphe 4.101).

7.2 *Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande*

Se référer au paragraphe 7.2 de la C E I 694.

7.3 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

La C E I 694 n'est pas applicable. Selon accord entre constructeur et utilisateur, la chute de tension en courant continu ou la résistance de chaque phase du circuit principal doit être mesurée dans des conditions aussi proches que possible des conditions dans lesquelles l'essai de type correspondant a été effectué.

## SECTION SEVEN — RULES FOR ROUTINE TESTS

## 7. Routine tests

The routine tests shall be made with each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's works to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type test has been carried out.

Refer to Clause 7 of I E C 694 with the addition of the following routine tests:

- mechanical operation tests: Sub-clause 7.102
- tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices: Sub-clause 7.105
- verification of correct wiring: Sub-clause 7.106
- pressure tests of gas-filled compartments (if applicable): Sub-clause 7.103
- gas tightness tests of gas-filled compartments (if applicable): Sub-clause 7.104
- partial discharge measurement (subject to agreement between manufacturer and user): Sub-clause 7.101
- tests after erection on site: Sub-clause 7.107

NOTE — It may be necessary to verify the interchangeability of components of the same rating and construction (see Clause 5).

7.1 *Power-frequency voltage tests on the main circuit*

Refer to Sub-clause 7.1 of I E C 694 with the addition of the following supplement:

The metal-enclosed switchgear and controlgear is an assembly of components which individually have been subjected to appropriate routine tests. The tests according to this sub-clause serve in principle, to prove the interconnections.

The power-frequency voltage test shall be performed according to the requirements in Sub-clause 6.1.7. The test voltage specified in table 1, column (6), of I E C 694 or the table of annex EE, column (4), shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply, with the other phase conductors connected to earth and the continuity of the main circuit assured (e.g. by closing the switching devices or otherwise).

NOTE — On special request by the user and in addition to these routine tests at the manufacturer's premises, dielectric tests with a reduced test voltage may be performed after erection on site (see annex DD).

For gas-filled compartments the tests shall be performed at the rated filling pressure of the insulating gas (see Sub-clause 4.101).

7.2 *Dielectric tests on auxiliary and control circuits*

Refer to Sub-clause 7.2 of I E C 694.

7.3 *Measurement of the resistance of the main circuit*

I E C 694 is not applicable. Subject to agreement between manufacturer and user the d.c. voltage drop or resistance of each phase of the main circuit shall be measured under conditions as nearly as possible similar to those under which the corresponding type test was carried out.

#### 7.101 *Mesurage des décharges partielles*

Cet essai fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Le mesurage des décharges partielles peut convenir comme essai individuel de série pour détecter des défauts possibles de matière et de fabrication, principalement dans les compartiments à remplissage de gaz.

Si un tel essai est convenu, la méthode d'essai doit être conforme à l'annexe FF.

#### 7.102 *Essais de fonctionnement mécanique*

Les essais de fonctionnement sont effectués pour s'assurer que les appareils de connexion et les parties amovibles satisfont aux conditions de manœuvre prescrites et que les verrouillages mécaniques fonctionnent correctement.

Pendant ces essais, qui sont effectués sans tension ni courant dans les circuits principaux, on doit vérifier en particulier que les appareils de connexion s'ouvrent et se ferment correctement dans les limites spécifiées de la tension et de la pression d'alimentation de leurs dispositifs de manœuvre.

Chaque appareil de connexion et chaque partie amovible doivent être essayés comme il est spécifié au paragraphe 6.102, mais en effectuant seulement cinq manœuvres ou cinq tentatives de manœuvre dans chaque direction.

#### 7.103 *Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz*

Des essais de pression doivent être faits sur tous les compartiments à remplissage de gaz après fabrication. Chaque compartiment doit être soumis à une pression d'essai égale à 1,3 fois la pression de calcul pendant une minute.

Cela ne s'applique pas aux compartiments scellés à pression de remplissage assignée inférieure ou égale à 0,5 bar.

Après cet essai les compartiments ne doivent présenter aucun signe de dommage ou de déformation capable d'affecter le fonctionnement de l'appareillage.

#### 7.104 *Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz*

Se référer à l'annexe GG.

#### 7.105 *Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques*

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être essayés cinq fois de suite, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, pour les valeurs limites les plus défavorables de la source auxiliaire. Pendant l'essai, on n'effectue aucun réglage.

Les essais sont considérés comme satisfaisants, si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont en bon état de fonctionnement après les essais et si l'effort nécessaire à la manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

#### 7.106 *Vérification de l'exactitude de la filerie*

On vérifie que la filerie est conforme au schéma des connexions intérieures.

#### 7.107 *Essais après montage sur le site*

Après montage, l'appareillage sous enveloppe métallique doit être essayé pour en vérifier le fonctionnement correct.

#### 7.101 *Partial discharge measurement*

This test is subject to agreement between manufacturer and user.

The measurement of partial discharges may be appropriate as a routine test to detect possible material and manufacturing defects especially for gas-filled compartments.

If such a test is agreed, the procedure shall be as described in annex FF.

#### 7.102 *Mechanical operation tests*

Operation tests are made to ensure that the switching devices and removable parts comply with the prescribed operating conditions and that the mechanical interlocks work properly.

During these tests which are performed without voltage on or current in the main circuits, it shall be verified, in particular, that the switching devices open and close correctly within the specified limits of the supply voltage and pressure of their operating devices.

Each switching device and each removable part shall be tested as specified in Sub-clause 6.102, but substituting five operations or five attempts in each direction.

#### 7.103 *Pressure tests of gas-filled compartments*

Pressure tests shall be made on all gas-filled compartments after manufacture. Each compartment shall be subjected to a test at 1.3 times the design pressure for one minute.

This does not apply for sealed compartments with a rated filling pressure of 0,5 bar (gauge) and below.

After this test the compartments shall show no signs of distress or any distortion likely to affect the operation of the switchgear.

#### 7.104 *Gas tightness tests of gas-filled compartments*

Refer to annex GG.

#### 7.105 *Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices*

The electrical, pneumatic and other interlocks together with control devices having a predetermined sequence of operation shall be tested five times in succession in the intended conditions of use and operation and with the most unfavourable limit values of auxiliary supply. During the test no adjustment shall be made.

The tests are considered to be satisfactory if the auxiliary devices have operated properly, if they are in good operating condition after the tests and if the effort to operate them is practically the same before and after the tests.

#### 7.106 *Verification of correct wiring*

It shall be verified that the wiring conforms with the diagram.

#### 7.107 *Tests after erection on site*

After erection, metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to check correct operation.

Pour les parties qui sont assemblées sur le site et pour les compartiments qui sont remplis de gaz sur le site, il est recommandé de faire les essais suivants:

- |  |                  |
|--|------------------|
| a) Essai de tension du circuit principal:                                      | annexe DD        |
| b) Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz (s'il y a lieu): | paragraphe 7.104 |
| c) Vérification de l'état du gaz après remplissage sur le site:                | paragraphe 7.108 |

#### 7.108 *Vérification de l'état du gaz après remplissage sur le site*

L'état du gaz dans les compartiments à remplissage de gaz doit être déterminé, et doit être conforme à la spécification du constructeur.

Si le gaz est de l'hexafluorure de soufre, il convient de se référer à la C E I 480.

## SECTION HUIT — INFORMATION GÉNÉRALE

### 8. Guide pour le choix des appareils de connexion selon le service

Pour une certaine contrainte en service, l'appareillage sous enveloppe métallique est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses matériels qu'exigent les conditions en charge normale et les conditions en cas de défaut.

Il est souhaitable que les caractéristiques assignées soient choisies comme le propose cette norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'article 4.

On doit aussi considérer d'autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m.

Il convient de déterminer les contraintes imposées par les conditions en cas de défaut en calculant les courants de défaut à l'endroit où l'installation de l'appareillage sous enveloppe métallique est prévue dans le réseau.

### 9. Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

#### 9.101 *Renseignements dans les appels d'offres et les commandes*

En faisant un appel d'offre ou en passant commande d'une installation d'appareillage sous enveloppe métallique, les renseignements suivants seront fournis par le demandeur:

#### 1. Caractéristiques propres au réseau:

Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, modalités de mise à la terre du neutre.

#### 2. Conditions de service:

Les températures minimale et maximale de l'air ambiant; toutes conditions divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telles que l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière excessive ou au sel; le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.

For parts which are assembled on site and for gas-filled compartments which are filled on site it is recommended to carry out the following tests:

- |  |                  |
|--|------------------|
| a) Voltage test of the main circuit:                               | annex DD         |
| b) Gas tightness tests of gas-filled compartments (if applicable): | Sub-clause 7.104 |
| c) Measurement of gas condition after filling on site:             | Sub-clause 7.108 |

#### 7.108 *Measurement of gas condition after filling on site*

The condition of the gas in gas-filled compartments shall be determined and shall meet the manufacturer's specification.

If the gas is sulphur hexafluoride, reference should be made to I E C 480.

## SECTION EIGHT — GENERAL INFORMATION

### 8. Guide to the selection of switching devices for service

For a given duty in service, metal-enclosed switchgear and controlgear is selected by considering the individual rated values of their components required by normal load conditions and in the case of fault conditions.

It is desirable that the rated values be chosen as suggested in this standard regarding the characteristics of the system as well as its anticipated future development. The complete list of ratings is given in Clause 4.

Other parameters such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m are also to be considered.

The duty imposed by fault conditions should be determined by calculating the fault currents at the place where the metal-enclosed switchgear and controlgear is to be located in the system.

### 9. Information to be given with enquiries, tenders and orders

#### 9.101 *Information with enquiries and orders*

When enquiring about or ordering an installation of metal-enclosed switchgear and controlgear the following information should be supplied by the enquirer:

##### 1. Particulars of the system:

Nominal and highest voltage, frequency, type of system neutral earthing.

##### 2. Service conditions:

Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, as, for example, the unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt; the risk of earth tremors or other vibrations due to causes external to the equipment to be delivered.

3. Caractéristiques de l'installation et de ses matériels:
  - a) installation pour l'intérieur ou l'extérieur;
  - b) nombre de phases;
  - c) nombre de barres omnibus;
  - d) tension assignée;
  - e) niveau d'isolement assigné;
  - f) courants assignés en service continu des barres omnibus et des circuits d'alimentation;
  - g) courant de courte durée admissible ( $I_{th}$ );
  - h) durée assignée du court-circuit (si elle est différente de 1 s);
  - i) valeur de crête du courant admissible assigné (si elle est différente de  $2,5 I_{th}$ );
  - j) valeurs assignées des matériels;
  - k) degré de protection de l'enveloppe et des cloisons;
  - l) schémas de circuit;
  - m) type d'appareillage sous enveloppe métallique (par exemple, blindé, compartimenté ou bloc).
4. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
  - a) type des dispositifs de manœuvre;
  - b) tension assignée d'alimentation (si nécessaire);
  - c) fréquence assignée d'alimentation (si nécessaire);
  - d) pression assignée d'alimentation (si nécessaire);
  - e) exigences spéciales de verrouillage.

En plus de ces renseignements, le demandeur indiquera toute condition qui peut influencer la soumission ou la commande, telle que les conditions particulières de montage ou d'installation, l'emplacement des connexions externes à haute tension ou les règles pour les réservoirs de pression.

On indiquera si des essais de type spéciaux sont demandés.

#### 9.102 Renseignements pour les soumissions

En principe, les renseignements suivants sont donnés par le constructeur, si applicable, avec les notices descriptives et les plans:

1. Valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées au point 3 du paragraphe 9.101.
2. Sur demande, certificats ou comptes rendus d'essai de type.
3. Détails de construction, par exemple:
  - a) Masse de l'unité de transport la plus lourde.
  - b) Dimensions hors tout de l'installation.
  - c) Disposition des connexions externes.
  - d) Dispositifs à prévoir pour le transport et le montage.
  - e) Mesures à prévoir pour le montage.
  - f) Renseignements concernant le fonctionnement et la maintenance.
  - g) Type du système de pression de gaz.
  - h) Pression de remplissage assignée et pression minimale de fonctionnement.
  - i) Volume de gaz pour les différents compartiments.
  - j) Spécification de l'état du gaz.

3. Particulars of the installation and its components:
  - a) indoor or outdoor installation;
  - b) number of phases;
  - c) number of busbars;
  - d) rated voltage;
  - e) rated insulation level;
  - f) rated normal currents of busbars and feeder circuits;
  - g) rated short-time withstand current ( $I_{th}$ );
  - h) rated duration of short circuit (if different from 1 s);
  - i) rated peak withstand current (if different from  $2,5 I_{th}$ );
  - j) rated values of components;
  - k) degree of protection for the enclosure and partitions;
  - l) circuit diagrams;
  - m) type of metal-enclosed switchgear and controlgear (e.g. metal-clad, compartmented or cubicle).
4. Particulars of the operating devices:
  - a) type of operating devices;
  - b) rated supply voltage (if any);
  - c) rated supply frequency (if any);
  - d) rated supply pressure (if any);
  - e) special interlocking requirements.

Beyond these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, as, for example, special mounting or erection conditions, the location of the external high-voltage connections or the rules for pressure vessels.

Information should be supplied if special type tests are required.

