

www.afnor.org



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients AFNOR.
Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR customers.
All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

AFNOR

Pour : VINCI ENERGIES

Email: ayoub.elbannany@cegelec.com

Identité: VINCI ENERGIES - ELBANNANY Ayoub

Code siret : 39163584400023

Client : 3610200

Le : 02/10/2023 à 13:03

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

norme française

NF EN IEC 62271-203

Juillet 2022

Indice de classement : **C 64-471-203**

ICS : 29.080.99;29.130.10

Appareillage à haute tension -

Partie 203 : appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse et à courant alternatif de tensions assignées supérieures à 52 kV

E : High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: AC gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

D : Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen - Teil 203: Gasisolierte metallgekapselte Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 52 kV

Norme française

homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR en août 2022.

Remplace la norme homologuée NF EN 62271-203, de novembre 2012 qui reste en vigueur jusqu'en juillet 2025.

Correspondance

La Norme européenne EN IEC 62271-203:2022 est mise en application avec le statut de norme française par publication d'un texte identique et reproduit intégralement la Norme internationale IEC 62271-203:2022.

La version anglaise de cette norme française a été prépubliée dès que la norme européenne a été disponible, en juillet 2022.

Résumé

Le présent document spécifie les exigences pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse dont l'isolation est réalisée, au moins partiellement, par un gaz isolant ou un mélange de gaz autre que l'air à la pression atmosphérique, pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 52 kV, pour l'installation à l'intérieur et à l'extérieur, et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : appareillage électrique, appareillage haute tension, très haute tension, enveloppe isolante, gaz, isolant électrique, conditions d'utilisation, caractéristique électrique, tension nominale, niveau d'isolement, fréquence nominale, courant nominal, échauffement, limite d'échauffement, degré de protection, conception, verrouillage, sectionneur, mise à la terre électrique, plaque signalétique compatibilité électromagnétique, essai de type, tension électrique, essai d'échauffement, essai de coupure, essai de fonctionnement, étanchéité, pouvoir de coupure, information.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision technique qui inclut des modifications majeures.

Corrections

La norme

La norme est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

La norme est un document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps. Toute norme française prend effet le mois suivant sa date d'homologation.

Pour comprendre les normes

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de « normative ». Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

Commission de normalisation

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).



Vous avez utilisé ce document, faites part de votre expérience à ceux qui l'ont élaboré.

Scannez le QR Code pour accéder au questionnaire de ce document ou retrouvez-nous sur <https://norminfo.afnor.org/norme/190400>.

Appareillage haute tension

AFNOR UF 17

Composition de la commission de normalisation

Secrétariat : AFNOR

DGT - DIRECTION GENERALE DU TRAVAIL

EDF - R&D (EDF)

ENEDIS

GIMELEC

GRID SOLUTIONS SAS (GIMELEC)

MERSEN FRANCE ANGERS SAS (GIMELEC)

MERSEN FRANCE SB SAS (GIMELEC)

NEXANS FRANCE (SYCABEL)

ORMAZABAL Y CIA (GIMELEC)

RTE - RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE

SCHNEIDER ELECTRIC SACHSENWERK GMBH (GIMELEC)

SCHNEIDER ELECTRIC FRANCE (GIMELEC)

SUPERGRID INSTITUTE (GIMELEC)

AVANT-PROPOS NATIONAL

Ce document constitue la version française complète de la Norme européenne EN IEC 62271-203:2022 qui reproduit le texte de la publication IEC 62271-203:2022.

Les modifications du CENELEC (dans le présent document, l'annexe ZA uniquement) sont signalées par un trait vertical dans la marge gauche du texte.

Cette Norme française fait référence à des Normes internationales. Quand une Norme internationale citée en référence a été entérinée comme Norme européenne, ou bien quand une Norme d'origine européenne existe, la Norme française issue de cette Norme européenne est applicable à la place de la Norme internationale.

Le règlement du Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC) impose que les Normes européennes adoptées par ses membres soient transformées en normes nationales au plus tard dans les six mois après leur ratification et que les normes nationales en contradiction soient annulées.

Dans le cadre de cette norme, le CENELEC a fixé une période transitoire permettant l'adaptation des produits à cette nouvelle norme, période durant laquelle les membres du CENELEC ont l'autorisation de maintenir les normes nationales en vigueur.

En conséquence, la norme homologuée NF EN 62271-203, de novembre 2012 reste en vigueur jusqu'en juillet 2025.

Le Comité Français a voté favorablement au CENELEC sur le projet d'EN IEC 62271-203, le 11 mars 2022.

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN IEC 62271-203

Juillet 2022

ICS 29.130.10

Remplace l'EN 62271-203:2012

Version française

**Appareillage à haute tension - Partie 203: Appareillage sous
enveloppe métallique à isolation gazeuse et à courant alternatif
de tensions assignées supérieures à 52 kV
(IEC 62271-203:2022)**

Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen - Teil
203: Gasisolierte metallgekapelte Schaltanlagen für
Bemessungsspannungen über 52 kV
(IEC 62271-203:2022)

High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: AC
gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages
above 52 kV
(IEC 62271-203:2022)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2022-07-04. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à cette Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du CEN-CENELEC Management Centre ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au CEN-CENELEC Management Centre, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Macédoine du Nord, République de Serbie, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Bruxelles

© 2022 CENELEC Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres du CENELEC.

Réf. n° EN IEC 62271-203:2022 F

Avant-propos européen

Le texte du document 17C/835/FDIS, future édition 3 de IEC 62271-203, préparé par le SC 17C "Ensembles" de CE 17 de l'IEC, "Appareillage haute tension", a été soumis au vote parallèle IEC-CENELEC et approuvé par le CENELEC en tant que EN IEC 62271-203:2022.

Les dates suivantes sont fixées:

- date limite à laquelle ce document doit être mis en application au niveau national par publication d'une norme nationale identique ou par entérinement (dop) 2023-04-04
- date limite à laquelle les normes nationales conflictuelles doivent être annulées (dow) 2025-07-04

Ce document remplace l'EN 62271-203:2012 ainsi que l'ensemble de ses amendements et corrigenda (le cas échéant).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CENELEC ne saurait être tenu pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information et toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve sur le site web du CENELEC.

SOMMAIRE

Avant-propos européen	2
SOMMAIRE	3
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Termes et définitions	7
4 Conditions normales et spéciales de service	11
5 Caractéristiques assignées	12
6 Conception et construction	15
7 Essais de type	29
8 Essais individuels de série	44
9 Guide pour le choix de l'appareillage (informatif)	47
10 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes (informatif)	47
11 Transport, stockage, installation, instructions de fonctionnement et maintenance	48
12 Sécurité	54
13 Influence du produit sur l'environnement	54
Annexe A (normative) Procédure d'essai diélectrique du PSEM sous enveloppe triphasée de la plage II (au-delà de 245 kV)	55
A.1 Procédures d'essais diélectriques pour le PSEM à enveloppe triphasée	55
A.2 Application des exigences d'essai	55
Annexe B (normative) Méthodes d'essai de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en cas d'arc dû à un défaut interne	56
B.1 Généralités	56
B.2 Essai d'arc au courant de court-circuit	56
B.3 Vérification combinée par calcul et essais séparés	58
Annexe C (informative) Considérations techniques et pratiques pour les essais sur site	59
C.1 Générateurs de tension d'essai	59
C.2 Localisation des décharges	59
C.3 Procédures d'essai spéciales	60
C.4 Mesurages de décharges partielles	60
C.5 Conditionnement électrique	61
C.6 Reprise d'essais	61
C.7 Méthode de détection de décharges partielles	62
Annexe D (informative) Calcul de l'augmentation de la pression due à un défaut interne	65
Annexe E (informative) Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	66
E.1 Généralités	66
E.2 Conditions normales et spéciales de service	66
E.3 Caractéristiques assignées	66
E.4 Conception et construction	67
E.5 Barres omnibus	69

E.6 Disjoncteur	69
E.7 Sectionneur et sectionneur de terre	69
E.8 Traversée	69
E.9 Raccordement de câbles	69
E.10 Raccordement du transformateur	70
E.11 Transformateur de courant	70
E.12 Transformateur de tension inductif	70
E.13 Parafoudre à oxyde métallique	70
E.14 Documentation pour appels d'offres et soumissions	71
Annexe F (informative) Continuité de service	72
F.1 Généralités	72
F.2 Termes et conditions	72
F.3 Responsabilités	73
F.4 Niveaux de continuité de service	74
Annexe G (informative) Liste de notes concernant certains pays	79
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes	80
Bibliographie	82
Figure 1 – Coordination de pression	21
Figure 2 – Exemple de disposition des enveloppes et des compartiments de gaz	26
Figure F.1 – MRE1X (réparation du sectionneur vers la barre omnibus, par exemple)	75
Figure F.2 – MRE00 (pendant l'inspection visuelle, par exemple)	75
Figure F.3 – MRE01 (réparation du disjoncteur, par exemple)	76
Figure F.4 – MRE11 (réparation du sectionneur, par exemple)	76
Figure F.5 – MRE11 (extension de l'appareillage avec une travée, par exemple)	77
Figure F.6 – MRE13 (réparation du sectionneur, par exemple)	77
Figure F.7 – MRE2X (essai diélectrique sur site de la section de barre omnibus A, par exemple)	77
Figure F.8 – MRE2X (essai diélectrique sur site de la section de barre omnibus 1, par exemple)	78
Figure F.9 – MRE00 (réparation du disjoncteur, par exemple)	78
Tableau 1 – Tableau de référence des conditions de service applicables aux PSEM	11
Tableau 2 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de l'équipement de la plage I (jusqu'à 245 kV)	13
Tableau 3 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de l'équipement de la plage II (au-delà de 245 kV)	14
Tableau 4 – Critères de performance	22
Tableau 5 – Essais de type	30
Tableau 6 – Tension d'essai pour le mesurage de l'intensité des décharges partielles	34
Tableau 7 – Tensions d'essai sur site	51
Tableau A.1 – Conditions d'essais à la tension de choc de manœuvre au-delà de 245 kV	55
Tableau E.1 – Conditions normales et spéciales de service	66

Tableau E.2 – Caractéristiques assignées	67
Tableau E.3 – Conception et construction	68
Tableau E.4 – Barres omnibus	69
Tableau E.5 – Traversée.....	69
Tableau E.6 – Raccordement de câbles	70
Tableau E.7 – Raccordement du transformateur	70
Tableau E.8 – Transformateur de courant	70
Tableau E.9 – Transformateur de tension inductif	70
Tableau E.10 – Documentation pour appels d’offres et soumissions	71

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse et à courant alternatif de tensions assignées supérieures à 52 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 spécifie les exigences pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse dont l'isolation est réalisée, au moins partiellement, par un gaz isolant ou un mélange de gaz autre que l'air à la pression atmosphérique, pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 52 kV, pour l'installation à l'intérieur et à l'extérieur, et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Pour les besoins du présent document, les termes "poste sous enveloppe métallique" (PSEM) et "appareillage" sont utilisés pour "appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse".

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse auquel s'applique le présent document est constitué par des matériels individuels destinés à être directement raccordés entre eux et qui ne peuvent fonctionner que sous cette forme.

Le présent document complète et modifie, le cas échéant, les différentes normes pertinentes applicables aux matériels individuels constitutifs de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-11, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

IEC 60068-2-17, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Étanchéité*

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60099-4:2014, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif*

IEC 60137:2017, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

IEC 60141-1, *Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires – Partie 1: Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV*

IEC 60270, *Technique des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60376, *Spécification de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des gaz complémentaires à employer dans les mélanges de SF₆ pour utilisation dans les matériels électriques*

IEC 60480, *Spécifications pour la réutilisation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆ dans le matériel électrique*

IEC 60840, *Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 30 kV (U_m = 36 kV) et jusqu'à 150 kV (U_m = 170 kV) – Méthodes et exigences d'essai*

IEC 61869-1, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61869-2, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant*

IEC 61869-3, *Transformateurs de mesure – Partie 3: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs inductifs de tension*

IEC 62067, *Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 150 kV (U_m = 170 kV) et jusqu'à 500 kV (U_m = 550 kV) – Méthodes et exigences d'essai*

IEC 62271-1:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*

IEC 62271-4, *Appareillage à haute tension – Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆*

IEC 62271-100:2021, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

IEC 62271-102:2018, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

IEC 62271-209:2019, *Appareillage à haute tension – Partie 209: Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV – Câbles remplis d'un fluide ou à isolation extrudée – Extrémité de câble de type sec ou remplie d'un fluide*

IEC 62271-211:2014, *Appareillage à haute tension – Partie 211: Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

ISO 22479, *Corrosion des métaux et alliages – Essai au dioxyde de soufre en atmosphère humide (méthode avec volume fixe de gaz)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62271-1:2017 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.101

appareillage sous enveloppe métallique

ensemble d'appareillage avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, entièrement terminé, à l'exception des connexions extérieures

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-04, modifié – La note a été supprimée.]