#### 9.102 *Information with tenders*

The following information, if applicable, should be given by the manufacturer with descriptive matters and drawings:

1. Rated values and characteristics as enumerated in Item 3 of Sub-clause 9.101.
2. Type test certificates or reports on request.
3. Constructional features, for example:
  - a) Mass of the heaviest transport unit.
  - b) Overall dimensions of the installation.
  - c) Arrangement of the external connections.
  - d) Facilities for transport and mounting.
  - e) Mounting provisions.
  - f) Instructions for operation and maintenance.
  - g) Type of gas-pressure system.
  - h) Rated filling pressure and minimum functional pressure.
  - i) Volume of gas for the different compartments.
  - j) Specification of gas condition.

4. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
  - a) Types et valeurs assignées telles qu'énumérées au point 4 du paragraphe 9.101.
  - b) Courant ou puissance nécessaire pour la manœuvre.
  - c) Durées de manœuvre.
  - d) Quantité de gaz ramenée à la pression atmosphérique nécessaire pour la manœuvre.
5. Liste des pièces détachées qu'il est recommandé à l'utilisateur de se procurer.

## 10. Règles pour le transport, le stockage, l'installation et la maintenance

Se référer à l'article 10 de la CEI 694.

### 10.1. *Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation*

Se référer au paragraphe 10.1 de la CEI 694.

### 10.2 *Installation (montage)*

Se référer au paragraphe 10.2 de la CEI 694.

### 10.3 *Maintenance*

Se référer au paragraphe 10.3 de la CEI 694 en ajoutant l'alinéa suivant:

Si, pour certaines opérations de maintenance, des écrans isolants provisoires sont nécessaires, ces écrans doivent être fournis par le constructeur, qui donne également des renseignements sur leur utilisation. Ces écrans isolants doivent répondre à l'exigence du paragraphe 5.103.1. Ces écrans et leurs supports doivent avoir une tenue mécanique suffisante pour éviter le contact accidentel avec des parties actives.

NOTE — Les écrans isolants prévus seulement pour la protection mécanique ne sont pas soumis à la présente norme.

4. Particulars of the operating devices:
  - a) Types and rated values as enumerated in Item 4 of Sub-clause 9.101.
  - b) Current or power for operation.
  - c) Operating times.
  - d) Quantity of free gas for operation.
5. List of recommended spare parts which should be procured by the user.

## 10. Rules for transport, storage, erection and maintenance

Refer to Clause 10 of IEC 694.

### 10.1 *Conditions during transport, storage and erection*

Refer to Sub-clause 10.1 of IEC 694.

### 10.2 *Erection (mounting)*

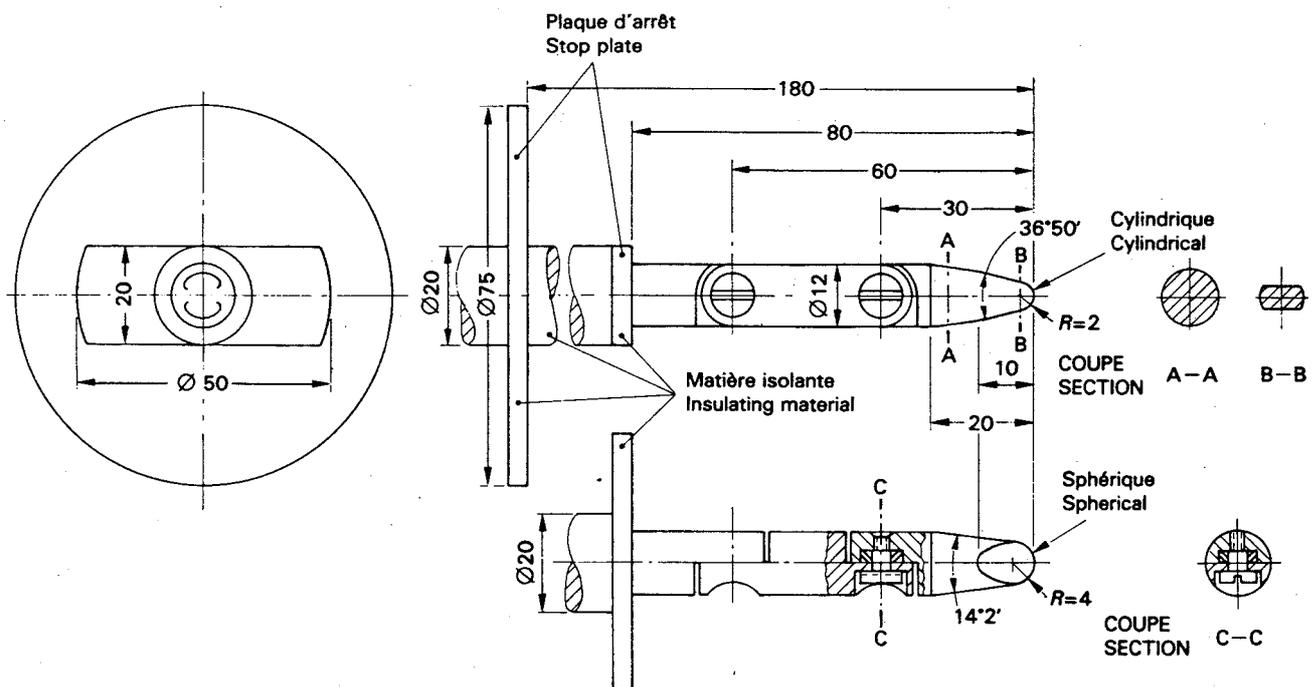
Refer to Sub-clause 10.2 of IEC 694.

### 10.3 *Maintenance*

Refer to Sub-clause 10.3 of IEC 694 with the addition of the following paragraph:

If, for certain maintenance purposes, temporary inserted insulating screens are required, these screens shall be supplied by the manufacturer who shall also give advice about their use. Such insulating screens shall meet the requirements of Sub-clause 5.103.1. They and their supports shall have sufficient mechanical strength to avoid incidental touching of live parts.

NOTE — Insulating screens provided for mechanical protection only are not subject to this standard.



179/81

Les deux articulations du doigt peuvent être pliées sous un angle de 90° mais dans une seule et même direction.

*Dimensions en millimètres*

Tolérances:

sur les angles:  $\pm 5'$

sur les dimensions:

inférieures à 25 mm:  $\begin{matrix} +0 \\ -0,05 \end{matrix}$

supérieures à 25 mm:  $\pm 0,2$

Both joints of this finger may be bent through an angle of 90°, but in one and the same direction only.

*Dimensions in millimetres*

Tolerances:

on angles:  $\pm 5'$

on linear dimensions:

less than 25 mm:  $\begin{matrix} +0 \\ -0,05 \end{matrix}$

over 25 mm:  $\pm 0.2$

FIGURE 1 — Doigt d'épreuve normalisé  
Standard test finger

— Page blanche —

— Blank page —

**Annexe AA**  
(normative)

**Défaut interne**

Tableau AA.1 — Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut interne ou réduire le risque

Emplacements préférentiels où l'arc peut s'amorcer (1)	Causes possibles des défauts internes (2)	Exemples de mesures (3)
Boîtes à câbles	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes.
	Installation défectueuse	Eviter de croiser les câbles. Contrôle de la main-d'œuvre sur le site.
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant)	Contrôle de la main-d'œuvre et/ou essai diélectrique sur le site. Vérification régulière du niveau des liquides.
Sectionneurs Interrupteurs Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages (voir paragraphe 5.105). Réouverture retardée. Manœuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et sectionneurs de terre. Instructions au personnel.
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation des revêtements anticorrosion et/ou graisse. Enrobage si possible.
	Assemblage défectueux	Contrôle de la main-d'œuvre par une méthode appropriée.
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits.
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme. Instructions au personnel.
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Limitation d'accès par compartimentage. Enrobage isolant des parties actives. Instructions au personnel.
	Vieillessement diélectrique	Essai individuel en décharge partielle.
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (voir article 2). – Utilisation de compartiments à remplissage de gaz.
	Surtensions	Protection contre la foudre. Coordination d'isolement convenable. Essais diélectriques sur site.

## Annex AA (normative)

### Internal fault

Table AA.1 — Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal faults or reducing the risk

Locations where internal faults are more likely to occur (1)	Possibles causes of internal faults (2)	Examples of measures (3)
Cable boxes	Inadequate design	Selection of adequate dimensions.
	Faulty installation	Avoidance of crossed cable connections. Checking of workmanship on site.
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels.
Disconnectors Switches Earthing switches	Mal-operation	Interlocks (see Sub-clause 5.105). Delayed reopening. Independent manual operation. Making capacity for switches and earthing switches. Instructions to personnel.
Bolted connections and contacts	Corrosion	Use of corrosion inhibiting coating and/or greases. Encapsulation, where possible.
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means.
Instrument transformers	Ferroresonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit.
Circuit-breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance. Instructions to personnel.
All locations	Error by personnel	Limitation of access by compartmentation. Insulation embedded live parts. Instructions to personnel.
	Ageing under electric stresses	Partial discharge routine tests.
	Pollution, moisture, ingress of dust, vermin, etc.	Measures to ensure that the specified service conditions are achieved (see Clause 2). – Use of gas-filled compartments.
	Overvoltages	Lightning protection. Adequate insulation co-ordination. Dielectric tests on site.

TABLEAU AA.2 — Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un défaut interne

- Durée de déclenchement très brève obtenue par détecteur sensible à la lumière, à la pression ou à l'échauffement ou par protection différentielle du jeu de barres
- Utilisation de fusibles appropriés associés à des appareils de connexion pour limiter le courant de passage et la durée du défaut
- Manœuvre à distance
- Dispositifs de décharge de pression

## MÉTHODE POUR ESSAYER L'APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE DANS DES CONDITIONS D'ARC DUES À UN DÉFAUT INTERNE

### AA.1 Introduction

L'amorçage d'arc à l'intérieur de l'appareillage sous enveloppe métallique est accompagné par divers phénomènes physiques.

Par exemple, l'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans l'air à la pression atmosphérique ou dans un autre gaz isolant à l'intérieur de l'enveloppe provoquera une surpression interne et de forts échauffements locaux représentant pour l'équipement des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, certains matériaux se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur se dégageant vers l'extérieur de l'enveloppe.

Cette norme tient compte de la surpression interne agissant sur les capots, portes, regards, etc., ainsi que de l'effet thermique de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et des particules incandescentes, mais pas des dommages causés sur les cloisons et les volets. En conséquence, elle ne couvre pas tous les effets qui peuvent constituer un risque, par exemple la formation de gaz toxiques. En outre, l'essai ne simule que des situations dans lesquelles des portes et capots sont fermés et correctement verrouillés.

### AA.2 Classes d'accessibilité

Il faut distinguer deux classes d'accessibilité correspondant aux conditions d'essai mentionnées aux paragraphes AA.5.3.2 et AA.5.3.3. L'enveloppe peut avoir des classes d'accessibilité différentes sur ses différentes faces.

Classe A: Appareillage sous enveloppe métallique avec accessibilité limitée au personnel autorisé.

Classe B: Appareillage sous enveloppe métallique avec accessibilité libre, y compris au public.

### AA.3 Montage d'essai

Le choix des unités fonctionnelles, leur nombre, leur équipement, leur position dans la salle, ainsi que le point d'amorçage de l'arc doivent être décidés bilatéralement. Dans tous les cas, les points suivants doivent être respectés:

- l'essai est en principe effectué sur une unité fonctionnelle qui n'a jamais auparavant été soumise à l'arc;

TABLE AA.2 — Examples of measures limiting the consequences of internal faults

- Rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection
- Application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the let-through current and fault duration
- Remote control
- Pressure relief devices

## METHOD FOR TESTING THE METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR UNDER CONDITIONS OF ARCING DUE TO AN INTERNAL FAULT

### AA.1 Introduction

The occurrence of arcs inside metal-enclosed switchgear and controlgear is coupled with various physical phenomena.

For example, the arc energy resulting from an arc developed in air at atmospheric pressure or in another insulating gas within the enclosure will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the equipment. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged to the outside of the enclosure.

This standard makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, inspection windows, etc., and also takes into consideration the thermal effects of the arc or its roots on the enclosure and of ejected hot gases and glowing particles, but not damage to partitions and shutters. Consequently, it does not cover all effects which may constitute a risk, such as toxic gases. Moreover, the test procedure only simulates situations when doors and covers are closed and correctly secured.

### AA.2 Types of accessibility

A distinction is made between the two types of accessibility corresponding to the different test conditions given in Sub-clauses AA.5.3.2 and AA.5.3.3. The enclosure may have different types of accessibility on its various sides.

Type A: Metal-enclosed switchgear and controlgear with accessibility restricted to authorized personnel only.

Type B: Metal-enclosed switchgear and controlgear with unrestricted accessibility, including that of the general public.

### AA.3 Test arrangements

The choice of the functional units, their number, their equipment and their position in the room, as well as the place of initiation of the arc are to be decided upon in consultation. In each case, the following points shall be observed:

- the test should be carried out on a functional unit not previously subjected to arcing;

- en principe les conditions de montage s'approchent le plus possible des conditions normales de service. Pour représenter le local, il convient de simuler au moins le plancher, le plafond, deux murs perpendiculaires et les caniveaux de câbles;
- l'unité fonctionnelle devra être complètement équipée. Il est permis d'utiliser des éléments de remplacement de matériels intérieurs à condition que leur volume et la matière de leur partie externe soient identiques à ceux de l'original;
- l'unité à essayer doit être mise à la terre à l'endroit prévu;
- l'amorçage d'arc ne se fait pas dans des conditions ne correspondant pas à celles du service.