3.102

appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse

appareillage de connexion sous enveloppe métallique dans laquelle l'isolation est obtenue, au moins partiellement, par un gaz isolant ou un mélange de gaz autre que l'air à pression atmosphérique

Note 1 à l'article: Ce terme s'applique généralement à l'appareillage à haute tension.

Note 2 à l'article: Le terme "appareillage triphasé sous enveloppe métallique à isolation gazeuse" s'applique à l'appareillage dont les trois phases sont comprises dans une enveloppe commune.

Note 3 à l'article: Le terme "appareillage monophasé sous enveloppe métallique à isolation gazeuse" s'applique à l'appareillage dont chaque phase est comprise dans une enveloppe individuelle.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-05, modifié – "ou un mélange de gaz" a été ajouté dans la définition, et les Notes 2 et 3 à l'article ont été ajoutées.]

3.103

enveloppe de l'appareillage de commutation à isolation gazeuse

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui contient le gaz isolant dans les conditions prescrites nécessaires pour conserver avec sûreté le niveau d'isolement le plus élevé, qui protège l'équipement contre les effets extérieurs et qui procure un haut degré de protection pour les personnes

Note 1 à l'article: L'enveloppe peut être monophasée ou triphasée.

3.104

liaison d'isolation

partie du conducteur qui peut être aisément ouverte ou retirée afin d'isoler deux parties du poste sous enveloppe métallique (PSEM) à isolation gazeuse entre elles

Note 1 à l'article: La distance créée par le démontage de la liaison est conçue pour supporter les tensions d'essai sur la distance d'isolement selon le Tableau 2 et le Tableau 3.

Note 2 à l'article: Une liaison d'isolation a pour objet d'assurer l'isolation électrique entre les sections d'un PSEM, par exemple, lors d'une opération de maintenance et de réparations.

3.105

liaison amovible

partie du conducteur qui peut être facilement ouverte ou démontée afin de séparer l'une de l'autre deux parties d'un PSEM

Note 1 à l'article: La distance créée par le démontage de la liaison est conçue pour supporter les tensions d'essai phase-terre selon le Tableau 2 et le Tableau 3.

Note 2 à l'article: Une liaison amovible a pour objet d'assurer la séparation électrique entre les sections d'un PSEM lorsque l'équipement est séparé du reste du PSEM, par exemple, devant les transformateurs de tension, les parafoudres, les raccordements de câbles et de transformateurs lors d'essais haute tension du PSEM ou des matériels individuels.

3.106

compartiment

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui est entièrement étanche

Note 1 à l'article: Un compartiment peut être désigné par le matériel individuel principal qu'il contient, par exemple, "compartiment disjoncteur", "compartiment barre omnibus".

3.107

matériel individuel

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

3.108

isolateur support

isolateur interne qui sert à supporter un ou plusieurs conducteurs

3.109

cloison

isolateur support étanche au gaz d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui sépare deux compartiments adjacents

3.110

traversée

dispositif servant à faire passer un ou plusieurs conducteurs à travers une enveloppe, en isolant les conducteurs de cette paroi

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modifié – "une paroi" remplacé par "une enveloppe" et "telle qu'un mur ou une cuve" supprimé. Les Notes 1 et 2 ont été supprimées.]

3.111

circuit principal

toutes les pièces conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui font partie d'un circuit destiné à transporter l'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modifié – "ensemble" remplacé par "appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse"]

3.112

circuit auxiliaire

toutes les pièces conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse insérées dans un circuit, destinées à la commande, le mesurage, la signalisation et la régulation

Note 1 à l'article: Les circuits auxiliaires d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de commutation.

3.113

température de calcul de l'enveloppe

température maximale qui peut être atteinte par les enveloppes dans les conditions de service maximales spécifiées

3.114

pression de calcul de l'enveloppe

pression relative utilisée pour déterminer la conception de l'enveloppe

Note 1 à l'article: Elle est au moins égale à la pression maximale de l'enveloppe à la température la plus élevée que le gaz utilisé pour l'isolation peut atteindre dans des conditions de service maximales spécifiées.

Note 2 à l'article: La pression transitoire qui apparaît pendant et après une manœuvre de coupure (par exemple, d'un disjoncteur) n'est pas prise en considération pour la détermination de la pression de calcul.

3.115

pression de calcul de la cloison

pression relative sur la cloison utilisée pour déterminer sa pression de calcul

Note 1 à l'article: Elle est au moins égale au différentiel de pression maximal sur la cloison pendant les activités de maintenance.

Note 2 à l'article: La pression transitoire qui apparaît pendant et après une manœuvre de coupure (par exemple, d'un disjoncteur) n'est pas prise en considération pour la détermination de la pression de calcul.

3.116

pression de fonctionnement

<dispositif limiteur de pression> pression relative retenue pour l'ouverture des dispositifs limiteurs de pression

3.117

pression d'essai individuel de série

<enveloppes et cloisons> pression relative à laquelle toutes les enveloppes et toutes les cloisons sont soumises après fabrication

3.118

pression d'essai de type

<enveloppes et cloisons> pression relative à laquelle les enveloppes et les cloisons sont soumises pour l'essai de type

3.119

fragmentation

tout dommage subi par l'enveloppe du fait d'une augmentation de la pression accompagnée de projection de matières

3.120

décharge disruptive

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

3.121

unité de transport

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui peut être transportée sans être démontée

3.122

unité fonctionnelle

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique qui comprend tous les éléments des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction

Note 1 à l'article: Les unités fonctionnelles peuvent se différencier selon la fonction pour laquelle elles sont prévues, par exemple: travée monophasée ou triphasée ou parties fonctionnelles d'une travée comme le disjoncteur complet, le sectionneur, le sectionneur de terre, le transformateur de tension, le transformateur de courant, le mécanisme de commande, l'enveloppe, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-04, modifié – Dans la définition, "ensemble" remplacé par "appareillage sous enveloppe métallique". Dans la note, les exemples ont été remplacés par des exemples en rapport avec le PSEM.]

4 Conditions normales et spéciales de service

4.1 Conditions normales de service

Le paragraphe 4.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, compte tenu des valeurs recommandées présentées dans le Tableau 1 du présent document.

4.2 Conditions spéciales de service

Le paragraphe 4.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, compte tenu des valeurs recommandées présentées dans le Tableau 1 du présent document.

Lorsque le symbole "plus grand que" (>) est utilisé dans le Tableau 1, les valeurs doivent être spécifiées par l'utilisateur, comme cela est décrit dans l'IEC 62271-1:2017.

4.101 Généralités

Tableau 1 – Tableau de référence des conditions de service applicables aux PSEM

Désignation	Normales		Spéciales	
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Température de l'air ambiant:				
Minimale (°C)	-5	-25	-25	-50
Maximale (°C)	+40	+40	+50	+50
Rayonnement solaire (W/m ²)	Non applicable	1 000	Non applicable	>1 000
Altitude (m)	1 000	1 000	>1 000	>1 000
Sévérité de pollution d'un site ^a	Non applicable	c	c, d ou e	d ou e
Épaisseur de glace (mm)	Non applicable	20	Non applicable	>20
Vent (m/s)	Non applicable	34	Non applicable	>34
Humidité moyenne sur 24 h (%)	95	100	98	100
Condensation ou précipitation	Occasionnelle	Oui	Oui	Oui
Vibrations, chocs ou inclinaisons anormaux	Non applicable	Non applicable	Applicable	Applicable
NOTE La spécification de l'utilisateur peut utiliser une combinaison quelconque des conditions normales ou spéciales de service ci-dessus.				
^a Sévérité de pollution d'un site c, d ou e selon 8.3 de l'IEC TS 60815-1:2008 [5] ¹				

Quelle que soit l'altitude, les caractéristiques diélectriques de l'isolation interne sont identiques à celles qui sont mesurées au niveau de la mer. Pour cette isolation interne, aucune exigence spécifique n'est applicable concernant l'altitude.

Certains éléments d'un PSEM, tels que les dispositifs limiteurs de pression et les dispositifs de surveillance de pression et de densité, peuvent être sensibles aux effets de l'altitude. Le fabricant doit prendre, le cas échéant, les mesures nécessaires.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

Le paragraphe 5.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les modifications suivantes:

- e) courant de courte durée admissible assigné (I_k) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- f) valeur de crête du courant admissible assigné (I_p) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

et avec le complément suivant:

- k) valeurs assignées des matériels qui font partie intégrante de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire.

5.2 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Les matériels individuels qui font partie intégrante du PSEM peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément aux normes correspondantes.

5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)

Le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Le Tableau 1, le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4 du 5.3 de l'IEC 62271-1:2017 sont remplacés par le Tableau 2 et le Tableau 3 ci-dessous.

NOTE 1 Les valeurs plus élevées de PSEM de l'IEC 62271-203 comparées aux valeurs de l'IEC 62271-1 ont été présentées dans la révision 1 de 2003. Ce sont désormais des valeurs normalisées.

Le PSEM contient des matériels individuels qui ont un niveau d'isolement défini. Bien que les défauts internes puissent, dans une large mesure, être évités par le choix d'un niveau d'isolement convenable, il convient d'envisager des moyens de limitation des surtensions externes (par exemple, parafoudres).

NOTE 2 Pour ce qui est des pièces externes des traversées (si elles existent), voir l'IEC 60137:2017.

NOTE 3 Les formes d'onde sont des formes de choc de foudre et des formes de tension de choc de manœuvre normalisées, dans l'attente des résultats des études sur la tenue de ces matériels à d'autres types de chocs.

NOTE 4 Le choix entre les différents niveaux d'isolement qui correspondent à une tension assignée particulière peut reposer sur des études de coordination d'isolement qui tiennent également compte des surtensions transitoires engendrées par les manœuvres des matériels qui font partie de l'appareillage.

Tableau 2 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de l'équipement de la plage I (jusqu'à 245 kV)

Tension assignée de l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, entre contacts ouverts de l'appareil de commutation et entre phases	Sur la distance d'isolement	Entre phase et terre, entre contacts ouverts de l'appareil de commutation et entre phases	Sur la distance d'isolement
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72,5	140	160	325	375
100	185	210	450	520
123	230	265	550	630
145	275	315	650	750
170	325	375	750	860
245	460	530	1 050	1 200
NOTE Les valeurs de la colonne (2) sont applicables: a) pour les essais de type, entre phase et terre et entre phases; b) pour les essais individuels de série, entre phase et terre, entre phases, et entre contacts ouverts de l'appareil de commutation. Les valeurs des colonnes (3), (4) et (5) sont applicables pour les essais de type seulement.				

Tableau 3 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de l'équipement de la plage II (au-delà de 245 kV)

Tension assignée de l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée au choc de manœuvre U_p kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre et entre phases (Note 3 et Note 5)	Entre contacts ouverts de l'appareil de commutation et/ou sur la distance d'isolement (Note 3)	Entre phase et terre et entre contacts ouverts de l'appareil de commutation (Note 5)	Entre phases (Note 3 et Note 4)	Sur la distance d'isolement (Note 1, Note 2 et Note 3)	Entre phase et terre et entre phases (Note 5)	Entre contacts ouverts de l'appareil de commutation et/ou sur la distance d'isolement (Note 2 et Note 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	460	595	850	1 275	700 (+245)	1 050	1 050 (+170)
362	520	675	950	1 425	800 (+295)	1 175	1 175 (+205)
420	650	815	1 050	1 575	900 (+345)	1 425	1 425 (+240)
550	710	925	1 175	1 760	900 (+450)	1 550	1 550 (+315)
800	960	1 270	1 425	2 420	1 100 (+650)	2 100	2 100 (+455)
1 100	1 100	1 100	1 550	2 635	1 550 +(900)	2 250	2 250 + (630)
		1 100 +(635)	1 800	2 880	1 675 +(900)	2 400	2 400 + (630)
1 200	1 200	1 200	1 800	2 970	1 675 +(980)	2 400	2 400 + (685)
		1 200 +(695)	1 950	3 120		2 550	2 550 + (685)

NOTE 1 La colonne (6) s'applique aussi à certains disjoncteurs, voir l'IEC 62271-100:2021.

NOTE 2 Dans la colonne (6), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle $U_r \sqrt{2} / \sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

Dans la colonne (8), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle $0,7 U_r \sqrt{2} / \sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

NOTE 3 Les valeurs de la colonne (2) sont applicables:

- a) pour les essais de type, entre phase et terre et entre phases;
- b) pour les essais individuels de série, entre phase et terre, entre phases, et entre contacts ouverts de l'appareil de commutation.

Les valeurs des colonnes (3), (4), (5), (6), (7) et (8) sont applicables pour les essais de type seulement.

NOTE 4 Il s'agit de valeurs qui proviennent des facteurs multiplicateurs indiqués dans le Tableau 3 de l'IEC 60071-1:2019 [4].

NOTE 5 Pour les sectionneurs de terre, seuls les essais entre phase et terre selon les colonnes (2), (4) et (7) sont applicables.

5.4 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.5 Courant permanent assigné (I_r)

Le paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Certains circuits principaux des PSEM (barres omnibus, circuits d'alimentation, etc.) peuvent avoir des valeurs différentes de courant permanent assigné. Cependant, il convient de choisir également ces valeurs dans la série R10.

5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.7 Valeur de crête du courant admissible assignée (I_p)

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.9 Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.10 Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.11 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6 Conception et construction

6.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.3.101 Raccordement à la terre du circuit principal

Pour assurer la sécurité lors d'interventions de maintenance, toutes les parties du circuit principal auquel l'accès est prévu ou exigé doivent pouvoir être mises à la terre.

La mise à la terre peut être réalisée par:

- a) des sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture égal à la valeur de crête du courant admissible assignée, s'il reste une possibilité que le circuit connecté soit encore sous tension;

- b) des sectionneurs de terre sans pouvoir de fermeture ou avec un pouvoir de fermeture inférieur à la valeur de crête du courant admissible assignée, si le circuit raccordé est mis hors tension de façon certaine.

De plus, il doit être possible, après ouverture de l'enveloppe, de raccorder les dispositifs amovibles de mise à la terre pendant la durée de l'intervention sur un élément de circuit mis préalablement à la terre à l'aide d'un sectionneur de terre. Le dispositif amovible de mise à la terre doit présenter la capacité de tenue aux courts-circuits et/ou la capacité de tenue aux courants induits adaptées.

Le circuit de mise à la terre peut être dégradé après avoir été soumis au courant de court-circuit. Après cet événement, il peut être nécessaire de remplacer le circuit de mise à la terre.

6.3.102 Raccordement à la terre de l'enveloppe

Les enveloppes doivent être connectées à la terre. Toutes les parties métalliques qui ne font pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire doivent être mises à la terre. Pour l'interconnexion des enveloppes, charpentes, etc., l'assemblage (par exemple, par boulonnage ou soudage) est acceptable pour assurer la continuité électrique.

La continuité des circuits de mise à la terre doit être assurée en tenant compte des contraintes thermiques et électriques provoquées par le courant qui peut devoir les traverser.

Pour les appareillages monophasés sous enveloppe, il convient qu'un circuit de bouclage, c'est-à-dire une interconnexion entre les enveloppes des trois phases, soit mis en place pour le courant induit. Il convient que chacun de ces circuits de bouclage soit relié aussi directement que possible au réseau général de terre par un conducteur qui peut supporter le courant de court-circuit.

NOTE Les circuits de bouclage sont destinés à empêcher que les courants induits dans les enveloppes ne circulent dans les circuits de mise à la terre et dans le réseau de terre. Ils sont habituellement dimensionnés pour le courant permanents assigné et sont installés à un emplacement approprié, en fonction de l'implantation de l'installation du PSEM.

6.4 Équipements et circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 62271-1:2017 et de l'IEC 62271-1:2017/AMD1:2021 est applicable.

6.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 6.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.7 Manœuvre indépendante sans accrochage mécanique (manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure)

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.8 Organes de commande à manœuvre manuelle

Le paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.9 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.10 Indication de la pression/du niveau

Le paragraphe 6.10 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les performances du PSEM dépendent de la densité du gaz pur ou des mélanges de gaz.

Pour le PSEM, la surveillance de la pression de gaz sans compensation de la température n'est pas suffisante.

La densité de gaz ou la pression de gaz compensée en température dans chaque compartiment doit être surveillée en continu. Le dispositif de surveillance doit comporter au moins deux niveaux d'alarme pour la pression ou la densité (seuil de pression d'alarme et seuil de pression minimale de fonctionnement ou seuil de densité d'alarme et seuil de densité minimale de fonctionnement). Le bon fonctionnement des dispositifs de surveillance du gaz doit pouvoir être contrôlé avec l'équipement haute tension en service.

NOTE 1 Lorsque la conception du PSEM permet de l'appliquer et lorsque la pression de remplissage diffère entre compartiments adjacents, une alarme supplémentaire qui indique un seuil de pression excessif ou un seuil de densité excessif peut être mise en œuvre.

NOTE 2 Les tolérances du dispositif de surveillance, ainsi que les éventuels écarts de température (par exemple, intérieur/extérieur d'un bâtiment) entre le dispositif de surveillance et le volume de gaz sous surveillance, peuvent être pris en considération.

NOTE 3 Le contrôle du dispositif de surveillance du gaz peut générer des alarmes intempestives qui peuvent déclencher ou interdire des manœuvres.

NOTE 4 Il est préférable de placer les dispositifs de surveillance du gaz aussi près que possible du compartiment de gaz surveillé pour assurer la précision de mesure et pour réduire le plus possible les fuites de gaz. Toutefois, le choix de l'emplacement peut prendre en considération la sécurité et l'accessibilité.

NOTE 5 La solution préférentielle de contrôle du dispositif de surveillance du gaz consiste à isoler le dispositif de surveillance de la densité du gaz du compartiment de gaz sans le retirer mécaniquement du PSEM, afin de réduire le plus possible les pertes de gaz.

6.11 Plaques signalétiques

Le paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Une plaque signalétique commune doit être fournie pour identifier le PSEM. Au moins, elle doit indiquer les caractéristiques assignées énumérées à l'Article 5 du présent document. La plaque signalétique commune doit être clairement lisible à partir de la position de l'exploitation locale.

Pour chaque matériel individuel, une plaque signalétique conforme à sa norme correspondante est exigée, lorsque les caractéristiques assignées ne sont pas indiquées sur la plaque signalétique commune.

Les plaques signalétiques doivent être durables et facilement lisibles pendant la durée de vie du PSEM.

Le fabricant doit donner des informations relatives au type, au volume et à la masse du gaz contenu dans chaque compartiment de gaz. La masse totale de l'ensemble de l'installation PSEM doit aussi apparaître, soit sur la plaque signalétique, soit sur une étiquette placée dans un endroit visible. Si cela est exigé, des informations plus complètes doivent être communiquées dans le manuel d'instructions.

6.12 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 6.12 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les appareils installés dans les circuits principaux qui sont utilisés comme distance d'isolement et comme mise à la terre:

- les appareils installés dans les circuits principaux, qui servent à assurer les distances d'isolement durant des travaux de maintenance, doivent être équipés de dispositifs de verrouillage visibles pour éviter la fermeture (par exemple, cadenas);
- les sectionneurs de terre doivent être équipés de dispositifs de verrouillage pour éviter l'ouverture pendant les travaux de maintenance.

6.13 Indicateur de position

Le paragraphe 6.13 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Dans le cas du sectionneur et du sectionneur de terre, le 6.104.3.2 de l'IEC 62271-102:2018 est applicable.

6.14 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 6.14 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.15 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.15 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Ce paragraphe n'est applicable qu'aux traversées.

6.16 Étanchéité au gaz et au vide

6.16.1 Généralités

Le paragraphe 6.16.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Ce paragraphe s'applique uniquement au milieu isolant et au milieu de commutation, et non au milieu de fonctionnement de l'appareillage.

Le PSEM doit être un système à pression autonome ou un système à pression scellé.

Les pertes de gaz dues aux fuites et aux manipulations doivent être traitées séparément. L'objectif consiste à réduire le plus possible les pertes de gaz dans l'atmosphère dues à une fuite et à la manipulation (voir l'IEC 62271-4).

La cause d'une fuite doit être examinée avec soin et des actions correctives doivent être envisagées, en particulier si les valeurs associées à toute fuite dépassent les limites spécifiées dans le présent document.

6.16.2 Systèmes à pression entretenue de gaz

Le paragraphe 6.16.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.16.3 Systèmes à pression autonome de gaz

Le paragraphe 6.16.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Le taux de fuite relatif à l'atmosphère de tout compartiment d'un PSEM, et entre les compartiments eux-mêmes ne doit pas dépasser 0,5 % par an pendant la durée de vie prévue de l'équipement.

NOTE 1 La durée de vie prévue est en général de 40 ans dans les conditions normales de service, comme spécifié dans l'Annexe E.

Le taux de fuite relatif maximal F_{rel} pour les essais de type est spécifié comme suit:

- $\leq 0,1$ % par an pour les équipements qui fonctionnent au SF₆, aux mélanges de SF₆ et à d'autres mélanges de gaz avec PRC $> 1\,000$.
- $\leq 0,5$ % par an pour les autres mélanges de gaz avec PRC $\leq 1\,000$.

NOTE 2 Le potentiel de réchauffement climatique (PRC) des gaz dans le PSEM constitue la principale raison de l'exigence de faibles taux de fuite admissibles. Il existe des solutions avec d'autres gaz dont le potentiel de réchauffement climatique est inférieur à 1 000. Le PRC (100 ans) du SF₆ est de 23 500, conformément à l'IPCC – AR5 Climate Change 2013 [31].

Pour les petits compartiments de gaz qui contiennent moins de 1 kg de gaz, le taux de fuite relatif admissible F_{rel} pour les essais de type est spécifié comme suit:

- $\leq 0,2$ % par an pour les équipements fonctionnant au SF₆, aux mélanges SF₆, et à d'autres mélanges de gaz avec PRC $> 1\,000$.

6.16.4 Systèmes à pression scellés

Le paragraphe 6.16.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.16.101 Fuite

Conformément à la procédure normalisée définie à l'Article 10 de l'IEC TR 62271-306:2012 et dans l'IEC TR 62271-306:2012/AMD1:2018 [12], le fabricant doit démontrer que le taux de fuite relatif de tout compartiment du PSEM ou que le taux de fuite relatif entre les compartiments est conforme à 6.16.3 ou 6.16.4.

6.16.102 Manipulation du gaz

Le PSEM doit être conçu pour réduire le plus possible les pertes provoquées par la manipulation du gaz sur sa durée de vie (y compris les activités de fin de vie). Le fabricant doit spécifier les procédures d'essai et de maintenance destinées à réduire le plus possible les pertes par manipulation du gaz et doit déterminer la perte de gaz associée à chaque procédure.

Le fabricant doit recommander des procédures de manipulation du gaz conformes à l'IEC 62271-4.

6.17 Étanchéité des systèmes de liquide

Le paragraphe 6.17 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.18 Risque de feu (inflammabilité)

Le paragraphe 6.18 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.19 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.19 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.20 Émission de rayons X

Le paragraphe 6.20 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Ne s'applique qu'aux PSEM avec ampoules à vide.

6.21 Corrosion

Le paragraphe 6.21 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

La corrosion des ensembles boulonnés et vissés doit être prise en compte pour assurer la continuité des circuits de mise à la terre.

6.22 Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre

Le paragraphe 6.22 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.101 Exigences générales pour le PSEM

Le PSEM doit être conçu de sorte que les opérations normales d'exploitation, d'inspection et de maintenance, la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais de tension sur les câbles ou les autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses puissent être effectués en toute sécurité, y compris la vérification de l'ordre de succession des phases après installation et après extension.

La conception de l'équipement doit être telle que le déplacement admissible et accepté des fondations et les effets thermiques ou mécaniques n'affectent pas ses performances assignées.