#### AA.4 Courant et tension appliqués

##### AA.4.1 Généralités

Dans l'appareillage sous enveloppe métallique, il convient d'effectuer les essais en triphasé. Le courant de court-circuit appliqué pendant l'essai doit être spécifié par le constructeur. Cette valeur peut être égale ou inférieure au courant de courte durée assigné.

##### AA.4.2 Tension

La tension appliquée sur le circuit d'essai est en principe égale à la tension assignée de l'appareillage sous enveloppe métallique. Une tension inférieure à cette valeur peut être choisie si les conditions suivantes sont respectées:

- a) le courant reste pratiquement sinusoïdal;
- b) l'arc ne s'éteint pas prématurément.

##### AA.4.3 Courant

###### AA.4.3.1 Composante alternative

Le courant de court-circuit doit en principe être égal au courant spécifié pour l'essai d'arc de l'appareillage sous enveloppe métallique avec une tolérance de +5% - 0%. Celle-ci ne s'applique au courant présumé que si la tension appliquée est égale à la tension assignée. Le courant reste en principe constant.

NOTE — Si la station d'essai ne peut pas satisfaire à cette condition, la durée d'essai sera allongée jusqu'au moment où l'intégrale de la composante alternative du courant devient égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de +10% - 0%. Dans ce cas, le courant est en principe égal à la valeur spécifiée au moins pendant les trois premières demi-périodes et ne descend pas en dessous de 50% de la valeur spécifiée à la fin de l'essai.

###### AA.4.3.2 Composante apériodique

Le moment de la fermeture est en principe choisi de telle façon que la valeur de crête du courant présumé (avec une tolérance de +5% - 0%) parcourant une des phases extrêmes soit 2,5 fois la valeur efficace de la composante alternative définie au paragraphe AA.4.3.1 et qu'une grande boucle de courant soit simultanément présente dans l'autre phase extrême. Si la tension est inférieure à la tension assignée, la valeur de crête du courant de court-circuit pour l'appareillage sous enveloppe métallique en essai n'est en principe pas inférieure à 90% de la valeur de crête présumée.

##### AA.4.4 Fréquence

Pour une fréquence assignée de 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai se situe entre 48 Hz et 62 Hz. Pour d'autres fréquences, il y a lieu que la variation par rapport à la valeur assignée n'excède pas  $\pm 10\%$ .

- the mounting conditions should be as close as possible to those of normal service. The room should be represented at least by the floor, the ceiling, two perpendicular walls and the cable ducts;
- the functional unit should be fully equipped. Mock-ups of internal components are permitted provided they have the same volume and external material as the original items;
- the test unit shall be earthed at the point provided;
- the arc shall not be initiated in such a way that it can be considered unrealistic in service conditions.

#### AA.4 Current and voltage applied

##### AA.4.1 General

The tests on metal-enclosed switchgear and controlgear should be carried out three-phase. The short-circuit current applied during the test is to be stated by the manufacturer. It may be equal to or lower than the rated short-time withstand current.

##### AA.4.2 Voltage

The applied voltage of the test circuit should be equal to the rated voltage of the metal-enclosed switchgear and controlgear. A lower voltage may be chosen if the following conditions are met:

- a) the current remains practically sinusoidal;
- b) the arc is not extinguished prematurely.

##### AA.4.3 Current

###### AA.4.3.1 A.C. component

The short-circuit current for which the metal-enclosed switchgear and controlgear is specified with respect to arcing should be set within a +5% – 0% tolerance. This tolerance applies to the prospective current only if the applied voltage is equal to the rated voltage. The current should remain constant.

NOTE — If the test plant does not permit this, the test should be extended until the integral of the a.c. component of the current equals the value specified within a tolerance of +10% – 0%. In this case, the current should be equal to the specified value at least during the first three half-cycles and should not be less than 50% of the specified value at the end of the test.

###### AA.4.3.2 D.C. component

The instant of closing should be chosen so that the prospective value of the peak current (with a tolerance of +5% – 0%) flowing in one of the outer phases is 2,5 times the r.m.s. value of the a.c. component defined in Sub-clause AA.4.3.1, and so that a major loop also occurs in the other outer phase. If the voltage is lower than the rated voltage, the peak value of the short-circuit current for the metal-enclosed switchgear and controlgear under test should not drop below 90% of the prospective peak value.

##### AA.4.4 Frequency

At a rated frequency of 50 Hz or 60 Hz, the frequency at the beginning of the test should be between 48 Hz and 62 Hz. At other frequencies it should not deviate from the rated value by more than  $\pm 10\%$ .

#### AA.4.5 *Durée d'essai*

La durée d'arc est choisie en relation avec la durée probable de l'arc déterminée par les dispositifs de protection et, en principe, n'excède normalement pas 1 s.

Quand on veut essayer l'appareillage sous enveloppe métallique muni de dispositifs de décharge de pression uniquement pour prouver sa résistance vis-à-vis de la pression, une durée d'arc de 0,1 s est généralement suffisante. Cela ne s'applique pas aux compartiments à remplissage de gaz.

NOTE — Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc permise pour un courant différent du courant d'essai. La pression maximale pendant l'essai ne diminue généralement pas avec la diminution de la durée d'arc et il n'existe pas de règle générale d'après laquelle la durée d'arc permise peut être augmentée en cas de courant d'essai plus faible.

### AA.5. Procédure d'essai

#### AA.5.1 *Circuit d'alimentation*

Le point neutre n'est mis à la terre que dans le cas de l'appareillage sous enveloppe métallique utilisé dans un réseau avec le point neutre directement mis à la terre.

Il faut veiller à ce que les connexions n'influencent pas les conditions d'essai.

A l'intérieur de l'enveloppe, l'arc peut généralement être alimenté depuis deux directions: la direction à choisir est celle qui semble donner la contrainte la plus élevée.

#### AA.5.2 *Amorçage de l'arc*

L'arc est en principe amorcé entre les phases par un fil métallique d'environ 0,5 mm de diamètre ou, dans le cas où les conducteurs de phases sont séparés par des éléments métalliques mis à la terre, entre une phase et la terre.

Dans les unités fonctionnelles où les parties actives sont couvertes par un isolant solide, l'arc est en principe amorcé entre deux phases voisines à des jointures ou des fentes des parties enrobées d'isolant. L'alimentation doit être triphasée, afin de permettre au défaut de se transformer en un défaut triphasé.

NOTE — L'arc ne doit pas être amorcé en perforant l'isolant solide.

Le point d'amorçage doit être choisi de telle manière que l'arc produise les plus grandes contraintes dans l'unité fonctionnelle. En cas de doute, il peut s'avérer nécessaire de soumettre l'unité fonctionnelle à plusieurs essais.

#### AA.5.3 *Indicateurs (pour constater l'effet thermique des gaz)*

##### AA.5.3.1 *Généralités*

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir, disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'unité à essayer. Il faut faire attention à ce qu'un indicateur ne puisse pas en enflammer un autre. Cela peut être obtenu en les plaçant par exemple dans des cadres de montage en tôle d'acier (voir figure AA.1). Les dimensions de l'indicateur sont en principe d'environ 150 mm × 150 mm.

##### AA.5.3.2 *Accessibilité classe A*

Il est recommandé de disposer les indicateurs verticalement du côté de l'opérateur de l'appareillage sous enveloppe et, s'il y a lieu, sur les côtés qui sont facilement accessibles au personnel.

Ils sont en principe placés jusqu'à une hauteur de 2 m et à une distance de 30 cm  $\pm$  5% de l'appareillage sous enveloppe face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (par exemple joints, regards, portes). On place également des indicateurs horizontalement, à une

#### AA.4.5 *Duration of the test*

The arc duration is chosen in relation to the probable duration of the arc determined by the protection facilities and should not normally exceed 1 s.

For testing metal-enclosed switchgear and controlgear provided with pressure relief devices, merely for proving its resistance to pressure, an arc duration of 0,1 s is generally sufficient. This does not apply for gas-filled compartments.

NOTE — It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test. The maximum pressure during the test will generally not decrease with a shorter arcing time and there is no universal rule according to which the permissible arc duration may be increased with a lower test current.

### AA.5 **Test procedure**

#### AA.5.1 *Supply circuit*

The neutral is only earthed in the case of metal-enclosed switchgear and controlgear to be operated in a solidly earthed system.

Care shall be taken in order that the connections do not alter the test conditions.

Generally, inside the enclosure, the arc may be fed from two directions: the direction to be chosen is the one likely to result in the highest stress.

#### AA.5.2 *Arc initiation*

The arc should be initiated between the phases by means of a metal wire of about 0,5 mm diameter or, in the case of segregated phase conductors, between one phase and earth.

In functional units where the live parts are covered by solid insulating material, the arc should be initiated between two adjacent phases at joints or gaps of the insulation-embedded parts. The infeed from the supply circuit shall be three-phase to allow the fault to become three-phase.

NOTE — The arc shall not be initiated by perforating the solid insulation.

The point of initiation shall be chosen so that the effects of the resultant arc produce the highest stresses in the functional unit. In case of doubt it may be necessary to make more than one test on each functional unit.

#### AA.5.3 *Indicators (for observing the thermal effects of gases)*

##### AA.5.3.1 *General*

Indicators are pieces of black cotton cloth so arranged that their cut edges do not point toward the test unit. Care shall be taken to see that they cannot ignite each other. This is achieved by fitting them, for example, in a mounting frame of steel sheet (see figure AA.1). The indicator dimensions should be about 150 mm × 150 mm.

##### AA.5.3.2 *Accessibility Type A*

Indicators should be fitted vertically at the operator's side of the enclosed switchgear and controlgear and, if applicable, at sides which are readily accessible to personnel.

They should be placed, up to a height of 2 m and at a distance of 30 cm  $\pm$  5% from the enclosed switchgear and controlgear, facing all points where gas is likely to be emitted (e.g. joints, inspection windows, doors). Indicators should also be arranged horizontally at a

hauteur de 2 m au-dessus du plancher et à une distance de 30 cm à 80 cm de l'appareillage sous enveloppe, (voir figure AA.2).

Pour les indicateurs, il convient d'utiliser de la cretonne noire (tissu coton 150 g/m<sup>2</sup> environ).

#### AA.5.3.3 *Accessibilité classe B*

Il est recommandé de disposer les indicateurs verticalement de tous les côtés accessibles de l'appareillage sous enveloppe.

Ils sont en principe placés jusqu'à une hauteur de 2 m et à une distance de 10 cm  $\pm$  5% de l'appareillage sous enveloppe face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (par exemple joints, regards, portes). On place également des indicateurs horizontalement à une hauteur de 2 m au-dessus du plancher et à une distance de 10 cm à 80 cm de l'appareillage sous enveloppe. Si la hauteur de l'unité à essayer est inférieure à 2 m, on place des indicateurs horizontalement sur les capots supérieurs face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper et à proximité des indicateurs verticaux qui dans ce cas ne sont nécessaires que jusqu'à la hauteur réelle de l'équipement, (voir figure AA.2).

Pour les indicateurs, il convient d'utiliser du linon coton noir (40 g/m<sup>2</sup> environ).

### AA.6 **Interprétation de l'essai**

Les critères ci-dessous prennent en compte les effets d'arc mentionnés dans l'article AA.1. Le demandeur de l'essai décide du ou des critères qui seront retenus pour l'interprétation des résultats d'essai.

On devra noter:

#### *Critère n° 1*

Si les portes, capots, etc., normalement verrouillés ne se sont pas ouverts.

#### *Critère n° 2*

Si certaines parties (de l'appareillage sous enveloppe métallique) qui peuvent présenter un danger n'ont pas été projetées. Cela comprend des parties de grandes dimensions ou à arêtes vives, par exemple regards, clapets de détente, plaques de capot, etc., en métal ou matériau synthétique.

#### *Critère n° 3*

Si l'arc, par brûlure ou autres effets, ne crée pas d'ouvertures dans les parties extérieures de l'enveloppe dont l'accessibilité est libre.

#### *Critère n° 4*

Si les indicateurs disposés verticalement (paragraphe AA.5.3) ne sont pas enflammés. Il ne faut pas tenir compte de l'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture.

#### *Critère n° 5*

Si les indicateurs disposés horizontalement (paragraphe AA.5.3) ne sont pas enflammés. Dans le cas où il y a un début de brûlure pendant l'essai, le critère est supposé satisfait si la preuve est faite que l'inflammation est provoquée par des particules incandescentes et non par des gaz chauds. Les prises de vues effectuées par des caméras ultra-rapides servent en principe de preuve.

#### *Critère n° 6*

Si toutes les connexions de mise à la terre restent efficaces.

height of 2 m above the floor and between 30 cm and 80 cm from the enclosed switchgear and controlgear, (see Figure AA.2).

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m<sup>2</sup>) should be used for the indicators.

#### AA.5.3.3 *Accessibility Type B*

Indicators should be fitted vertically on all accessible sides of the enclosed switchgear and controlgear.

They should be placed, up to a height of 2 m and at a distance of 10 cm  $\pm$  5% from the enclosed switchgear and controlgear, facing all points where gas is likely to be emitted (e.g. joints, inspection windows, doors). Indicators should also be arranged horizontally at a height of 2 m above the floor and between 10 cm and 80 cm from the enclosed switchgear and controlgear. If the test unit is lower than 2 m, indicators should be placed horizontally on the top covers, facing all points where gas is likely to be emitted and close to the vertical indicators, which in this case, are only required up to the actual height of the equipment, (see Figure AA.2).

Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m<sup>2</sup>) should be used for the indicators.