Tous les matériels individuels de même type (caractéristiques assignées, conception et construction, etc.) qui peuvent être remplacés doivent être interchangeables.

Les différents matériels contenus dans l'enveloppe sont soumis aux normes correspondantes, sauf lorsque ces dernières sont modifiées par le présent document.

6.102 Coordination de pression

La pression à l'intérieur d'un PSEM peut ne pas correspondre à la pression de remplissage p_{re} en raison de conditions de service différentes.

Dans les conditions de service, les contraintes mécaniques sont associées à la pression interne, qui dépend de la température du gaz. En conséquence, la pression maximale en service correspond à la pression de remplissage à la température maximale que le gaz peut atteindre en raison d'un courant permanent et des conditions de service (température, rayonnement solaire, par exemple).

La Figure 1 représente les différents niveaux de pression et leur interactivité.

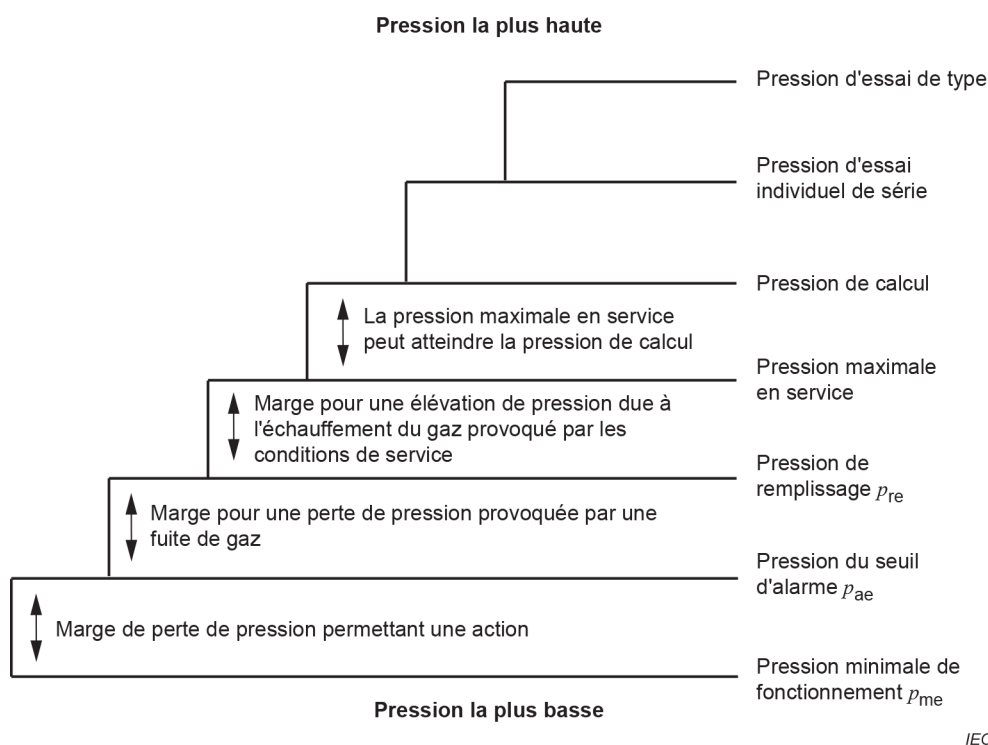


Figure 1 – Coordination de pression

Il incombe au fabricant de choisir la pression minimale de fonctionnement pour l'isolement p_{me} et la pression de remplissage p_{re} .

Le fabricant doit proposer la pression du seuil d'alarme p_{ae} liée à la pression de remplissage p_{re} et à la pression minimale de fonctionnement. La pression du seuil d'alarme p_{ae} informe l'utilisateur de la présence d'une fuite de gaz. Pour un PSEM qui utilise un gaz avec $PRC > 1\,000$, la pression de remplissage p_{re} et la pression du seuil d'alarme p_{ae} doivent être aussi proches que possible, en prenant en considération les tolérances des capteurs de densité, afin d'informer l'utilisateur le plus tôt possible des pertes de gaz.

Les conditions d'installation (intérieur, extérieur, rayonnements solaires directs, ...), la conception et les tolérances du dispositif de surveillance du gaz doivent être prises en considération.

L'intervalle de temps entre la pression du seuil d'alarme p_{ae} et la pression minimale de fonctionnement p_{me} permet à l'utilisateur d'entreprendre des actions correctives. Cet intervalle dépend du taux de fuite du gaz. Durant cet intervalle de temps, les tolérances des dispositifs de surveillance du gaz doivent être prises en considération.

6.103 Défaut d'arc interne

6.103.1 Généralités

La probabilité d'un défaut conduisant à un arc dans le PSEM, construit selon le présent document, est très faible. Cette probabilité résulte de l'utilisation d'un fluide isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, exempt de pollution, d'humidité ou de vermine.

Un PSEM doit être conçu, fabriqué et exploité afin d'empêcher l'occurrence de tout défaut interne. Toutes les mesures possibles pour maintenir une très faible probabilité d'occurrence doivent être prises comme :

- coordination de l'isolement;
- limitation et maîtrise de toute fuite de gaz;
- contrôle de la qualité du gaz;
- haute qualité du travail sur site;
- interverrouillage de l'appareil de commutation.

La très faible probabilité d'un tel événement doit être prise en considération. Des dispositions doivent être prises pour réduire le plus possible les effets des défauts internes sur la continuité de service (par exemple, protection très rapide, commande à distance, compartiments de gaz supplémentaires). L'arc interne ne doit pas se propager dans les compartiments de gaz adjacents.

Après un tel événement, une intervention est nécessaire afin d'isoler le compartiment en défaut. La conception générale du compartimentage du PSEM doit permettre la restauration de la partie du PSEM non affectée, afin de satisfaire aux exigences de continuité de service, lorsque celles-ci sont définies (voir l'Annexe F).

6.103.2 Effets externes de l'arc

Les effets d'un arc interne sont:

- l'augmentation de la pression du gaz (voir l'Annexe D);
- l'éventuelle perforation de l'enveloppe.

Les effets externes de l'arc doivent être limités à l'apparition d'un trou ou d'une déchirure sur l'enveloppe sans aucune fragmentation. Cette limitation doit s'effectuer par un système de protection approprié. La durée de l'arc est liée aux performances du système de protection déterminées par le premier stade (protection principale) et par le second stade (protection de secours).

Le Tableau 4 donne les critères de performance pour la durée de l'arc en fonction des performances du système de protection.

Tableau 4 – Critères de performance

Courant de court-circuit assigné	Stade de protection	Durée du courant de court-circuit	Critères de performance
<40 kA (valeur efficace)	1	≤0,2 s	Absence d'effet externe autre que le fonctionnement de dispositifs limiteurs de pression adaptés
	2	≤0,5 s	Absence de fragmentation (perforation acceptable)
≥ 40 kA (valeur efficace)	1	≤0,1 s	Absence d'effet externe autre que le fonctionnement de dispositifs limiteurs de pression adaptés
	2	≤0,3 s	Absence de fragmentation (perforation acceptable)

L'expression "enveloppe sans fragmentation" est interprétée comme suit:

- absence d'explosion du compartiment;
- absence de projections de particules solides hors du compartiment.

Exceptions:

- les pièces du dispositif limiteur de pression ou des parties internes à celles-ci, si leur éjection est dirigée;
- les éléments incandescents et les matières fondues dus à la perforation de l'enveloppe.

De plus, le fabricant et l'utilisateur peuvent déterminer une durée pendant laquelle un arc provoqué par un défaut interne et caractérisé par une valeur donnée de courant de court-circuit ne provoque pas d'effets externes. Cette durée doit être définie en fonction des résultats d'essai ou d'une procédure de calcul reconnue. Voir l'Équation (D.1).

La durée du courant sans perforation pour différentes valeurs de courant de court-circuit peut être estimée à partir d'une procédure de calcul reconnue, comme celles présentées dans les publications suivantes: brochure technique 602 du CIGRE [24], CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03 [28] et RGE: 04/82 [29].

6.103.3 Localisation de défaut interne

Il convient que le fabricant de PSEM propose des méthodes appropriées de détermination de la localisation d'un défaut, si cela est exigé par l'utilisateur.

6.104 Enveloppes

6.104.1 Généralités

L'enveloppe doit pouvoir supporter les pressions normales et transitoires auxquelles elle est soumise en service.

6.104.2 Conception des enveloppes

L'enveloppe doit être conçue conformément aux normes établies concernant les enveloppes sous pression des appareillages à haute tension remplis de gaz inertes non corrosifs et faiblement pressurisés. Pour plus d'informations, voir l'EN 50052 [15], l'EN 50064 [16], l'EN 50068 [17], l'EN 50069 [18].

Les méthodes de calcul de l'épaisseur et la construction des enveloppes, soudées ou moulées, doivent se fonder sur la pression de calcul (voir la définition en 3.114).

Pour la conception d'une enveloppe, il faut également tenir compte des données suivantes:

- a) la récupération ou la vidange éventuelle du gaz ou de l'air dans l'enveloppe au cours des opérations normales de remplissage;
- b) le différentiel de pression total de part et d'autre des parois de l'enveloppe ou des cloisons;
- c) la pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments, pour des compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes, si la surpression n'est pas contrôlée;
- d) la possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir 6.103);
- e) l'impact de la corrosion sur les enveloppes doit être pris en considération par des mesures appropriées (matériau filtrant pour absorber l'humidité et les produits de décomposition, par exemple).

Pour déterminer la pression de calcul, la température du gaz doit être considérée comme la moyenne des limites supérieures de la température de l'enveloppe et de celle du conducteur du circuit principal sous le courant permanent assigné, sauf si la pression de calcul peut être déduite des enregistrements d'essai de courant permanent existants.

Pour les enveloppes et parties d'enveloppes dont la résistance n'a pas été totalement démontrée par calcul, des essais d'épreuves (voir 7.103) doivent être réalisés pour démontrer qu'elles satisfont aux exigences.

Les matériaux utilisés dans la construction des enveloppes doivent avoir des caractéristiques physiques minimales connues et certifiées, sur lesquelles se fondent les calculs et/ou aux essais d'épreuves. Le fabricant doit être responsable du choix des matériaux et du respect de ces caractéristiques minimales, sur la base d'une certification du fournisseur de ces matériaux ou des essais réalisés par lui-même ou sur la base de ces deux critères à la fois.

6.105 Cloisons

6.105.1 Conception des cloisons

Les cloisons doivent être utilisées pour séparer les compartiments du PSEM et doivent être étanches au gaz, de sorte que la contamination entre des compartiments adjacents ne puisse pas se produire. Les cloisons doivent être constituées d'un matériau qui présente des propriétés d'isolation et des propriétés mécaniques telles qu'un bon fonctionnement soit assuré sur la durée de vie du PSEM. Les cloisons doivent conserver leur tenue diélectrique aux tensions qui peuvent se produire en service (y compris les tensions temporaires et transitoires) lorsqu'elles sont contaminées par des produits de décomposition de gaz et de mélanges de gaz générés lors d'une commutation de charge normale ou de la rupture d'un défaut de court-circuit.

La pression de calcul d'une cloison est définie par la situation dans laquelle la cloison est sous pression d'un côté tandis que l'autre côté est soumis à la pression atmosphérique (par exemple, lorsque des travaux de maintenance sont effectués). Dans ce cas, la pression à considérer sur le côté de la cloison maintenu sous pression est la pression à la température ambiante maximale, compte tenu des effets du rayonnement solaire (le cas échéant) et du courant permanent assigné (le cas échéant), sans limite de temps. La pression ainsi obtenue est la pression de calcul de la cloison.

Pendant les travaux de maintenance, la pression de gaz peut être réduite jusqu'à une pression contrôlée spécifiée. Lorsque cette pression est inférieure à la pression minimale de fonctionnement, les compartiments de gaz concernés doivent être mis hors tension. Des mises en garde et des procédures relatives à la manipulation du gaz doivent être stipulées dans les manuels d'utilisation et de maintenance.