#### AA.6 *Assessment of the test*

The following criteria allow for the arcing effects listed in Clause AA.1. Whoever requests the test to be performed shall decide by which of these criteria the results of the test should be assessed.

It is to be observed:

##### *Criterion No. 1*

Whether correctly secured doors, covers, etc., do not open.

##### *Criterion No. 2*

Whether parts (of the metal-enclosed switchgear and controlgear), which may cause a hazard, do not fly off. This includes large parts or those with sharp edges, for example, inspection windows, pressure relief flaps, cover plates, etc., made of metal or plastic.

##### *Criterion No. 3*

Whether arcing does not cause holes to develop in the freely accessible external parts of the enclosure as a result of burning or other effects.

##### *Criterion No. 4*

Whether the indicators arranged vertically (Sub-clause AA.5.3) do not ignite. Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are excluded from this assessment.

##### *Criterion No. 5*

Whether the indicators arranged horizontally (Sub-clause AA.5.3) do not ignite. Should they start to burn during the test, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that the ignition was caused by glowing particles rather than hot gases. Pictures taken by high-speed cameras should be produced in evidence.

##### *Criterion No. 6*

Whether all the earthing connections are still effective.

### AA.7 Rapport d'essai

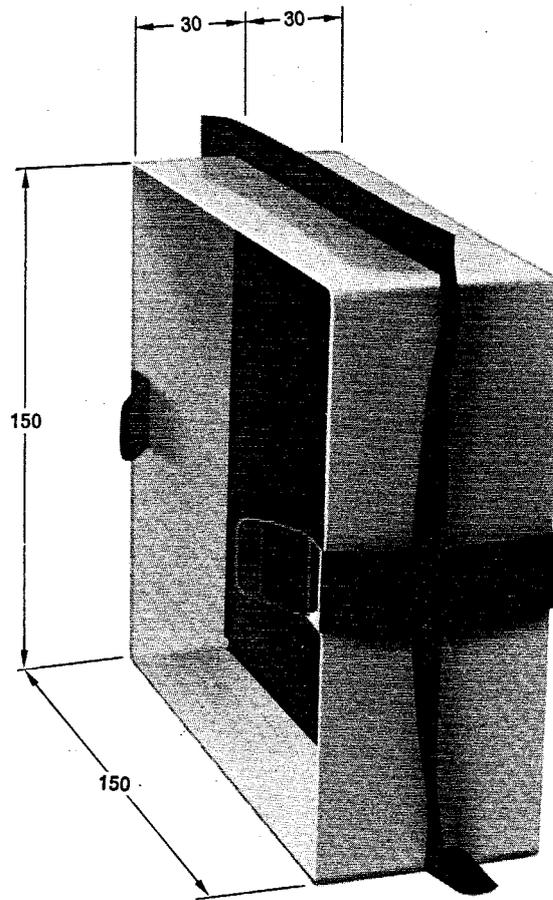
Il est recommandé de donner dans le rapport d'essai les informations suivantes:

- Caractéristiques et description de l'unité essayée, accompagnées d'un plan avec les dimensions principales, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, la disposition des clapets de détente et la méthode de fixation au plancher et aux murs de l'appareillage sous enveloppe métallique.
- Disposition des raccords d'essai et le point d'amorçage de l'arc.
- Disposition et matériau des indicateurs, compte tenu de la classe d'accessibilité.
- Concernant le courant présumé ou courant d'essai:
  - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;
  - b) valeur de crête la plus grande;
  - c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle d'essai;
  - d) durée d'essai.
- Enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions.
- Interprétation des résultats d'essai.
- Autres informations utiles.

**AA.7 Test report**

The following information should be given in the test report:

- Rating and description of the test unit with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure relief flaps and the method of fixing the metal-enclosed switchgear and controlgear to the floor and to the walls.
- Arrangement of the test connections and the point of initiation of the arc.
- Arrangement and material of indicators with respect to the type of accessibility.
- For the prospective or test current:
  - a)* r.m.s. value of the a.c. component during the first three half-cycles;
  - b)* highest peak value;
  - c)* average value of the a.c. component over the actual duration of the test;
  - d)* test duration.
- Oscillogram(s) showing currents and voltages.
- Assessment of the test results.
- Other relevant remarks.

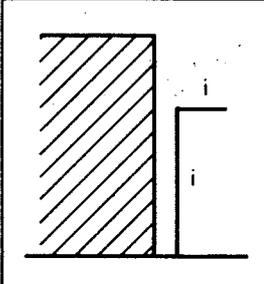
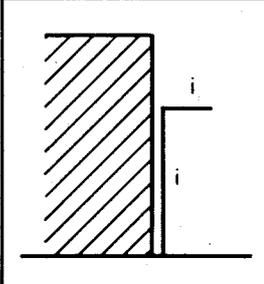
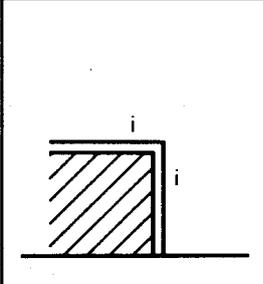


720/90

*Dimensions en millimètres*

*Dimensions in millimetres*

FIGURE AA.1 — Cadre de montage pour les indicateurs  
Mounting frame for indicators

Accessibilité – Classe A Accessibility – Type A		Accessibilité – Classe B Accessibility – Type B	
$h > 2\text{ m}$	$h < 2\text{ m}$	$h \geq 2\text{ m}$	$h < 2\text{ m}$
			

268/90

Figure AA.2 — Disposition des indicateurs (i)  
Hauteur de l'équipement (h)  
Position of indicators (i)  
Height of equipment (h)

**Annexe BB**  
(normative)

**Méthode de calcul de la section des conducteurs nus  
vis-à-vis des contraintes thermiques dues aux courants de  
courte durée**

La formule suivante peut être utilisée pour calculer la section des conducteurs nus nécessaire pour tenir la contrainte thermique due aux courants de durée de l'ordre de 0,2 s à 5 s.

$$S = \frac{I}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

où:

$S$  est la section exprimée en millimètres carrés

$I$  est la valeur efficace du courant en ampères

$\alpha$  est exprimé en  $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \left(\frac{\text{s}}{\text{K}}\right)^{1/2}$  et a les valeurs suivantes:

- 13 pour le cuivre
- 8,5 pour l'aluminium
- 4,5 pour le fer
- 2,5 pour le plomb

$t$  est le temps exprimé en secondes

$\Delta\theta$  est l'échauffement exprimé en kelvins (K); pour des conducteurs nus, il est normalement de 180 K

Si le temps est supérieur à 2 s, mais inférieur à 5 s, la valeur pour  $\Delta\theta$  peut être portée à 215 K dans la même formule.

Cela tient compte du fait que l'échauffement n'est pas strictement adiabatique.

**Annex BB**  
(normative)

**Method of calculating the cross-sectional area of bare  
conductors with regard to thermal stresses due to currents  
of short duration**

The following formula can be used to calculate the cross-section of bare conductors necessary to withstand the thermal stress due to currents with a duration of the order of 0,2 s to 5 s.

$$S = \frac{I}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

where:

$S$  is the cross-section, expressed in square millimetres

$I$  is the r.m.s. value of the current in amperes

$\alpha$  is expressed in  $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \left(\frac{\text{s}}{\text{K}}\right)^{1/2}$  and has the following values:

13 for copper

8,5 for aluminium

4,5 for iron

2,5 for lead

$t$  is the time, expressed in seconds

$\Delta\theta$  is the temperature rise, expressed in Kelvins (K); for bare conductors, it is normally 180 K

If the time is more than 2 s but less than 5 s, the value for  $\Delta\theta$  may be increased in the same formula to 215 K.

This takes account of the fact that the temperature rise is not strictly adiabatic.

**Annexe CC**  
(normative)

**Méthode recommandée pour l'essai de protection  
contre les intempéries de l'appareillage sous enveloppe métallique  
pour l'installation à l'extérieur**

L'enveloppe à essayer, complète et équipée de tous les accessoires prévus tels que traversées de toiture, etc., doit être placée dans la zone exposée à la pluie artificielle. Pour des installations comportant plusieurs unités fonctionnelles, au moins deux unités doivent être utilisées pour la vérification de l'étanchéité des joints entre eux; un joint de toiture doit être inclus.

La pluie artificielle doit être fournie par un nombre suffisant de lances arrosant de façon uniforme la surface à essayer. Il est admis d'essayer séparément les différentes surfaces verticales d'une enveloppe, à condition que soient arrosés simultanément et de façon uniforme:

- 1) la surface de toiture, par des lances qui se trouvent à une hauteur appropriée;
- 2) le sol à l'extérieur de l'enveloppe, sur une distance de 1 m devant la surface essayée, l'enveloppe se trouvant à la hauteur minimale au-dessus du sol indiquée par le constructeur.

Si la largeur de l'équipement dépasse 3 m, il est admis d'arroser successivement des tranches de 3 m de largeur.

Chaque lance utilisée pour cet essai doit fournir un jet d'eau à section carrée et de distribution uniforme; elle doit avoir un débit de 30 l/min  $\pm 10\%$  à une pression de 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$ , l'angle d'ouverture du jet étant de 60° à 80°. L'axe longitudinal de chaque lance doit être incliné vers le sol, de sorte que la limite supérieure du jet se trouve dans un plan horizontal lorsqu'il est dirigé vers les surfaces verticales et la toiture à essayer. Il est recommandé de disposer les lances sur un tube-support vertical à une distance d'environ 2 m entre elles (voir disposition d'essai figure CC.1).

La pression dans le tube d'alimentation des lances doit être de 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$  lorsque l'eau circule. La quantité d'eau appliquée à chaque surface essayée doit être d'environ 5 mm/min, chaque surface ainsi essayée étant arrosée avec cette quantité de pluie artificielle pendant 5 min. L'orifice de chaque lance doit se trouver à une distance comprise entre 2,5 m et 3 m de la surface essayée la plus proche.

NOTE — Au cas où une lance conforme au dessin de la figure CC.2 est utilisée, la quantité d'eau est considérée comme correspondant à cette norme lorsque la pression est de 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$ .

Immédiatement après l'essai, l'enveloppe doit être examinée en vue de vérifier si les exigences suivantes sont remplies:

- 1) On ne constate pas de présence d'eau sur l'isolation des circuits principaux et auxiliaires.
- 2) On ne constate pas de présence d'eau sur les matériels électriques et les mécanismes de l'équipement.
- 3) La charpente ou d'autres parties non isolantes ne retiennent pas une quantité notable d'eau (afin de réduire la corrosion).

## Annex CC (normative)

### Recommended method for the weatherproofing test for outdoor metal-enclosed switchgear and controlgear

The enclosure to be tested shall be fully equipped and complete with all fittings such as roof bushings, etc., and placed in the area to be supplied with artificial precipitation. For installations comprising several functional units, a minimum of two units shall be used to test the joints between them; a roof joint shall be included.

The artificial precipitation shall be supplied by a sufficient number of nozzles to produce a uniform spray over the surface under test. The various vertical surfaces of an enclosure may be tested separately, provided that a uniform spray is simultaneously applied also to both of the following:

- 1) the roof surface from nozzles located at a suitable height;
- 2) the floor outside the enclosure for a distance of 1 m in front of the surface under test with the enclosure located at the minimum height above the floor level specified by the manufacturer.

Where the width of the equipment exceeds 3 m, the spray may be applied to 3 m wide sections in turn.

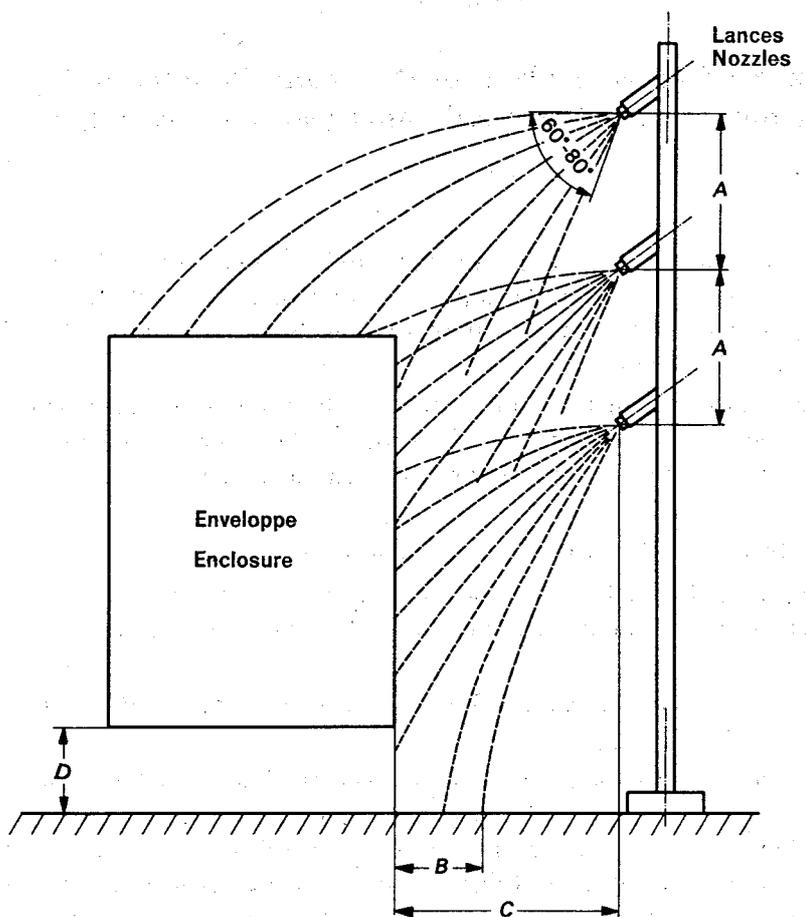
Each nozzle used for this test shall deliver a square-shaped spray pattern with uniform spray distribution and shall have a capacity of 30 l/min  $\pm 10\%$  at a pressure of 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$  and a spray angle of 60° to 80°. The centre lines of the nozzles shall be inclined downwards so that the top of the spray is horizontal as it is directed towards the vertical and roof surfaces being tested. It is convenient to arrange the nozzles on a vertical stand-pipe and space them about 2 m apart (see the test arrangement in figure CC.1).

The pressure in the feedpipe of the nozzles shall be 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$  under flow conditions. The rate at which water is applied to each surface under test shall be about 5 mm/min, and each surface so tested shall receive this rate of artificial precipitation for a duration of 5 min. The spray nozzles shall be at a distance between 2,5 m and 3 m from the nearest vertical surface under test.

NOTE — When a nozzle in accordance with figure CC.2 is used, the quantity of water is considered to be in accordance with this standard when the pressure is 4,6 bar (460 kPa)  $\pm 10\%$ .

After the test is completed, the enclosure shall be inspected promptly to determine whether the following requirements have been met:

- 1) No water shall be visible on the insulation of the main and auxiliary circuits.
- 2) No water shall be visible on any electrical components or mechanisms of the equipment.
- 3) No significant accumulation of water shall be retained by the structure or other non-insulating parts (to minimize corrosion).



180/81

<i>A</i>	Environ About	2 m
<i>B</i>		1 m
<i>C</i>	2,5 m à to	3 m
<i>D</i>	Hauteur minimale au-dessus du sol Minimum height above floor	

FIGURE CC.1 — Disposition pour l'essai de protection contre les intempéries  
Arrangement for weatherproofing test

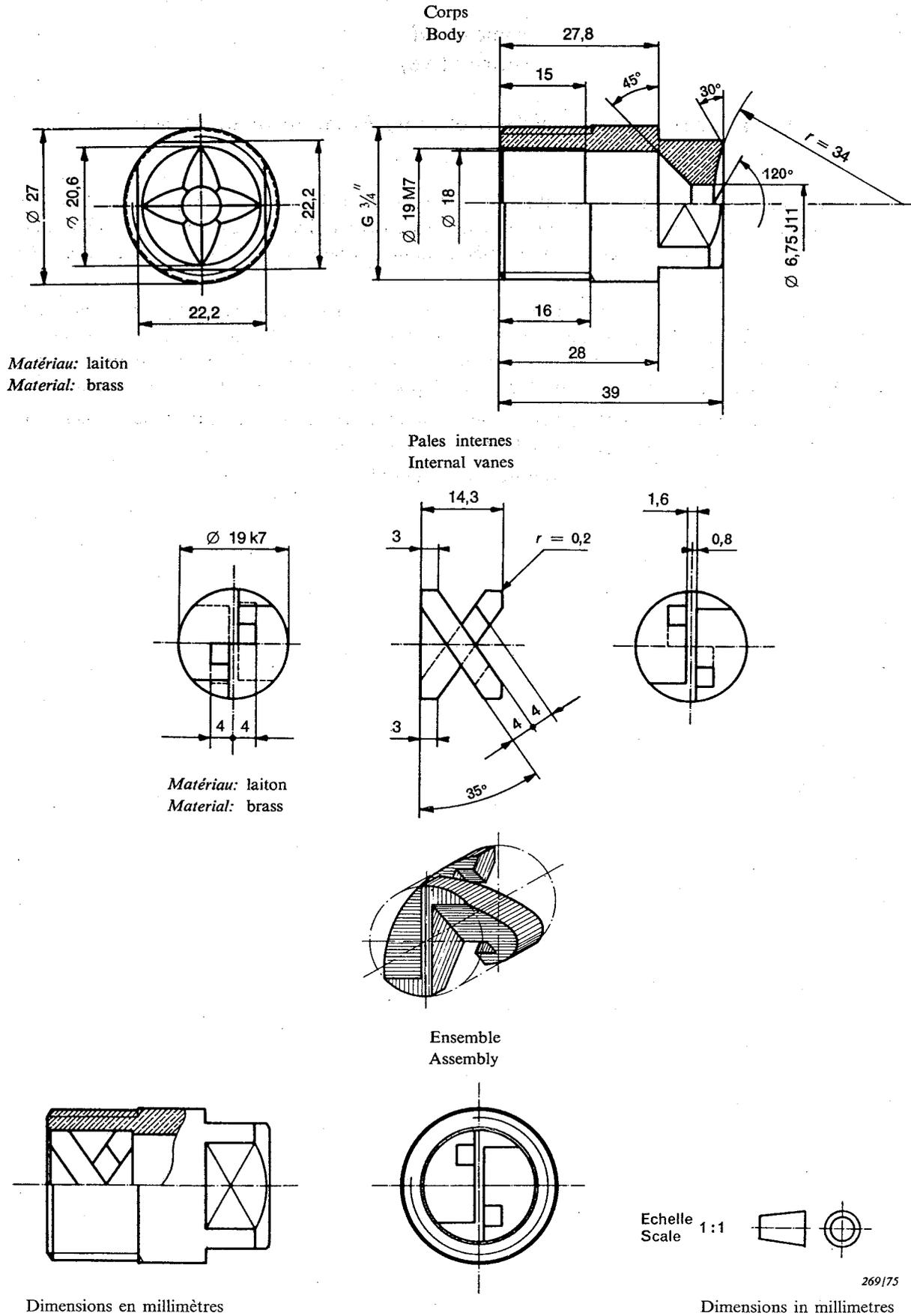


FIGURE CC.2 — Lance pour l'essai de protection contre les intempéries  
Nozzle for weatherproofing test

**Annexe DD**  
(normative)

**Guide pour les essais diélectriques après montage sur le site**

Après accord entre constructeur et utilisateur, des essais diélectriques à fréquence industrielle peuvent être effectués à sec sur les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique, après montage sur le site, exactement de la même manière que ceux spécifiés au paragraphe 7.1 pour les essais individuels de série en usine.

La tension d'essai à fréquence industrielle est de 80% des valeurs indiquées au paragraphe 7.1 et doit être appliquée à chaque conducteur de phase du circuit principal avec les autres conducteurs de phase mis à la terre, successivement. Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la terre et à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique.

Si l'essai diélectrique après montage sur le site remplace l'essai individuel de série en usine, on doit appliquer la pleine tension d'essai à fréquence industrielle.

Des essais diélectriques à courant continu sont à l'étude.

---

**Annex DD**  
(normative)

**Guide for voltage tests after erection on site**

When agreed between manufacturer and user, power-frequency voltage tests in dry conditions may be carried out on the main circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear after the erection on site in exactly the same manner as specified in Sub-clause 7.1 for the routine test at the manufacturer's premises.

The power-frequency test voltage shall be 80% of the values indicated in Sub-clause 7.1 and shall be applied to each phase conductor of the main circuit in succession with the other phase conductors earthed. For the tests, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the enclosure of metal-enclosed switchgear and controlgear.

If the voltage test after erection on site replaces the routine test at the manufacturer's premises, the full power-frequency test voltage shall be applied.

D.C. voltage tests are under consideration.

---

**Annexe EE**  
(normative)

**Niveau d'isolement assigné pour la série II**

(correspondant à la pratique courante du Canada et des Etats-Unis d'Amérique)

Cette annexe donne pour information les niveaux d'isolement assignés pour la série II, correspondant à la pratique courante du Canada et des Etats-Unis d'Amérique, pour 60 Hz seulement.

Tension assignée $U$ (valeur efficace)  (kV)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête)		Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace)	
	A la terre et entre phases (kV)	Sur la distance de sectionnement (kV)	A la terre et entre phases (kV)	Sur la distance de sectionnement (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4,76	60	66	19	21
8,25	75	83	26	29
15	95	105	36	40
15,5	110	121	50	55
25,8	125	138	60	66
38	150	165	80	88
48,3	200	220	100	110

**Annex EE**  
(normative)

**Rated insulation level for Series II**

(based on current practice in Canada and the United States of America)

This annex gives for information the rated insulation levels for Series II, based on current practice in Canada and the United States of America, for 60 Hz only.

Rated voltage <i>U</i> (r.m.s. value)  (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value)		Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s. value)	
	To earth and between phases (kV)	Across the isolating distance (kV)	To earth and between phases (kV)	Across the isolating distance (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4,76	60	66	19	21
8,25	75	83	26	29
15	95	105	36	40
15,5	110	121	50	55
25,8	125	138	60	66
38	150	165	80	88
48,3	200	220	100	110

## Annexe FF (normative)

### Essais de décharges partielles

#### FF.1 Généralités

Le mesurage des décharges partielles permet de déceler certaines anomalies dans l'équipement en essai et constitue un complément utile des essais diélectriques. L'expérience montre que, dans des dispositions particulières, les décharges partielles peuvent conduire à une dégradation de la tenue diélectrique de l'équipement, spécialement des isolants solides.

Par ailleurs, il n'est pas encore possible d'établir une relation sûre entre les mesures de décharges partielles et l'espérance de vie de l'équipement, par suite de la complexité des systèmes d'isolation utilisés dans l'appareillage sous enveloppe métallique.

#### FF.2 Conditions d'application

Le mesurage des décharges partielles peut convenir pour l'appareillage sous enveloppe métallique en cas de large emploi d'isolants organiques et il est recommandé pour les compartiments à remplissage de gaz.

On ne peut pas donner de spécification générale relative à l'objet en essai en raison de la variété des conceptions. D'une façon générale, l'objet en essai comprend des ensembles ou des sous-ensembles avec des contraintes diélectriques identiques à celles que subirait l'équipement complètement assemblé.

##### NOTES

1 Les essais sur ensembles complets sont préférables. Dans le cas d'un appareillage intégré, spécialement quand les différentes parties sous tension et les connexions sont enrobées d'un isolant solide, les essais sont nécessairement faits sur un ensemble complet.

2 En cas de combinaison de matériels conventionnels (par exemple transformateurs de mesure, traversées) pouvant être essayés séparément suivant les normes de la C E I les concernant, le but des essais de décharges partielles est de contrôler l'assemblage des matériels dans l'ensemble.

Il est recommandé, pour des raisons techniques et économiques, d'effectuer les essais de décharges partielles sur les mêmes ensembles ou sous-ensembles que ceux utilisés pour les essais diélectriques obligatoires.

NOTE — Cet essai peut être fait sur des ensembles ou des sous-ensembles. Des précautions sont à prendre pour éviter de perturber les mesures par des décharges partielles externes.

L'essai individuel peut aussi être effectué sur des matériels.

Les critères à considérer pour juger de la nécessité d'effectuer un essai de décharges partielles sont, par exemple:

- 1) L'expérience pratique en service, y compris les résultats de tels essais au cours d'une période de fabrication.
- 2) La valeur de l'intensité du champ électrique dans la zone la plus contrainte de l'isolation solide.
- 3) Le type de matériau isolant utilisé dans l'isolation principale de l'appareil.

## Annex FF (normative)

### Partial discharge measurement

#### FF.1 General

The measurement of partial discharges is a suitable means of detecting certain defects in the equipment under test and is a useful complement to the dielectric tests. Experience shows that partial discharges may lead in particular arrangements to a progressive degradation in the dielectric strength of the insulation, especially of solid insulation.

On the other hand, it is not yet possible to establish a reliable relationship between the results of partial discharge measurements and the life expectancy of the equipment owing to the complexity of the insulation systems used in metal-enclosed switchgear and control-gear.

#### FF.2 Application

The measurement of partial discharges may be appropriate for metal-enclosed switchgear and controlgear if organic insulating materials are used therein and is recommended for gas-filled compartments.

Because of the design variations a general specification for the test object cannot be given. In general, the test object should consist of assemblies or sub-assemblies with dielectric stresses which are identical to those which would occur in the complete assembly of the equipment.

##### NOTES

1 Test objects consisting of a complete assembly are to be preferred. In the case of integrated switchgear design, especially where various live parts and connections are embedded in solid insulation, tests are necessarily carried out on a complete assembly.

2 In the case of designs consisting of a combination of conventional components (for instance instrument transformers, bushings), which can be tested separately in accordance with their relevant standards, the purpose of this partial discharge test is to check the arrangement of the components in the assembly.

For technical and economic reasons, it is recommended to perform the partial discharge tests on the same assemblies or sub-assemblies as are used for the mandatory dielectric tests.

NOTE — This test may be carried out on assemblies or sub-assemblies. Care has to be taken that external partial discharges do not affect the measurement.

The routine test may also be carried out on components.

Criteria to be considered in deciding on the necessity for a partial discharge test are, for instance:

- 1) Practical experience in service including the results of such testing over a period of production.
- 2) The value of the electric field strength at the most highly stressed area of the solid insulation.
- 3) The type of insulating material used in the equipment as part of the major insulation.

### FF.3 Circuits d'essai et instruments de mesure

Les circuits d'essai et les instruments de mesure recommandés ainsi que les méthodes d'étalonnage sont indiqués dans la C E I 270.

L'appareillage triphasé est essayé soit sur un circuit d'essai monophasé, soit sur un circuit d'essai triphasé (voir tableau FF.1).