Hormis la pression de calcul, les points suivants doivent être pris en compte, lorsqu'ils sont applicables:

- la récupération ou la vidange du gaz ou de l'air d'un compartiment de gaz d'un côté de la cloison avec l'autre côté sous pression de service, comme partie intégrante du processus de remplissage. S'il existe une limitation de différentiel de pression ou une limitation temporelle relative au différentiel de pression, celle-ci doit être clairement stipulée par le fabricant, dans les manuels d'utilisation et de maintenance;
- pour les cloisons non symétriques, en ce qui concerne la pression exercée sur la cloison, le sens de la pression la plus défavorable;
- les vibrations et charges superposées;
- la possibilité de travaux de maintenance effectués au voisinage d'une cloison sous pression, en veillant tout particulièrement à éviter la rupture de la cloison et le risque de blessures pour le personnel de maintenance.

NOTE Une pression accrue en raison d'un défaut interne n'est pas prise en considération pour établir la pression de calcul, puisque, dans une telle situation, la cloison est soigneusement examinée et remplacée, le cas échéant.

6.105.2 Compartimentage

Le choix du schéma unifilaire électrique est à considérer en premier lieu pour satisfaire aux exigences de continuité de service. Les dispositions d'implantation et l'introduction de dispositifs de démontage ont une influence sur la continuité de service pendant la maintenance, la réparation et l'extension.

Le compartimentage d'un PSEM est influencé par les exigences de continuité de service pendant la maintenance, la réparation et l'extension. Des exigences locales de santé et de sécurité doivent également être prises en considération; voir l'Article 12.

L'Annexe F donne des recommandations pour spécifier la continuité de service.

Le PSEM doit être divisé en compartiments de sorte que:

- lors des différentes activités qui exigent la mise hors tension de certaines parties du PSEM, les compartiments à mettre hors service satisfassent aux exigences de continuité de service de l'utilisateur. Ces activités comprennent:
 - la maintenance;
 - la réparation;
 - l'extension;
 - l'essai diélectrique sur site;
- les effets d'un arc à l'intérieur d'un compartiment sont limités à ce compartiment (voir 6.103.1);
- la durée de l'indisponibilité en cas de défaillance majeure doit satisfaire aux exigences de continuité de service de l'utilisateur;
- le gaz ou l'air du compartiment peut être récupéré ou vidangé et le compartiment peut être rempli en un temps raisonnable en considérant que les dispositifs de manipulation du gaz sont disponibles.

NOTE Pour les essais diélectriques sur site (après maintenance, réparation ou extension), voir 11.101.2.

Les cloisons sont généralement constituées d'un matériau isolant. Elles ne sont pas destinées à assurer la sécurité électrique du personnel. Dans ce but, d'autres moyens, tels que la séparation par une distance d'isolement et par la mise à la terre de l'équipement, peuvent être utilisés.

Les cloisons apportent une sécurité mécanique vis-à-vis de la pression de gaz encore présente dans le compartiment adjacent pendant la maintenance, la réparation et l'extension. Pendant ces activités, il convient de considérer d'autres contraintes mécaniques que la pression sur les cloisons, telles que des chocs dus à toute partie ou les contraintes mécaniques transitoires dues aux conducteurs, afin de définir les règles de sécurité et éviter les risques pour la santé des personnes.

Lorsqu'une barre omnibus du PSEM est intérieure et extérieure (par exemple, PSEM installé dans un bâtiment avec des traversées d'extérieure), le compartiment de gaz peut être équipé d'une cloison à proximité de la paroi, avec une séparation du compartiment entre les environnements intérieurs et extérieurs, pour s'affranchir des fausses alarmes des dispositifs de surveillance de gaz et des phénomènes de condensation qui se produisent du fait des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Chaque compartiment doit être équipé des accessoires suivants:

- coupleur de remplissage;
- dispositif de surveillance du gaz (voir 6.10).

Selon la conception du PSEM ou la demande des utilisateurs, chaque compartiment peut être équipé des accessoires suivants:

- dispositif limiteur de pression (voir 6.106.3);
- absorbeur d'humidité;
- détecteur de localisation de défaut d'arc interne (voir 6.103.3).

La Figure 2 donne un exemple de disposition des enveloppes et des cloisons pour différents types de compartiments adjacents.

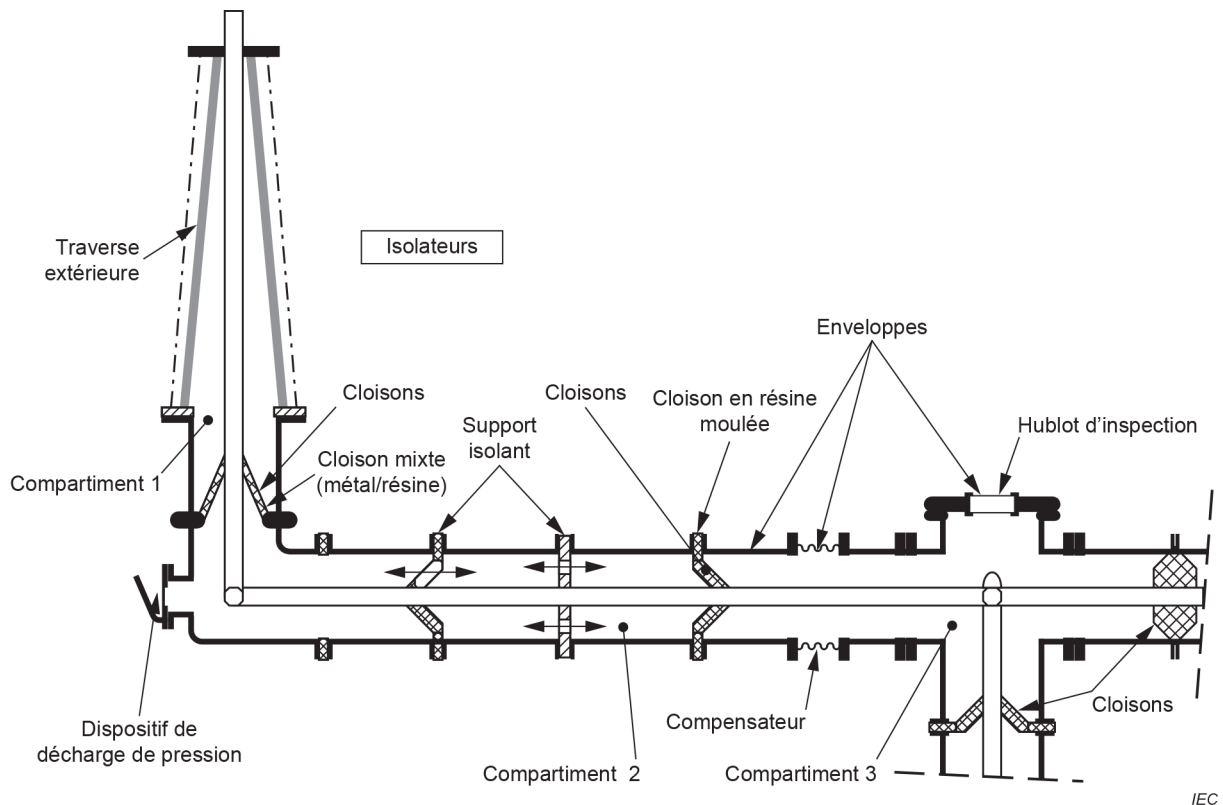


Figure 2 – Exemple de disposition des enveloppes et des compartiments de gaz

6.106 Limitation de pression

6.106.1 Généralités

Le dispositif limiteur de pression recouvre à la fois des limiteurs de pression caractérisés par une pression d'ouverture et une pression de fermeture, et des dispositifs limiteurs de pression sans refermeture, tels que les diaphragmes et les disques de rupture. Les dispositifs limiteurs de pression conformes aux dispositions du présent paragraphe doivent être placés de façon à réduire le plus possible le danger pour un opérateur pendant ses tâches normales d'exploitation dans le poste à isolation gazeuse, dans le cas où des gaz ou vapeurs s'échappent sous pression.

6.106.2 Dispositif limiteur de pression sans refermeture

Étant donné que les enveloppes endommagées sont remplacées après la formation d'un arc due à un défaut interne, les dispositifs limiteurs de pression sans refermeture ne doivent être dimensionnés que pour limiter les effets externes de l'arc (voir 6.103.2).

6.106.3 Limiteur de pression

Pour le remplissage d'un compartiment de gaz, un limiteur de pression doit être monté sur le tuyau de remplissage afin d'empêcher que la pression de gaz ne dépasse de plus de 10 % la pression de calcul de l'enveloppe durant le remplissage.

Après une ouverture, un limiteur de pression doit se refermer avant que la pression ne soit descendue à 75 % de la pression de calcul.

Il convient de corriger la pression de remplissage p_{re} pour tenir compte de la température du gaz et de la température ambiante au moment du remplissage.

6.106.4 Limitation de l'augmentation de la pression en cas de défaut interne

Les dispositifs limiteurs de pression protègent contre les surpressions lors d'un défaut interne. Pour des raisons de sécurité, et aussi pour limiter les conséquences d'un défaut interne sur le PSEM, il est recommandé d'équiper chaque compartiment d'un dispositif limiteur de pression sans refermeture, sauf dans le cas des compartiments à large volume dans lesquels les surpressions sont limitées à des valeurs qui ne dépassent pas la pression d'essai de type. Pour la méthode de calcul, voir l'Annexe D.

Le dispositif limiteur de pression doit être équipé d'un déflecteur de manière à contrôler la direction des émissions afin d'assurer la sécurité d'un opérateur qui travaille en des endroits accessibles durant l'exploitation normale. Une marge suffisante est nécessaire entre la pression de fonctionnement du dispositif limiteur de pression et la pression de calcul afin d'éviter tout fonctionnement du dispositif limiteur dans des conditions normales d'exploitation. De plus, la pression transitoire qui apparaît lors d'une manœuvre (le cas échéant, par exemple, disjoncteur) doit être prise en compte pour la détermination de la pression de fonctionnement du dispositif limiteur de pression.

NOTE Dans le cas d'un défaut interne qui entraîne une déformation plastique de l'enveloppe, l'absence de déformation sur les enveloppes des compartiments adjacents peut être vérifiée.

6.107 Bruit

Lors d'une manœuvre, il convient que le niveau de bruit émis par l'appareillage ne dépasse pas une valeur spécifiée définie par l'utilisateur. Il convient que le fabricant et l'utilisateur conviennent de la procédure de vérification (voir l'IEC 61672-1 [9] et l'IEC 61672-2 [10]).

6.108 Interfaces

6.108.1 Généralités

Afin de faciliter les essais sur le PSEM, des liaisons d'isolation ou amovibles peuvent être incluses dans la conception de chacun des matériels individuels décrits ci-dessous. L'utilisation de ce type de dispositif de séparation est préférable au démontage. Pour les traversées aériennes, la connexion haute tension peut être retirée, de préférence du côté extérieur.

Une liaison d'isolation doit être conçue pour supporter les tensions d'essai sur la distance d'isolement selon le Tableau 2 et le Tableau 3.

Une liaison amovible doit être conçue pour supporter les tensions d'essai phase-terre selon le Tableau 2 et le Tableau 3.

Les liaisons d'isolation ou amovibles doivent être conçues pour supporter les tensions d'essai des matériels individuels mentionnés ci-dessous.

Ces interfaces reliées au PSEM doivent pouvoir supporter la pression maximale en service du PSEM. Généralement, ces pressions maximales en service atteignent jusqu'à 1,1 MPa (valeur absolue) pour le SF₆ et jusqu'à 1,5 MPa (valeur absolue) pour les autres gaz et mélanges de gaz.

6.108.2 Raccordements de câbles

6.108.2.1 Généralités

Voir l'IEC 62271-209.

Les parties du PSEM qui restent reliées au câble doivent être capables de supporter les tensions d'essai des câbles spécifiées dans les normes de câbles correspondantes pour la même tension assignée d'équipement.

NOTE Les parties qui ne sont pas capables de supporter les tensions d'essai des câbles peuvent être équipées de liaisons amovibles ou de liaisons d'isolation.

En général, pendant les essais diélectriques sur des câbles, il convient que les parties adjacentes du PSEM soient mises hors tension et à la terre, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que les décharges disruptives qui surviennent dans le câble ne se répercutent sur les parties sous tension du PSEM.

Il convient que l'emplacement des traversées pour l'essai des câbles soit prévu sur l'enveloppe de raccordement de câble ou sur le PSEM lui-même (voir l'IEC 62271-209) ou (pour réduire les pertes par manipulation du gaz) à l'autre extrémité du câble.