#### a) Circuit d'essai monophasé

##### *Méthode A*

A utiliser comme méthode générale pour l'appareillage destiné à des réseaux dont le neutre est ou n'est pas directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, chacune des phases doit être reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases étant mises à la terre, ainsi que toutes les parties mises à la terre en service.

##### *Méthode B*

A n'utiliser que pour l'appareillage destiné exclusivement à des réseaux dont le neutre est directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, deux dispositions d'essai doivent être utilisées.

Premièrement, les mesurages doivent être faits à la tension d'essai de  $1,1 U$  ( $U$  est la tension assignée). Chacune des phases doit être reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases étant mises à la terre. Il est nécessaire d'isoler ou d'éloigner toutes les parties métalliques mises à la terre en service normal.

Un mesurage complémentaire doit être ensuite fait à la tension d'essai réduite de  $1,1 U/\sqrt{3}$ ; au cours de ce mesurage, les parties qui sont à la terre en service sont mises à la terre et les trois phases sont reliées entre elles et à la source de tension d'essai.

#### b) Circuit d'essai triphasé

Si l'on dispose des moyens d'essais convenables, le mesurage des décharges partielles peut être effectué en triphasé.

Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser trois condensateurs de couplage connectés suivant la figure FF.1. On peut utiliser un seul détecteur de décharges, relié successivement aux trois impédances de mesure.

Pour étalonner le détecteur sur une position de mesurage de la disposition triphasée, on injecte des impulsions de courant de courte durée et de charge connue entre chacune des phases prises à tour de rôle d'une part, la terre et les deux autres phases d'autre part. Pour la détermination de l'intensité des décharges, on utilise l'étalonnage donnant la plus petite déviation.

### FF.4 Méthode d'essai

On élève la tension d'essai à fréquence industrielle à au moins  $1,3 U$  ou  $1,3 U/\sqrt{3}$  suivant le circuit d'essai (tableau FF.1) et on la maintient à cette valeur pendant au moins  $10 \text{ s}^*$ .

Puis on fait décroître sans interruption la tension jusqu'à  $1,1 U$  ou  $1,1 U/\sqrt{3}$  suivant le circuit d'essai et l'intensité des décharges partielles est mesurée à cette valeur de la tension d'essai (voir tableau FF.1).

\* En variante, on peut effectuer l'essai de décharges partielles au cours de la décroissance de la tension après les essais de tension à fréquence industrielle.

### FF.3 Test circuits and measuring instruments

The recommended test circuits and measuring instruments and the method of calibration are given in I E C 270.

Three-phase equipment is either tested in a single-phase test circuit or in a three-phase test circuit (see table FF.1).

#### a) Single-phase test circuit

##### *Procedure A*

To be used as a general method for equipment designed for use in systems with or without solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, each phase shall be connected to the test voltage source successively, the other two phases and all the parts earthed in service being earthed.

##### *Procedure B*

To be used only for equipment exclusively designed for use in systems with solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, two test arrangements shall be used.

At first, measurements shall be made at a test voltage of  $1,1 U$  ( $U$  is the rated voltage). Each phase shall be connected to the test voltage source successively, the other two phases being earthed. It is necessary to insulate or to remove all the metallic parts normally earthed in service.

An additional measurement shall be made at a reduced test voltage of  $1,1 U/\sqrt{3}$  during which the parts being earthed in service are earthed and the three phases connected to the test voltage source are bridged.

#### b) Three-phase test circuit

When suitable test facilities are available, the partial discharge tests may be carried out in a three-phase arrangement.

In this case, it is recommended to use three coupling capacitors connected as shown in figure FF.1. One discharge detector can be used which is connected successively to the three measuring impedances.

For calibration of the detector on one measuring position of the three-phase arrangement, short-duration current pulses of known charge are injected between each of the phases taken in turn on the one hand, and the earth and the other two phases, on the other hand. The calibration giving the lowest deflection is used for the determination of the discharge quantity.

### FF.4 Test procedure

The applied power-frequency voltage is raised to at least  $1,3 U$  or  $1,3 U/\sqrt{3}$  in accordance with the test circuit (table FF.1) and maintained at this value for at least 10 s\*.

The voltage is then decreased without interruption to  $1,1 U$  or  $1,1 U/\sqrt{3}$  in accordance with the test circuit and the partial discharge quantity is measured at this test voltage (see table FF.1).

\* Alternatively, the partial discharge test may be performed while decreasing the voltage after the power-frequency voltage tests.

Autant que le permet le niveau du bruit de fond existant, il convient de noter les valeurs des tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles, comme information supplémentaire.

En général, les essais sur des ensembles ou des sous-ensembles sont faits avec les appareils de connexion en position de fermeture. Dans le cas de sectionneurs où la détérioration de l'isolation entre les contacts ouverts par les décharges partielles est concevable, un mesurage de décharges partielles complémentaire est effectué avec le sectionneur en position d'ouverture.

#### **FF.5 Intensité maximale admissible des décharges partielles**

L'intensité maximale admissible des décharges partielles à  $1,1 U$  et/ou  $1,1 U/\sqrt{3}$  doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE — Des valeurs limites de l'intensité de décharges partielles ne seront pas spécifiées avant de disposer de renseignements complémentaires bien établis. Pour l'instant, ces valeurs sont données sous la responsabilité du constructeur ou, pour les essais de réception, font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'intensité des décharges partielles s'exprime en coulombs (C).

As far as possible with respect to the actual background noise level, the partial discharge inception and the partial discharge extinction voltages should be recorded for additional information.

In general, tests on assemblies or sub-assemblies should be made with the switching devices in the closed position. In the case of disconnectors where deterioration of the insulation between the open contacts by partial discharges is conceivable, additional partial discharge measurements should be made with the disconnector in the open position.

#### FF.5 Maximum permissible partial discharge quantity

The maximum permissible partial discharge quantity at  $1,1 U$  and/or  $1,1 U/\sqrt{3}$  shall be agreed between the manufacturer and the user.

NOTE — Limit values of the partial discharge quantity will not be specified until further substantiated information is available. For the time being, these values are left to the responsibility of the manufacturer or, in the case of acceptance tests, are subjected to agreement between the manufacturer and the user.

The partial discharge quantity is expressed in coulombs (C).

TABLEAU FF.1 — Circuits et procédures d'essai

	Essai monophasé			Essai triphasé
	Méthode A	Méthode B		
Source de tension connectée à	Chaque phase successivement	Chaque phase successivement	Les trois phases simultanément	Les trois phases (figure FF.1)
Éléments reliés à la terre	Les deux autres phases et toutes les parties à la terre en service	Les deux autres phases	Toutes les parties à la terre en service	Toutes les parties à la terre en service
Tension minimale de précontrainte	1,3 U	1,3 U	$1,3 U/\sqrt{3}$	1,3 U <sup>1</sup>
Tension d'essai	1,1 U	1,1 U	$1,1 U/\sqrt{3}$	1,1 U <sup>1</sup>
Schéma de principe				

<sup>1</sup> Tension entre phases.

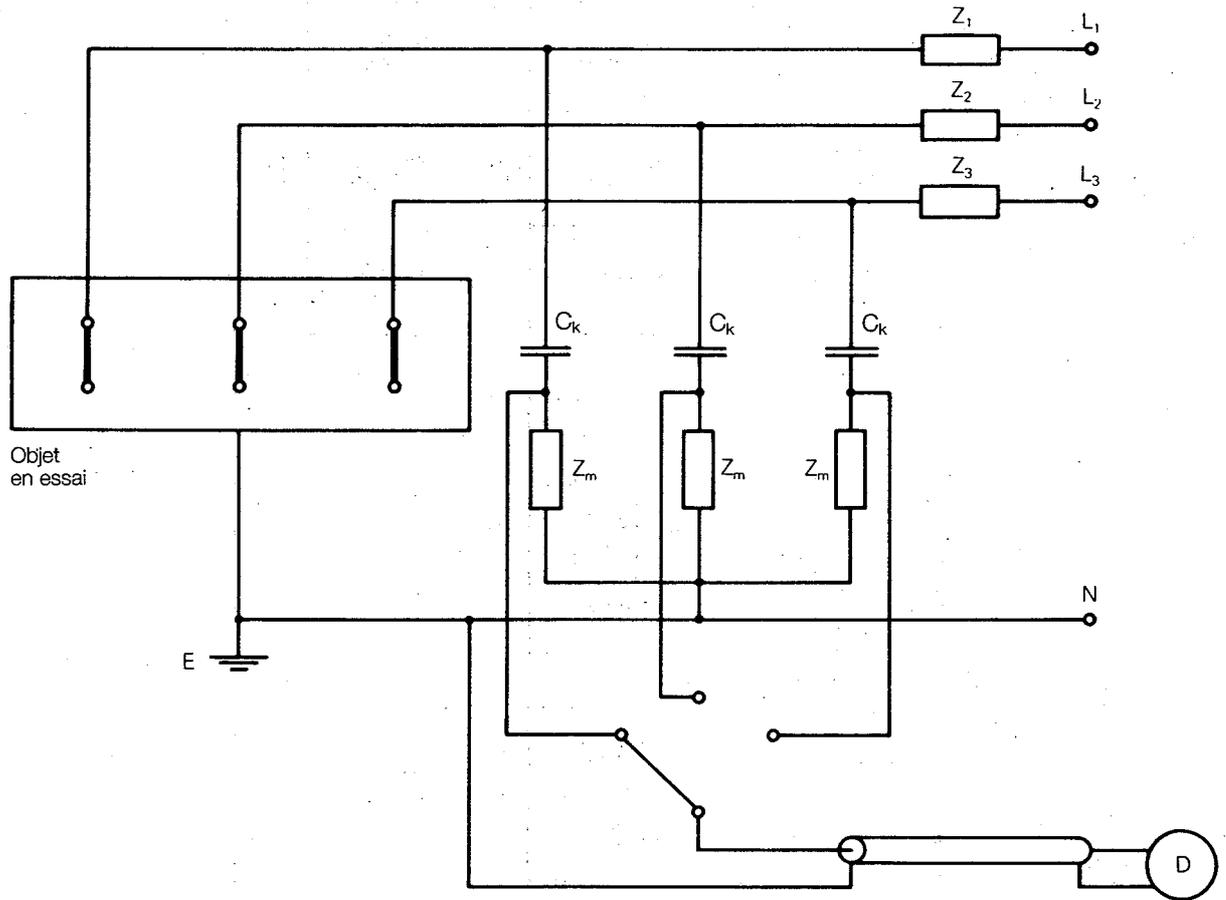
<sup>2</sup> Essai complémentaire dans le cas d'un réseau dont le neutre n'est pas directement mis à la terre (pour essais de type seulement).

TABLE FF.1 — Test circuits and procedures

	Single-phase testing		Three-phase testing
	Procedure A	Procedure B	
Voltage source connected to	Each phase successively	Each phase successively	Three phases (figure FF.1)
Earth-connected elements	Both the other phases and all the parts earthed in service	Both the other phases	All the parts earthed in service
Minimum prestress voltage	$1,3 U$	$1,3 U$	$1,3 U^1$
Test voltage	$1,1 U$	$1,1 U$	$1,1 U^1$
Basic diagram			

<sup>1</sup> Voltage between phases.

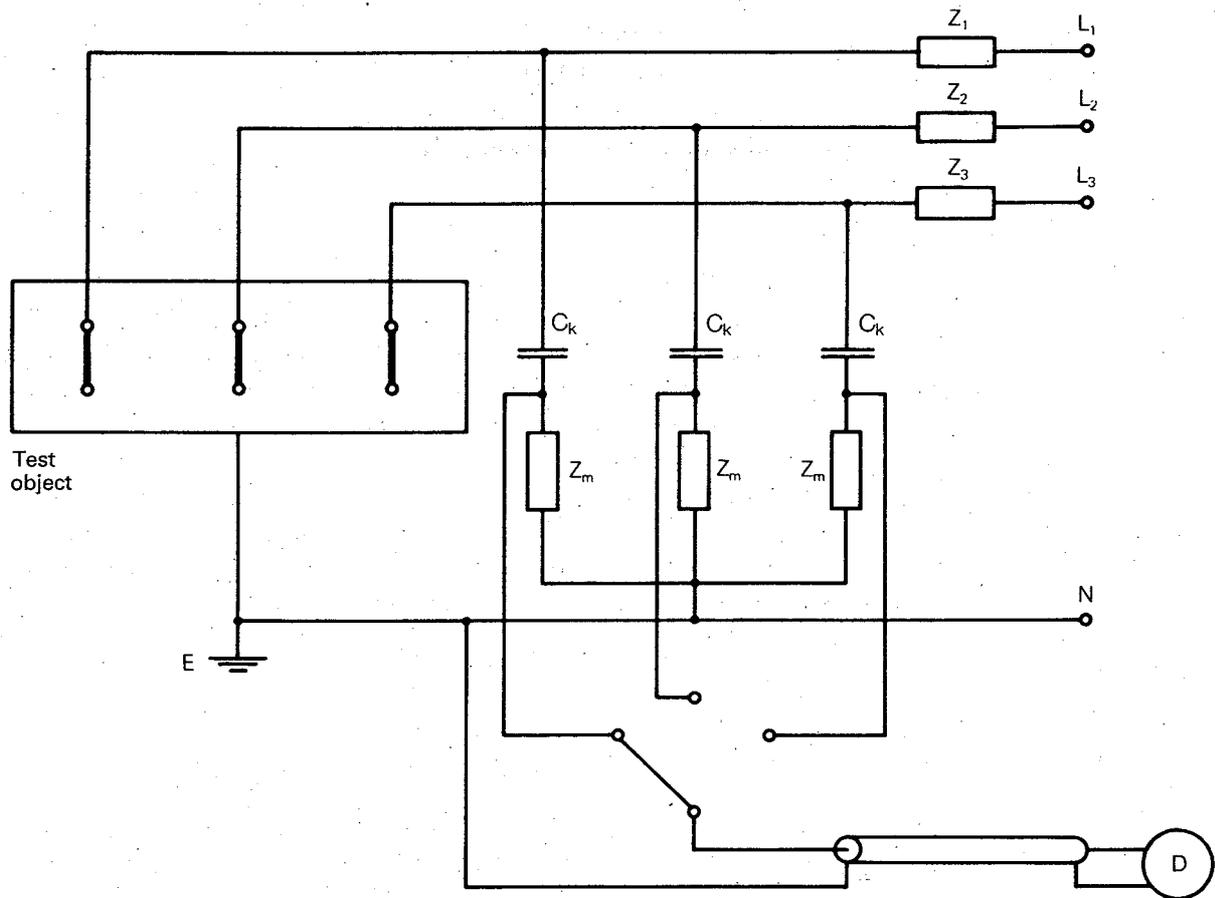
<sup>2</sup> Additional test in the case of a system without solidly earthed neutral (for type tests only).



269/90

- N = Liaison au point neutre
- E = Liaison à la terre
- $L_1, L_2, L_3$  = Bornes pour la connexion à la source de tension triphasée
- $Z_1, Z_2, Z_3$  = Impédances du circuit d'essai
- $C_k$  = Condensateur de couplage
- $Z_m$  = Impédance de mesure
- D = Détecteur de décharges partielles

FIGURE FF.1 — Circuit d'essai pour le mesurage des décharges partielles (disposition triphasée)



269/90

- N = Neutral connection  
 E = Earth connection  
 $L_1, L_2, L_3$  = Terminals for the connection of the three-phase voltage source  
 $Z_1, Z_2, Z_3$  = Impedances of the test circuit  
 $C_k$  = Coupling capacitor  
 $Z_m$  = Measuring impedance  
 D = Partial discharge detector

FIGURE FF.1 — Partial discharge test circuit (three-phase arrangement)

## Annexe GG (normative)

### Spécifications et essais d'étanchéité au gaz

#### INTRODUCTION

La présente annexe GG est dérivée de l'annexe correspondante EE de la C E I 56 (1987). Lors de sa réunion d'octobre 1987 à Helsinki, le Comité d'Etudes n° 17 a décidé de transférer ces prescriptions d'étanchéité au gaz dans la C E I 694 en tant que clause commune, à l'occasion d'une prochaine révision. En attendant, les annexes seront conservées dans les normes concernées (C E I 56 (1987), C E I 517 (1990) et C E I 298 (1990)).

L'annexe GG a été adaptée suivant les besoins aux conditions des compartiments à remplissage de gaz moyenne tension. D'autres modifications envisagées: par exemple la suppression de définitions n'intéressant pas la présente norme ou le transfert de définitions de l'annexe à la norme elle-même, n'ont pas été faites pour sauvegarder le caractère commun de l'annexe et faciliter ainsi le transfert ultérieur dans la C E I 694.

#### GG.1 Domaine d'application et objet

La présente annexe s'applique aux ensembles étanches et aux compartiments à remplissage de gaz de l'appareillage sous enveloppe métallique qui utilisent pour l'isolement et/ou la coupure un gaz autre que l'air à pression atmosphérique. Elle a pour objet de définir les caractéristiques et les procédures d'essai d'étanchéité au gaz.

#### GG.2 Définitions

##### GG.2.1 *Système à pression entretenue*

Ensemble qui se remplit automatiquement à partir d'une réserve de gaz externe ou interne.

##### GG.2.2 *Système à pression autonome*

Ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de gaz par raccordement manuel à une réserve extérieure.

##### GG.2.3 *Système à pression scellé*

Ensemble pour lequel aucune manipulation de gaz n'est requise pendant la durée de service escomptée.

NOTE — Les systèmes à pression scellés sont entièrement montés et contrôlés en usine.

##### GG.2.4 *Pression (masse volumique) assignée de remplissage (symbole $P_r (D_r)$ )*

Pression effective, en bars, rapportée aux conditions de l'air à 20 °C et 1 013 hPa (ou masse volumique) à laquelle le compartiment à remplissage de gaz est rempli avant la mise en service, ou maintenu automatiquement.

## Annex GG (normative)

### Gas tightness specifications and tests

#### INTRODUCTION

This annex GG is derived from a corresponding Appendix EE of I E C 56 (1987). At the TC 17 meeting in Helsinki (October 1987) it was decided to transfer gas tightness specifications and tests as a common clause to I E C 694 on the occasion of a future revision. Meanwhile the annexes shall be retained in the relevant standards (I E C 56 (1987), I E C 517 (1990) and I E C 298 (1990)).

Annex GG has been adapted as far as necessary to the conditions of medium voltage gas-filled compartments. Other modifications for example to delete definitions which are not relevant to this standard or to transfer definitions from the annex to the standard itself, have not been implemented in order to preserve the common character of the annex and thus to facilitate a later transfer to I E C 694.

#### GG.1 Scope and object

This annex applies to gas-tight assemblies and gas-filled compartments of metal-enclosed switchgear and controlgear which use gas, other than air at atmospheric pressure, as insulating or combined insulating and interrupting medium. Its purpose is to define characteristics and test procedures relative to gas tightness.

#### GG.2 Definitions

##### GG.2.1 *Controlled pressure system*

An assembly which is automatically refilled from an external or internal gas source.

##### GG.2.2 *Closed pressure system*

An assembly which is refilled only periodically by manual connection to an external gas source.

##### GG.2.3 *Sealed pressure system*

An assembly for which no further gas processing is required during its expected operating life.

Note — Sealed pressure systems are completely assembled and tested in the factory.

##### GG.2.4 *Rated filling pressure, $P_r$ (or density $D_r$ )*

The pressure in bars (gauge) referred to atmospheric air conditions of 20 °C and 1 013 hPa (or density) at which the gas-filled compartment is filled before being put into service or automatically refilled.

GG.2.5 *Pression (masse volumique) minimale de fonctionnement* (symbole  $P_m$  ( $D_m$ ))

Pression effective du gaz, en bars, rapportée aux conditions de l'air à 20 °C et 1 013 hPa (ou masse volumique) à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées sont conservées et à laquelle un complément de remplissage de gaz devient nécessaire.

GG.2.6 *Taux de fuite absolu* (symbole  $F$ )

Quantité de gaz perdue par unité de temps, exprimée en  $\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ .

GG.2.7 *Taux de fuite admissible* (symbole  $F_p$ )

Taux de fuite maximal admissible spécifié par le constructeur pour plusieurs compartiments à remplissage de gaz assemblés en un seul système étanche, par le biais du tableau de coordination des étanchéités (TC), ou pour des compartiments simples.

GG.2.8 *Taux de fuite relatif* (symbole  $F_{rel}$ )

Taux de fuite absolu rapporté à la quantité totale de gaz du système à la pression (ou masse volumique) assignée de remplissage.

Il s'exprime en pourcentage par an ou par jour.

GG.2.9 *Intervalle entre compléments de remplissage* (symbole  $T$ )

Temps écoulé entre deux compléments de remplissage effectués manuellement ou automatiquement pour compenser le taux de fuite  $F$ .

GG.2.10 *Nombre de compléments de remplissage par jour* (symbole  $N$ )

Nombre de compléments de remplissage qui compensent le taux de fuite  $F$ .

Cette grandeur s'applique aux systèmes à pression entretenue.

GG.2.11 *Baisse de pression* (symbole  $\Delta P$ )

Baisse de pression, pendant une durée donnée, provoquée par le taux de fuite  $F$ , sans complément de remplissage.

GG.2.12 *Tableau de coordination des étanchéités* (symbole TC)

Document de synthèse établi par le constructeur et utilisé pour l'essai des compartiments à remplissage de gaz d'un ensemble étanche, qui démontre la relation entre leur étanchéité et celle de cet ensemble complet.

GG.2.13 *Mesurage des fuites par accumulation*

Mesurage qui englobe toutes les fuites d'un ensemble pour déterminer son taux de fuite.

GG.2.14 *Reniflage*

Action par laquelle on déplace lentement la sonde d'un fuitemètre pour localiser une fuite.

**GG.2.5** *Minimum functional pressure,  $P_m$  (or density  $D_m$ )*

The gas pressure in bars (gauge) referred to atmospheric air conditions of 20 °C and 1 013 hPa (or density) at and above which the rated values of the switchgear are maintained and at which refilling becomes necessary.

**GG.2.6** *Absolute leakage rate,  $F$* 

The amount of gas escaped by time unit, expressed in bar · cm<sup>3</sup>/s.

**GG.2.7** *Permissible leakage rate,  $F_p$* 

The maximum permissible leakage rate specified by the manufacturer for several gas-filled compartments combined into one gas system (gas-tight assembly), by using the tightness co-ordination chart TC, or for single gas-filled compartments.

**GG.2.8** *Relative leakage rate,  $F_{rel}$* 

The absolute leakage rate related to the total amount of gas in the system at rated filling pressure (or density).

It is expressed in per cent per year or per cent per day.

**GG.2.9** *Time between refillings,  $T$* 

The time elapsed between two refillings performed either manually or automatically to compensate the leakage rate  $F$ .

**GG.2.10** *Number of refillings per day,  $N$* 

The number of refillings to compensate the leakage rate  $F$ .

This value is applicable to controlled pressure systems.

**GG.2.11** *Pressure drop,  $\Delta P$* 

The drop of pressure in a given time caused by the leakage rate  $F$ , without refilling.

**GG.2.12** *Tightness co-ordination chart, TC*

A survey document supplied by the manufacturer, used when testing single gas-filled compartments to demonstrate the relationship between the tightness of the complete gastight assembly and that of single compartments.

**GG.2.13** *Cumulative leakage measurement*

A measurement which takes into account all the leaks from a given assembly to determine the leakage rate.

**GG.2.14** *Sniffing*

The action of slowly moving a leakmeter sensing probe around an assembly to locate a leak.

### GG.3 Spécifications concernant l'étanchéité au gaz

#### GG.3.1 *Systèmes à pression entretenue*

L'étanchéité des systèmes à pression entretenue est spécifiée par le nombre de compléments de remplissage par jour ( $N$ ) ou par la baisse de pression par jour ( $\Delta P$ ). Les valeurs admissibles sont données par le constructeur.

#### GG.3.2 *Systèmes à pression autonomes*

L'étanchéité des systèmes à pression autonomes est spécifiée par deux grandeurs:

- le taux de fuite relatif  $F_{rel}$   
(les valeurs préférentielles sont 1% et 3% par an);
- l'intervalle entre compléments de remplissage  $T$   
(les valeurs préférentielles sont 3 et 10 ans).

#### GG.3.3 *Systèmes à pression scellés*

L'étanchéité des systèmes à pression scellés est spécifiée par leur durée de vie escomptée. Les valeurs préférentielles sont 10, 20 et 30 ans.

### GG.4 Essais

L'objet des essais d'étanchéité est de démontrer que le taux de fuite  $F$  du système complet n'excède pas la valeur spécifiée  $F_p$ .

Si possible, on effectue l'essai sur une installation étanche complète à  $P_r$  (ou  $D_r$ ). Quand cela n'est pas pratique, l'essai peut être effectué sur des compartiments à remplissage de gaz séparés. Dans ce cas, la relation entre les taux de fuite admissibles pour les objets essayés et le taux admissible pour l'installation complète sera indiquée par le tableau de coordination des étanchéités, TC. Les fuites éventuelles entre les compartiments d'ensembles étanches différents doivent aussi être prises en compte (voir figure GG.1).

En général, seul le mesurage des fuites par accumulation permet de calculer le taux de fuite.

Le rapport d'essai de type comprend en principe des informations telles que:

- une description de l'objet en essai, y compris son volume intérieur et la nature du gaz de remplissage;
- les pressions et températures enregistrées au début et à la fin de l'essai et le nombre de compléments de remplissage;
- les réglages de fonctionnement du dispositif de commande ou de surveillance de la pression (ou de la masse volumique) à pression croissante et décroissante;
- une indication de l'étalonnage des appareils de mesure;
- les mesures relevées;
- s'il y a lieu, le gaz d'essai et le facteur de conversion utilisé pour estimer les résultats.

#### GG.4.1 *Essais de type des systèmes à pression*

L'essai d'étanchéité doit être effectué avant et après l'essai de fonctionnement mécanique, et avant et après les essais d'échauffement (voir paragraphes 6.102 et 6.3).

NOTE — Pour les essais d'échauffement, l'objet en essai est normalement muni de capteurs internes et de câbles de mesure susceptibles de perturber le mesurage correct de l'étanchéité. Dans ce cas un essai d'échauffement supplémentaire est à faire pour mesurer l'étanchéité avec des enveloppes non modifiées.

### GG.3 Specifications for gas tightness

#### GG.3.1 *Controlled pressure systems*

The tightness of controlled pressure systems is specified by the number of refilling operations per day ( $N$ ) or by the pressure drop per day ( $\Delta P$ ). The permissible values shall be given by the manufacturer.

#### GG.3.2 *Closed pressure systems*

The tightness of closed pressure systems is specified by two quantities:

- relative leakage rate  $F_{rel}$   
(preferred values are 1% and 3% per year);
- time between refillings  $T$   
(preferred values are 3 and 10 years).