6.108.2.2 Câbles à isolation extrudée

Conformément à l'IEC 60840 et l'IEC 62067, les essais électriques après l'installation sont, dans ce cas, des essais de tension en courant alternatif. La partie du PSEM à proximité de l'extrémité de câble peut être soumise à la tension d'essai en courant alternatif du câble.

6.108.2.3 Câble à huile fluide

Conformément à l'IEC 60141-1, les essais électriques après l'installation sont, dans ce cas, des essais de tension en courant continu. S'il n'est pas acceptable d'appliquer les tensions d'essai en courant continu de câble au PSEM, des dispositions particulières doivent être prises pour soumettre les câbles aux essais (par exemple, dispositifs de déconnexion et/ou accroissement de la densité du gaz pour l'isolement).

6.108.3 Connexions directes des transformateurs

Voir l'IEC 62271-211.

Afin de faciliter les essais des transformateurs, un sectionneur de terre, qui peut être isolé de l'enveloppe du PSEM et de la terre, peut être intégré dans la conception de la traversée ou du PSEM.

NOTE Toute ouverture du PSEM pour les essais des transformateurs peut alors être évitée, et peut réduire les pertes par manipulation du gaz et la durée d'indisponibilité des équipements.

6.108.4 Traversées

Voir l'IEC 60137:2017, l'IEC TS 60815-1 [5], l'IEC TS 60815-2 [6], l'IEC TS 60815-3 [7], l'IEC 61462 [8] et l'IEC 62155 [11].

6.108.5 Interfaces pour des extensions futures

Lorsqu'une extension est planifiée, il convient que les emplacements des futures extensions possibles soient pris en considération et mentionnés par l'utilisateur dans la spécification technique.

Dans le cas d'une extension ultérieure avec un autre produit PSEM, et si cela est demandé par l'utilisateur, le fabricant doit fournir des informations suffisantes, de préférence sous forme de dessins, afin de permettre la conception d'une interface de ce type à un stade ultérieur. Le fabricant et l'utilisateur doivent convenir de la procédure qui permet d'assurer la confidentialité des informations détaillées de conception. Voir l'IEEE C37.122.6 [20].

Il convient que l'interface se limite uniquement aux barres omnibus et non à des raccordements directs à des appareils "actifs" tels que les disjoncteurs ou sectionneurs. Lorsqu'une extension est planifiée, il est recommandé que l'interface comprenne les équipements nécessaires pour l'installation et les essais de l'extension limitent la partie du PSEM existant à soumettre à nouveau aux essais, et permettent la connexion au PSEM existant sans essais diélectriques additionnels (voir l'Article C.3). L'interface doit être conçue pour tenir les niveaux d'isolement assignés sur la distance d'isolement.

6.109 Interverrouillage

Il convient d'interverrouiller les sectionneurs avec le disjoncteur associé afin d'éviter l'ouverture ou la fermeture du sectionneur, sauf si le disjoncteur associé est ouvert. Cependant, la manœuvre de transferts de barres en charge doit demeurer possible pour les postes à plusieurs barres omnibus.

Il convient que les sectionneurs de terre qui présentent un pouvoir de fermeture en court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assignée du circuit soient interverrouillés avec le disjoncteur associé et/ou aux sectionneurs pour éviter l'ouverture ou la fermeture du sectionneur de terre, sauf en cas d'ouverture du disjoncteur et/ou du sectionneur associé. Un interverrouillage similaire peut être appliqué pour les sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture.

7 Essais de type

7.1 Généralités

Le paragraphe 7.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Pour les essais de type, un gaz SF₆ et ses mélanges de qualité technique conformes à l'IEC 60376 ou un gaz SF₆ usagé et ses mélanges conformes à l'IEC 60480 peuvent être utilisés.

Si le PSEM est conçu pour utiliser d'autres gaz que SF₆, la qualité technique et les caractéristiques nécessaires du gaz/ mélange de gaz utilisés pour les essais de type doivent être définies et documentées par le fabricant du PSEM et indiquées dans les rapports d'essai de type.

NOTE Un groupe de travail du CE 10 de l'IEC se consacre actuellement à la normalisation de la qualité technique des mélanges de gaz sans SF₆ (IEC 63359 et IEC 63360).

En ce qui concerne la manipulation du gaz, l'IEC 62271-4 doit être prise en compte.

7.1.1 Principes fondamentaux

Le paragraphe 7.1.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

En règle générale, il convient d'effectuer les essais sur les matériels individuels du PSEM suivant leurs normes correspondantes, sauf lorsqu'une condition d'essai ou spécification d'essai particulière est définie dans le présent document. Dans de tels cas, les conditions indiquées dans le présent document doivent être prises en compte.

Les essais de type doivent être effectués sur une unité fonctionnelle complète à moins que des exigences d'essai spécifiques ne soient définies. Lorsque cela n'est pas réalisable, les essais de type peuvent être réalisés sur des ensembles ou sous-ensembles représentatifs.

Il n'est pas possible de soumettre toutes les dispositions prévues du PSEM à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles des matériels individuels. Les performances d'une disposition donnée peuvent être déduites des résultats d'essai obtenus sur des ensembles ou sous-ensembles représentatifs. L'utilisateur et le fabricant doivent vérifier que les sous-ensembles soumis aux essais sont bien représentatifs des dispositions de l'utilisateur.

La liste des essais de type et des vérifications est donnée dans le Tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 – Essais de type

Essais de type obligatoires	
	Paragraphe
a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement et essais diélectriques des circuits auxiliaires	7.2
b) Essais de vérification du niveau de tension de perturbation radioélectrique (le cas échéant)	7.3
c) Essais de vérification du courant permanent de toute partie de l'équipement et mesurage de la résistance du circuit principal	7.4 et 7.5
d) Essais de vérification de la valeur de crête du courant admissible assignée et du courant de courte durée admissible assigné	7.6
e) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de commutation contenus dans l'équipement	7.101
f) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de commutation contenus dans l'équipement	7.102.1
g) Essais de vérification de la résistance des enveloppes	7.103
h) Vérification du degré de protection de l'enveloppe	7.7
i) Essais d'étanchéité au gaz	7.8
j) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	7.9
k) Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	7.10
l) Essais sur les cloisons	7.104
m) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant aux températures limites	7.102.2
n) Essais de vérification des performances des isolateurs soumis aux cycles thermiques et aux essais d'étanchéité au gaz	7.106
o) Essai de corrosion sur les connexions de terre (le cas échéant)	7.107
p) Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide (le cas échéant)	7.11
Essais de type, lorsque demandés par l'utilisateur	
	Paragraphe
q) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne	7.105
r) Essais de corrosion sur les systèmes d'étanchéité des enveloppes et des équipements auxiliaires (le cas échéant)	7.108

7.1.2 Informations pour l'identification des objets d'essai

Le paragraphe 7.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type

Le paragraphe 7.1.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2 Essais diélectriques

7.2.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Les essais diélectriques effectués en tant qu'essais de type doivent être suivis d'un mesurage de décharge partielle selon la procédure d'essai décrite en 7.2.10.

7.2.2 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 7.2.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Aucun facteur de correction atmosphérique ne doit être appliqué pour les essais diélectriques sur le PSEM.

7.2.3 Modalités des essais sous pluie

Le paragraphe 7.2.3 de l'IEC 62271-1:2017 n'est pas applicable, mais il faut noter les points suivants:

- l'essai sous pluie est applicable uniquement pour les traversées d'extérieur;
- la tension d'essai et la procédure d'essai doivent être celles spécifiées dans l'IEC 60137:2017.

7.2.4 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 7.2.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.5 Conditions de réussite des essais

Le paragraphe 7.2.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Lorsque des décharges disruptives surviennent au cours de la série d'essais de type, il est recommandé de mettre en œuvre tous les moyens possibles (y compris l'ouverture du compartiment), qui permettent de localiser l'amorçage et d'analyser la cause de celui-ci.

7.2.6 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

7.2.6.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.6.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les tensions d'essai sont spécifiées en 7.2.7 et 7.2.8.

Lorsque chaque phase individuelle se situe dans une enveloppe métallique (conception monophasée), seuls des essais à la terre, et non entre phases, doivent être effectués. Les traversées utilisées pour les connexions externes doivent être soumises à l'essai selon leurs normes correspondantes.

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être court-circuités et mis à la terre pour les essais diélectriques.

L'attention doit être attirée sur la possibilité que les appareils de commutation puissent être dans une position moins favorable en position d'ouverture. Dans ces conditions, l'essai doit être répété en position d'ouverture. Si, en position d'ouverture d'un sectionneur, un écran métallique mis à la terre est interposé entre les contacts ouverts, cet intervalle entre contacts ne constitue pas une distance d'isolement.

Lorsque des transformateurs de tension et/ou des parafoudres qui font partie intégrante du PSEM possèdent un niveau d'isolement réduit, ils peuvent être remplacés pendant les essais diélectriques par des maquettes qui reproduisent la configuration de champ des connexions haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés pendant les essais. Lorsque cette procédure est adoptée, les transformateurs de tension et/ou les parafoudres doivent être soumis à l'essai séparément, conformément aux normes correspondantes.

Des exigences particulières sont décrites en détail à l'Annexe A.

7.2.6.2 Cas général

Le paragraphe 7.2.6.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.6.3 Cas particuliers

Le paragraphe 7.2.6.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Lorsque la tension d'essai entre contacts ou sur la distance d'isolement de l'appareil de commutation ouvert est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, mais égale à la tension de tenue entre phases, la tension d'essai doit être appliquée selon 7.2.6.3 de l'IEC 62271-1:2017.

Pour l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV, l'essai sur la distance d'isolement peut être réalisé par application de la tension d'essai sur un côté de la distance d'isolement, avec l'autre côté mis à la terre ou selon 7.2.6.3 de l'IEC 62271-1:2017.

Lorsque la tension de tenue entre phases est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, la tension d'essai doit être appliquée selon l'Annexe A.

7.2.7 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

7.2.7.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.7.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Les tensions de tenue assignées doivent être celles spécifiées dans le Tableau 2.

7.2.7.2 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 7.2.7.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Les circuits principaux du PSEM doivent être soumis à des essais de tension à fréquence industrielle dans des conditions à sec seulement.

7.2.7.3 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 7.2.7.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Si la méthode alternative décrite au 7.2.6.3 de l'IEC 62271-1:2017 est utilisée, la tension d'essai à employer est celle spécifiée à la colonne (5) du Tableau 2.

7.2.8 Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV

7.2.8.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.8.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Les tensions de tenue assignées doivent être celles spécifiées dans le Tableau 3.

7.2.8.2 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 7.2.8.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.8.3 Essais à la tension de choc de manœuvre

Le paragraphe 7.2.8.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les circuits principaux du PSEM doivent être soumis à des essais à la tension de choc de manœuvre à sec seulement.

Des exigences d'essai particulières doivent être utilisées pour les essais de commutation entre phases, pour une conception triphasée. Elles sont définies en détail à l'Annexe A.

7.2.8.4 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 7.2.8.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.9 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 7.2.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Cet essai n'est applicable qu'aux traversées.

7.2.10 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 7.2.10 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

7.2.10.1 Généralités

Les essais de décharges partielles doivent être réalisés et les mesurages effectués conformément à l'IEC 60270.

L'essai peut être effectué sur les ensembles ou les sous-ensembles de l'équipement utilisés pour tous les essais de type diélectriques.

NOTE Les essais de tension à fréquence industrielle et les essais de décharges partielles peuvent être réalisés simultanément.

7.2.10.2 Procédure d'essai

La tension à fréquence industrielle appliquée est élevée jusqu'à une valeur de précontrainte égale à l'essai de tension de tenue à fréquence industrielle et y est maintenue pendant 1 min. Les décharges partielles qui surviennent pendant cette période ne doivent pas être prises en considération. La tension est ensuite diminuée jusqu'à une valeur spécifique définie dans le Tableau 6, en fonction de la configuration de l'équipement et du neutre du réseau.

La tension d'extinction doit être enregistrée.

Tableau 6 – Tension d'essai pour le mesurage de l'intensité des décharges partielles

	Réseau à neutre directement mis à la terre		Réseau à neutre non directement mis à la terre	
	Tension de précontrainte $U_{\text{précontrainte}}$ (1 min)	Tension d'essai pour mesurage des décharges partielles $U_{\text{dp-essai}}$ (>1 min)	Tension de précontrainte $U_{\text{précontrainte}}$ (1 min)	Tension d'essai pour mesurage des décharges partielles $U_{\text{dp-essai}}$ (>1 min)
Conception d'enveloppe monophasée (tension phase-terre)	$U_{\text{précontrainte}} = U_d$	$U_{\text{dp-essai}} = 1,2 U_r / \sqrt{3}$	$U_{\text{précontrainte}} = U_d$	$U_{\text{dp-essai}} = 1,2 U_r$
Conception d'enveloppes triphasée	$U_{\text{précontrainte}} = U_d$	$U_{\text{dp-essai, ph-ter}} = 1,2 U_r / \sqrt{3}$ $U_{\text{dp-essai, ph-ph}} = 1,2 U_r$	$U_{\text{précontrainte}} = U_d$	$U_{\text{dp-essai, ph-ter}} = 1,2 U_r$
U_r : tension assignée de l'équipement. U_d : tension d'essai de tenue à fréquence industrielle définie dans le Tableau 2 et le Tableau 3. $U_{\text{précontrainte}}$: tension de précontrainte. $U_{\text{dp-essai}}$: tension d'essai pour mesurage des décharges partielles. $U_{\text{dp-essai, ph-ter}}$: tension d'essai entre phase et terre pour le mesurage des décharges partielles. $U_{\text{dp-essai, ph-ph}}$: tension d'essai entre phases pour le mesurage des décharges partielles.				

De plus, tous les matériels individuels doivent être soumis aux essais conformément à leurs normes correspondantes.

7.2.10.3 Intensité maximale admissible des décharges partielles

L'intensité maximale admissible des décharges partielles ne doit pas dépasser 5 pC à la tension d'essai spécifiée dans le Tableau 6.

Les valeurs définies ci-dessus s'appliquent aux matériels individuels et aux sous-ensembles dont ils font partie. Cependant, certains équipements tels que les transformateurs de tension à isolation solide, immergée ou liquide, selon leurs normes correspondantes, présentent un niveau acceptable de décharges partielles supérieur à 5 pC. Tout sous-ensemble qui comporte des matériels individuels avec une intensité admissible de décharges partielles supérieure à 5 pC doit être considéré comme acceptable si le niveau de décharge ne dépasse pas 10 pC. Les matériels individuels pour lesquels des niveaux supérieurs sont acceptés doivent être soumis à l'essai individuellement et ne font partie du sous-ensemble pendant l'essai.

7.2.11 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.12 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 7.2.12 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

La tension d'essai doit être égale à 80 % des valeurs du Tableau 2 et du Tableau 3, colonne (2) et colonne (3).

Dans le cas de conceptions fermées triphasées, cet essai doit être réalisé entre les contacts d'appareils de commutation ouverts, sur la distance d'isolement, phase-terre et entre phases.

7.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 7.3 et 7.9.1 de l'IEC 62271-1:2017 sont applicables avec le complément suivant:

Cet essai n'est applicable qu'aux traversées.

7.4 Mesurage de la résistance

7.4.1 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classes 1 et 2

Le paragraphe 7.4.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.4.2 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classe 3

Le paragraphe 7.4.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.4.3 Essai de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre

Le paragraphe 7.4.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.4.4 Mesurage de la résistance des contacts et des connexions dans le circuit principal sous forme de vérification d'état

7.4.4.1 Procédure d'essai de mesure de la résistance

Le paragraphe 7.4.4.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Le courant utilisé pour le mesurage doit être supérieur ou égal à 100 A en courant continu afin d'obtenir une précision de mesure acceptable.

Si des fonctionnements à vide ne peuvent être réalisés, trois mesurages doivent alors être réalisés sans fonctionnement à vide des appareils de commutation.

NOTE Il est reconnu que pour certains essais, il n'est pas pratique (si une manipulation du gaz est exigée entre les mesurages, par exemple) ni possible (pendant un essai au courant permanent, par exemple, compte tenu de la présence de capteurs de température dans le système de contact) de procéder à des fonctionnements à vide entre chacun des trois mesurages de la résistance.

7.4.4.2 Essais d'établissement et de coupure

Le paragraphe 7.4.4.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.4.4.3 Autres essais

Le paragraphe 7.4.4.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5 Essais au courant permanent

7.5.1 État de l'objet d'essai

Le paragraphe 7.5.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 7.5.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Le PSEM avec enveloppes triphasées doit être soumis à l'essai en triphasé.

Un PSEM avec enveloppes monophasées doit être soumis à l'essai en monophasé, le courant d'essai passant par le conducteur principal et revenant par l'enveloppe.

Pour l'essai de sous-ensembles individuels, il convient que les sous-ensembles voisins soient parcourus par des courants qui dissipent les puissances prévues pour les conditions de fonctionnement. Il est admis de simuler des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique, lorsque l'essai ne peut pas être réalisé dans les conditions réelles.

7.5.3 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

7.5.3.1 Essai sur le circuit principal

Le paragraphe 7.5.3.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5.3.2 Essai des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.5.3.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5.4 Mesurage de la température pendant l'essai

Le paragraphe 7.5.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5.5 Résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.5.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.5.6 Conditions de réussite des essais

Le 7.5.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les isolateurs pour PSEM sont des systèmes d'isolation électrique (EIS – *electrical insulation system*) conformément à l'IEC 60085:2007. Les températures limites supérieures définies dans l'IEC 62271-1 doivent donc être applicables pour l'EIS et pas pour le matériau d'isolation électrique (EIM – *electrical insulation material*).

Pour une application à l'extérieur, le fabricant doit démontrer que l'échauffement des équipements ne dépasse pas la limite acceptable dans les conditions de service choisies à l'Article 4.

NOTE 1 L'effet du rayonnement solaire peut être pris en compte. Voir l'IEEE C37.24 [21].

L'échauffement des matériels individuels contenus dans le PSEM et qui font l'objet de normes qui ne relèvent pas du domaine d'application de l'IEC 62271-1:2017 ne doit pas dépasser les limites d'échauffement admises par la norme applicable à ces matériels.

NOTE 2 Dans le cas d'un échauffement égal ou supérieur à 65 K des parties de l'enveloppe non accessibles à l'opérateur, des précautions peuvent être prises afin de vérifier qu'aucun dommage n'est causé aux matériaux isolants voisins.

7.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

7.6.1 Généralités

Le paragraphe 7.6.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.6.2 Disposition de l'appareil et du circuit d'essai

Le paragraphe 7.6.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Le PSEM avec enveloppes triphasées doit être soumis à l'essai en triphasé. Le PSEM avec des enveloppes monophasées doit être soumis à l'essai dans un circuit monophasé avec le plein courant de retour dans l'enveloppe.

Les essais doivent être réalisés sur un ensemble représentatif dont il convient qu'il inclue tous les types de connexions boulonnées, soudées, embrochables ou tout raccordement, afin de vérifier l'intégrité des matériels individuels du PSEM tels qu'assemblés. Les ensembles soumis aux essais doivent comprendre tous les types de matériel individuel et de sous-ensembles de la conception. Les essais doivent être réalisés avec les configurations qui reproduisent les conditions les plus sévères.

7.6.3 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 7.6.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.6.4 État de l'objet d'essai après l'essai

Le paragraphe 7.6.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.6.101 Essais des circuits principaux

Après les essais, le mesurage de la résistance ne doit pas augmenter de plus de 20 % par rapport au mesurage de la résistance réalisé avant l'essai. Les matériels individuels et les conducteurs à l'intérieur de l'enveloppe ne doivent présenter aucune déformation ni détérioration qui peuvent compromettre le fonctionnement prévu.

Les connexions courtes aux transformateurs de tension doivent être considérées comme partie intégrante du circuit principal, à l'exception des parties incluses dans le compartiment du transformateur de tension.

7.6.102 Essais des circuits de mise à la terre

Le fabricant doit démontrer, par des essais ou des calculs, la tenue au courant de courte durée assigné et à la valeur de crête du courant admissible assignée des circuits de mise à la terre du réseau.

Lorsque des essais de vérification sont exigés par l'utilisateur, les circuits de mise à la terre du PSEM assemblés en usine, et qui comprennent les conducteurs de terre, les connexions de terre et les dispositifs de mise à la terre, doivent être soumis à l'essai tels qu'ils sont installés dans le PSEM, avec tous les matériels individuels associés qui peuvent influencer sur les performances ou modifier le courant de court-circuit.

Après l'essai, les matériels individuels ou les conducteurs à l'intérieur de l'enveloppe ne doivent présenter aucune déformation ni détérioration qui peuvent compromettre le fonctionnement prévu du circuit principal. Des déformations et détériorations du conducteur de terre, des connexions de terre ou des dispositifs de mise à la terre sont acceptables, mais la continuité du circuit de mise à la terre doit être maintenue.

7.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 7.7 de l'IEC 62271-1 est applicable.

7.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 7.7.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

La vérification de la codification IP n'est pas applicable aux enveloppes sous pression du PSEM.

Si la lettre W est par ailleurs spécifiée, il doit être vérifié par inspection que la conception ne comporte aucun point de rétention potentielle de l'eau en quantité importante (afin de réduire le plus possible la corrosion).

7.7.2 Vérification de la codification IK

Le paragraphe 7.7.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

La vérification du codage IK n'est pas applicable aux enveloppes sous pression du PSEM.

7.8 Essais d'étanchéité

7.8.1 Généralités

Le paragraphe 7.8.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

L'étanchéité au gaz doit être mesurée dans le cadre d'un essai de type afin de démontrer que le taux de fuite relatif est conforme à 6.16.101. L'essai d'étanchéité doit être réalisé à la pression de remplissage p_{re} .

L'essai de type doit être réalisé avec des composants représentatifs des compartiments PSEM composés d'éléments d'étanchéité et d'accessoires (coupleurs de remplissage de gaz, dispositifs de surveillance et de contrôle du gaz, disques de rupture, dispositifs de surveillance UHF, hublots, etc.)

Pour les appareils de commutation et les isolateurs, l'étanchéité au gaz doit être mesurée en même temps que les essais du 7.102 et du 7.106.

7.8.2 Systèmes à pression entretenue de gaz

Le paragraphe 7.8.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.8.3 Systèmes à pression autonome de gaz

Le paragraphe 7.8.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

L'étanchéité au gaz doit être mesurée par une méthode par accumulation (Q_m décrite dans l'IEC 60068-2-17, méthode d'essai 1).

7.8.4 Systèmes à pression scellés

Le paragraphe 7.8.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.8.5 Essais d'étanchéité aux liquides

Le paragraphe 7.8.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 7.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.10 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.11 Essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 7.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

Afin de vérifier leurs pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, les appareils de commutation qui font partie du circuit principal du PSEM doivent être soumis à l'essai selon les normes correspondantes et dans les conditions correctes d'installation et d'emploi, c'est-à-dire selon leur disposition normale dans l'appareillage, avec tous les matériels individuels associés dont la disposition peut influencer sur leurs performances, tels que les connexions, les supports, etc.

NOTE Pour déterminer les matériels individuels associés susceptibles d'influer sur les performances, une attention particulière peut être apportée aux efforts mécaniques dus au court-circuit, à la possibilité de décharges disruptives, etc. Il est reconnu que l'influence de ces facteurs peut être tout à fait négligeable dans certains cas.

7.102 Essais mécaniques et climatiques

7.102.1 Généralités

Les appareils de commutation du PSEM doivent être soumis aux essais d'endurance mécanique et climatique conformément à leurs normes correspondantes et doivent être soumis aux essais dans un ensemble représentatif de tous les matériels individuels associés, qui peuvent influencer sur les performances, y compris les équipements auxiliaires. Tous les équipements doivent supporter les contraintes dues au fonctionnement des appareils de commutation.

7.102.2 Essais de fonctionnement mécanique à la température ambiante

L'étanchéité au gaz doit être mesurée selon 7.8 avant et après les essais de fonctionnement mécanique pour démontrer que le taux de fuite n'a pas varié sous l'influence des essais mécaniques de type.

Tous les appareils de commutation équipés d'interverrouillages doivent être soumis à 5 cycles de manœuvres afin de vérifier le fonctionnement des verrouillages associés. Avant chaque manœuvre, les interverrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de commutation et une tentative doit alors être faite pour manœuvrer chacun des appareils de commutation. Pendant ces essais, seules les forces de manœuvre normales doivent être appliquées et les appareils de commutation ou les interverrouillages ne doivent faire l'objet d'aucun réglage.

7.102.3 Essais à basse et haute température

Les essais de fonctionnement aux températures minimale et maximale doivent être réalisés conformément aux normes d'appareils applicables.

7.103 Épreuves des enveloppes

7.103.1 Généralités

Des épreuves sont réalisées quand la résistance de l'enveloppe ou de parties de celle-ci n'est pas calculée. Ces épreuves sont effectuées sur les enveloppes seules avant d'ajouter les parties internes, et les conditions d'essai reproduisent les contraintes dues à la pression de calcul.

Les épreuves peuvent prendre la forme soit d'un essai de pression destructif, soit d'un essai de pression non destructif, suivant le matériau utilisé. Pour plus d'informations, voir l'EN 50052 [15], l'EN 50064 [16], l'EN 50068 [17], l'EN 50069 [18].

7.103.2 Procédure d'essai en salves

L'augmentation de la pression ne doit pas être supérieure à 400 kPa/min.

Les exigences d'essai de pression doivent être au moins les suivantes:

- Enveloppes en aluminium moulé et en alliage d'aluminium
 - pression d'essai de type = $[3,5 / 0,7] \times$ pression de calcul

NOTE Le coefficient de 0,7 a été prévu pour tenir compte des dispersions possibles des pièces de fonderie. La valeur de ce coefficient peut être portée à 1,0 si des essais spéciaux sur les matériaux peuvent le justifier.

- Enveloppes en aluminium soudé et enveloppes en acier soudé
 - pression d'essai de type = $[(2,3 / \nu) \times (\sigma_t / \sigma_a)] \times$ pression de calcul

où

ν est le coefficient de soudure (1 pour inspection par ultrasons ou par radiographie de 10 % de la longueur de toutes les soudures et 0,75 pour inspection visuelle);

σ_t est la contrainte de calcul admissible à la température d'essai;

σ_a est la contrainte de calcul admissible à la température de calcul.

Ces coefficients sont fixés par rapport aux propriétés minimales certifiées des matériaux utilisés.

D'autres coefficients peuvent être utilisés compte tenu des méthodes de construction.

Toute enveloppe demeurée intacte après avoir été soumise à ces pressions ne doit pas être utilisée pour une exploitation normale.

7.103.3 Essai de mesure des déformations

Dans le cas d'un essai de pression non destructif qui utilise une technique d'indication des déformations, la procédure suivante doit être appliquée:

Avant l'essai, des extensomètres qui permettent d'indiquer des déformations de 5×10^{-5} mm/mm doivent être fixés à la surface de l'enveloppe. Le nombre d'extensomètres, leur position et leur direction doivent être choisis de façon que les déformations et les contraintes principales puissent être mesurées à tous les points importants pour l'intégrité de l'enveloppe.

La pression hydrostatique doit être augmentée progressivement, par paliers d'environ 10 %, jusqu'à la pression d'essai individuel de série qui correspond à la pression de calcul prévue (voir 8.101) ou jusqu'à la déformation plastique notable d'une partie quelconque de l'enveloppe.

Lorsque l'un ou l'autre de ces points est atteint, la pression ne doit plus être augmentée.

Les relevés des déformations doivent être effectués pendant la montée en pression et de nouveau pendant la descente de pression.

L'indication d'une déformation permanente localisée peut être négligée sous réserve qu'il n'y ait aucun signe de déformation générale de l'enveloppe.

Si la courbe des déformations en fonction de la pression n'est pas linéaire, la pression peut être de nouveau appliquée cinq fois au plus jusqu'à ce que les courbes de montée et de descente de pression qui correspondent à deux cycles successifs coïncident de façon substantielle. Si cette coïncidence n'est pas obtenue, la pression de calcul et la pression d'essai doivent être déterminées à partir de la plage de pressions qui correspond à la partie linéaire de la courbe obtenue pendant la dernière descente de pression.

Si la pression d'essai individuel de série est atteinte dans la partie linéaire des déformations en fonction de la pression, la pression de calcul prévue doit être considérée comme confirmée.

Si la pression d'essai final ou la plage de pressions qui correspond à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression (voir ci-dessus) est inférieure à la pression d'essai individuel de série, la pression de calcul doit être déterminée sur la base de l'équation suivante:

$$p = \frac{1}{1,1 k} \left(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right)$$

où

p est la pression de calcul;

p_y est la pression à laquelle est apparue une déformation plastique notable, ou la plage de pressions qui correspond à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression pour la partie de l'enveloppe la plus déformée au cours de la dernière descente de pression (voir ci-dessus);

k est le facteur de pression d'essai individuel de série (voir 8.101);

σ_t est la contrainte de calcul admissible à la température d'essai;

σ_a est la contrainte de calcul admissible à la température de calcul.

7.104 Essai de pression des cloisons

Cet essai a pour but de démontrer la marge de sécurité des cloisons soumises à une pression dans des conditions de service. Pour plus d'informations, voir l'EN 50089 [19].

Les cloisons doivent être installées comme pour une opération de maintenance. La pression doit être augmentée à une vitesse d'accroissement qui ne dépasse pas 400 kPa/min.

La pression d'essai de type doit être égale à trois fois la pression de calcul.

7.105 Essai dans des conditions d'arc dû à un défaut interne

La démonstration de conformité des performances définies en 6.103.2 doit être effectuée par le fabricant lorsque l'utilisateur l'exige.

La démonstration peut consister en un essai ou en des calculs fondés sur des résultats d'essai obtenus avec une disposition similaire ou par une combinaison des deux.

Lorsqu'un essai est exigé, la procédure doit être conforme aux méthodes décrites à l'Annexe B.

NOTE Des informations relatives à l'expérience d'essais d'arc interne et aux principes de calcul sont données dans la brochure technique 602 du CIGRE [24], CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03 [28] et RGE: 04/82 [29].

Il convient que le courant de court-circuit appliqué pendant l'arc corresponde au courant de courte durée admissible assigné, ou, dans certaines applications d'appareillage dans des réseaux à neutre isolé, il peut être le courant de défaut à la terre qui apparaît dans ce type de réseau.

Deux évaluations sont réalisées. La première concerne les performances de l'équipement pendant le fonctionnement de la protection de premier stade (principale), la seconde concerne le cas dans lequel le défaut est éliminé par le fonctionnement de la protection de second stade (de secours).

Pour vérifier ces deux évaluations, la durée de l'essai doit être au moins égale au temps de retard de fonctionnement du second stade de protection. Le réglage maximal pour le fonctionnement du second stade est défini dans le Tableau 4. Une durée d'essai plus courte peut être utilisée, si elle n'est pas inférieure à la durée de fonctionnement de la protection de second stade définie par l'utilisateur.

L'appareillage doit être réputé adéquat si les critères de performance définis en 6.103 et dans le Tableau 4 sont satisfaits.

7.106 Essais sur les isolateurs

7.106.1 Généralités

Les essais sur les isolateurs (cloisons et isolateurs supports) doivent être réalisés comme suit:

7.106.2 Performances thermiques

Les performances thermiques de chaque conception d'isolateurs doivent être vérifiées par soumission de cinq isolateurs à dix cycles thermiques chacun. Il convient de choisir les valeurs de température selon le Tableau 1.

Le cycle thermique doit être le suivant:

- a) 4 h à la température de l'air ambiant minimale (par exemple, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- b) 2 h à la température ambiante;
- c) 4 h à la limite de température selon le Tableau 14, ligne 7, de l'IEC 62271-1:2017 (par exemple, $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- d) 2 h à la température ambiante.

NOTE Les isolateurs pour PSEM sont des systèmes d'isolation électrique (EIS) conformément à l'IEC 60085:2007. Les températures limites supérieures définies dans l'IEC 62271-1 sont par conséquent applicables pour l'EIS et pas pour le matériau d'isolation électrique (EIM).

Les durées des cycles thermiques indiquées sont des durées minimales et doivent être augmentées dans le cas où l'équilibre des températures finales n'est pas atteint.

Après la séquence d'essais, tous les isolateurs doivent être soumis aux essais individuels de série 8.2, 8.6 et 8.104.

7.106.3 Essai d'étanchéité des cloisons

Un essai de tenue à une surpression doit être réalisé comme cela est décrit:

La pression de calcul de la cloison doit être appliquée sur un côté de la cloison tandis que le compartiment adjacent est sous vide afin de vérifier l'étanchéité de la cloison. En variante, la pression sur un côté de la cloison doit être la pression de calcul de la cloison plus 1 bar tandis que la pression du compartiment adjacent est de 1 bar. La pression dans les deux compartiments doit être mesurée pendant 24 h.

Des précautions doivent être prises pendant l'essai, car la pression d'essai sur la cloison est supérieure à la pression de calcul de la cloison.

À la fin de l'essai, aucun dommage ne doit être observé sur la cloison. Un essai d'étanchéité au gaz doit être effectué selon 7.8. Le taux de fuite relatif ne doit pas être supérieur à la valeur définie spécifiée en 6.16.

7.107 Essai de corrosion sur les connexions de terre

7.107.1 Généralités

Pour une application à l'extérieur ou à la demande de l'utilisateur, un essai de vérification de la corrosion doit être effectué selon les modalités du présent paragraphe.

Les sous-ensembles soumis à l'essai doivent être représentatifs d'une disposition de PSEM, y compris les dispositifs qui assurent la continuité électrique et la mise à la terre de l'enveloppe, les brides des enveloppes qui peuvent faire partie intégrante de l'installation de mise à la terre, les accessoires (dispositif de surveillance de la pression) et le système secondaire, comme cela est décrit au 15.7 de l'IEC TR 62271-306:2012 et de l'IEC TR 62271-306:2012/AMD1:2018 [12].

L'essai d'une connexion de terre représentative est considéré comme suffisant.

7.107.2 Procédure d'essai

Le sous-ensemble doit être soumis à un essai environnemental Ka (brouillard salin) conformément à l'IEC 60068-2-11. La durée de l'essai est de 168 h.

De plus, pour les surfaces peintes, la résistance aux atmosphères humides qui contiennent du dioxyde de soufre doit être vérifiée par essai conformément à l'ISO 22479.

NOTE Le groupe de travail B3.57 du Cigre se consacre à la gestion de la durée de vie du PSEM HT en extérieur [30].

Les recommandations de ce guide Cigre peuvent être prises en considération.

7.107.3 Conditions de réussite de l'essai

La résistance de la mise à la terre de l'enveloppe, mesurée selon 7.4.1, ne doit pas augmenter de plus de 20 % après cet essai.

Après l'essai, le démontage des ensembles ne doit pas être affecté. Il convient de noter le degré de corrosion, le cas échéant, dans le rapport d'essai. Dans le cas où les surfaces sont peintes, aucune trace de dégradation ne doit être observée.

7.108 Essais de corrosion sur les systèmes d'étanchéité des enveloppes et des équipements auxiliaires

7.108.1 Généralités

À la demande de l'utilisateur, un essai de vérification de la corrosion doit être effectué selon 7.108.

Les sous-ensembles soumis à l'essai doivent être représentatifs d'une disposition de PSEM, y compris les enveloppes, l'équipement auxiliaire (coupleurs de remplissage de gaz, hublots, dispositif de surveillance de la pression, dispositif limiteur de pression, capteur UHF, etc.) et les systèmes d'étanchéité (y compris l'étanchéité dynamique des appareils de commutation) comme cela est décrit au 15.7 de l'IEC TR 62271-306:2012 et de l'IEC TR 62271-306:2012/AMD1:2018 [12].

7.108.2 Procédure d'essai

Le sous-ensemble doit être soumis à un essai environnemental Ka (brouillard salin) conformément à l'IEC 60068-2-11. La durée de l'essai est de 168 h.

Après les essais de corrosion, un essai d'étanchéité au gaz conformément à 7.8 doit être effectué.

7.108.3 Conditions de réussite de l'essai

- Le taux de fuite relatif dans l'essai d'étanchéité au gaz ne doit pas être supérieur à la valeur définie indiquée en 6.16;
- Inspection visuelle des brides et des systèmes d'étanchéité. Toute corrosion observée doit être indiquée dans le rapport d