#### GG.3.3 *Sealed pressure systems*

The tightness of sealed pressure systems is specified by their expected operating life. Preferred values are 10, 20 and 30 years.

### GG.4 Tests

The purpose of tightness tests is to demonstrate that the total system leakage  $F$  does not exceed the specified value  $F_p$ .

If possible, the tests should be performed on a complete gas-tight assembly at  $P_r$  (or  $D_r$ ). If it is not convenient, the tests may be performed on single gas-filled compartments. In these cases, the permissible leakage rate of the tested objects in relation to the leakage rate of the total assembly shall be shown by the tightness co-ordination chart TC. The possible leakages between compartments of different gas-tight assemblies shall also be taken into account (see figure GG.1).

In general, only cumulative leakage measurements allow calculation of leakage rates.

The type test report should include such information as:

- a description of the object under test, including its internal volume and the nature of the filling gas;
- the pressures and temperatures recorded at the beginning and end of the test and the number of refillings;
- the cut in and cut off pressure settings of the pressure (or density) control or monitoring device;
- an indication of the calibration of the meters;
- the results of the measurements;
- if applicable, the test gas and the conversion factor used to assess the results.

#### GG.4.1 *Type tests of pressure systems*

The tightness test shall be performed before and after the mechanical operation test and the temperature-rise tests (see Sub-clauses 6.102 and 6.3).

NOTE — For temperature-rise tests the test object is normally fitted with internal sensors and metering feeders which may affect a correct tightness measurement. In this case an additional temperature-rise test with original enclosures has to be performed for the tightness measurement.

Un taux de fuite relatif accru pendant les essais aux températures extrêmes (si ces essais sont imposés par les normes applicables), et/ou pendant les manœuvres, est acceptable à condition que ce taux reprenne sa valeur initiale lorsque la température est revenue à la température normale de l'air ambiant et/ou après les manœuvres. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée  $F_p$ .

a) *Systèmes à pression entretenue*

Le taux de fuite relatif  $F_{rel}$  doit être vérifié en mesurant la baisse de pression  $\Delta P$  pendant une durée  $t$  suffisant à sa détermination. Il convient d'effectuer une correction pour tenir compte de la variation de la température de l'air ambiant. Pendant cette durée, le dispositif de remplissage doit être hors service.

$$F_{rel} = \frac{\Delta P}{P_r} \times \frac{24}{t} \times 100 \text{ (\% par jour)}$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_r - P_m} \times \frac{24}{t}$$

$t$  = durée de l'essai (heures)

NOTE — Pour maintenir la linéarité des formules, il convient que  $\Delta P$  soit du même ordre de grandeur que  $P_r - P_m$ .

On peut aussi mesurer directement le nombre de compléments de remplissage par jour.

b) *Systèmes à pression autonomes ou scellés*

N'importe quelle méthode (des exemples sont donnés figure GG.2) peut être employée pour mesurer le taux de fuite  $F$ , qui sera utilisé avec le tableau de coordination des étanchéités pour calculer:

- pour les systèmes à pression autonomes seulement:  
le taux de fuite relatif  $F_{rel}$  et l'intervalle entre compléments de remplissage  $T$ ;
- pour les systèmes à pression scellés;  
la durée de vie escomptée.

Etant donné les taux de fuite relativement faibles de ces systèmes, les mesurages de baisse de pression ne sont pas applicables.

Si l'objet en essai est rempli avec un gaz d'essai différent du gaz utilisé en service et/ou à une pression différente de la pression normale de service, des facteurs de correction définis par le constructeur doivent être utilisés pour les calculs.

NOTE — Dans la pratique des mesurages de taux de fuite, une imprécision de  $\pm 50\%$  est courante.

#### GG.4.2 *Essais de série des systèmes à pression*

Les essais de série doivent être effectués à la température de l'air ambiant avec l'ensemble rempli à la pression (ou masse volumique) correspondant à la pratique d'essai du constructeur. Le reniflage peut être utilisé dans des conditions contrôlées.

a) *Systèmes à pression entretenue*

La procédure d'essai est conforme au paragraphe GG.4.1 a).

b) *Systèmes à pression autonomes ou scellés*

Les essais peuvent être faits suivant le paragraphe GG.4.1 b) à plusieurs étapes de la fabrication, sur des compartiments séparés, selon le tableau de coordination TC.

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards), and/or during operations, is acceptable provided that this rate resets to the initial value after the temperature is returned to normal ambient air temperature and/or after the operations are performed. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value  $F_p$ .

*a) Controlled pressure systems*

The relative leakage rate  $F_{rel}$  shall be checked by measuring the pressure drop  $\Delta P$  over a period  $t$  sufficient to determine it. A correction should be made to take into account the variation of ambient air temperature. During this period the refilling device shall be inoperative.

$$F_{rel} = \frac{\Delta P}{P_r} \times \frac{24}{t} \times 100 \text{ (\% per day)}$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_r - P_m} \times \frac{24}{t}$$

$t$  = test time (hours)

NOTE — In order to maintain the linearity of the formula,  $\Delta P$  should be of the same order of magnitude as  $P_r - P_m$ .

Alternatively, the number of refilling operations per day may be measured directly.

*b) Closed pressure systems and sealed pressure systems*

Any method (examples are given in figure GG.2) may be used to measure the leakage rate  $F$ , which is used in combination with the tightness co-ordination chart to calculate:

- the relative leakage rate  $F_{rel}$  and the time between refillings  $T$  for closed pressure systems;
- the expected operating life for sealed pressure systems.

Due to the comparatively small leakage rates of these systems, pressure drop measurements are not applicable.

If the test object is filled with a test gas different from the gas used in service and/or at a test pressure different from the normal operating pressure, corrective factors defined by the manufacturer shall be used for calculations.

NOTE — Leakage rate measurements in practice may have an inaccuracy of  $\pm 50\%$ .

#### GG.4.2 Routine tests of pressure systems

Routine tests shall be performed at normal ambient air temperature with the assembly filled at the pressure (or density) corresponding to the manufacturer's test practice. Sniffing may be used under controlled conditions:

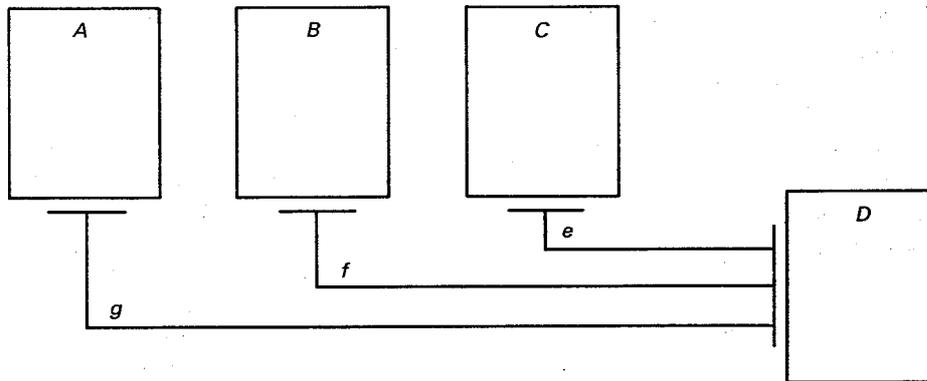
*a) Controlled pressure systems*

The test procedure corresponds to Sub-clause GG.4.1 a).

*b) Closed pressure systems and sealed pressure systems*

The test may be performed in accordance with Sub-clause GG.4.1 b) at several stages of the manufacturing process on single compartments according to the tightness co-ordination chart TC.

Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse à enveloppes unipolaires; les compartiments «disjoncteur» des trois phases forment un seul système de pression.



III/90

Taux de fuite du système:

Compartiment A	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Compartiment B	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Compartiment C	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Armoire de commande D (y compris vannes, manomètres, systèmes de surveillance)	$20 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Tuyauterie e	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Tuyauterie f	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Tuyauterie g	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Système complet	$68 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$

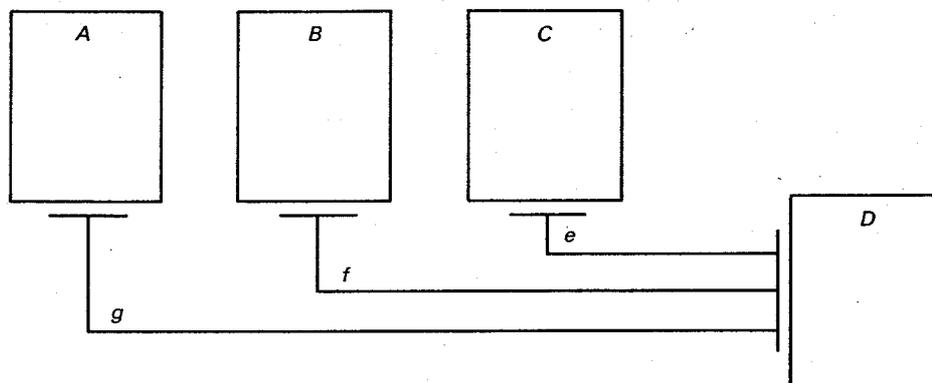
Pression de remplissage assignée (effective)	$P_r: 0,5 \text{ bar}$
Pression minimale de fonctionnement (effective)	$P_m: 0,3 \text{ bar}$
Volume intérieur total:	$30 \text{ dm}^3$

$$F_{\text{rel}} = \frac{68 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{(0,5 + 1) \times 30 \times 10^3} \times 100 = 4,8\% \text{ par an}$$

$$T = \frac{(0,5 - 0,3) \times 30 \times 10^3}{68 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365} = 2,8 \text{ années}$$

FIGURE GG.1 — Exemple de tableau de coordination d'étanchéité (TC)

Gas-insulated metal-enclosed switchgear, single-phase encapsulated, circuit-breaker compartments of the three phases connected to the same gas system.



III/90

*Leakage rate of the system:*

Compartment A	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Compartment B	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Compartment C	$14 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Control box D (including valves, gauges, monitoring devices)	$20 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Piping e	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Piping f	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Piping g	$2 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$
Complete system	$68 \times 10^{-6} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$

Rated filling pressure	$P_r: 0,5 \text{ bar (gauge)}$
Minimum functional pressure	$P_m: 0,3 \text{ bar (gauge)}$
Total internal volume:	$30 \text{ dm}^3$

$$F_{\text{rel}} = \frac{68 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{(0,5 + 1) \times 30 \times 10^3} \times 100 = 4,8\% \text{ per year}$$

$$T = \frac{(0,5 - 0,3) \times 30 \times 10^3}{68 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365} = 2,8 \text{ years}$$

FIGURE GG.1 — Example for a tightness co-ordination chart TC

Sensibilité de fuite bar x cm <sup>3</sup> /s	Durée pour perdre 1 kg de SF <sub>6</sub>	Ultrasons Baisse de pression	Eau de savon, ressuage Torche	Conductivité thermique	Ammoniac	DéTECTEURS d'halogènes	CAPTURE d'électrons	Spectrographe de masse	Tous gaz		
									Fréon 12	SF <sub>6</sub>	112/90
10 <sup>-1</sup>	18 jours	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-2</sup>	24 semaines	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-3</sup>	5 ans	Tous gaz	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-4</sup>	48 ans		Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-5</sup>	480 ans		Tous gaz pour essai à la bulle	Fréon 12 SF <sub>6</sub>	Indication nette	Indication nette	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-6</sup>	4 800 ans				NH <sub>3</sub>	SF <sub>6</sub>	Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-7</sup>	48 000 ans						Indication nette	Indication nette	1	2	3
10 <sup>-8</sup>	480 000 ans						Indication nette	Indication nette	1	2	3

Indication nette

Limites de sensibilité

NOTES

- 1 Reniflage dans de bonnes conditions. En mesure globale, une sensibilité meilleure peut être obtenue.
- 2 En mesure globale.
- 3 Par reniflage.

FIGURE GG.2 — Comparaison entre différentes méthodes de détection de fuite.

Leak sensitivity bar x cm <sup>3</sup> /s	Time for 1 kg SF <sub>6</sub> to leak	Ultrasonic Pressure loss	Soap solution dyes Flame torch	Thermal conductivity	Ammonia	Halogen detectors	Electron capture detector	Mass spectroscopy	Detection Methods		
									Freon 12	SF <sub>6</sub>	Any gas
10 <sup>-1</sup>	18 days	Diagonal lines	Diagonal lines	Diagonal lines	Diagonal lines	Diagonal lines	Diagonal lines	Diagonal lines	1	2	3
10 <sup>-2</sup>	24 weeks	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	1	2	3
10 <sup>-3</sup>	5 years	Any gas	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	1	2	3
10 <sup>-4</sup>	48 years		Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	Horizontal lines	1	2	3
10 <sup>-5</sup>	480 years		Any gas for bubble test	Freon 12 SF <sub>6</sub>					1	2	3
10 <sup>-6</sup>	4 800 years					SF <sub>6</sub>			1	2	3
10 <sup>-7</sup>	48 000 years				NH <sub>3</sub>				1	2	3
10 <sup>-8</sup>	480 000 years								1	2	3

 positive

 marginal

NOTES

- 1 Sniffing in good conditions. By integrated leakage measurement, better sensitivity can be achieved.
- 2 In integrated leakage measurement.
- 3 By sniffing.

FIGURE GG.2 — Comparison of leak detection methods

112/90





---

**ICS 29.120.60**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND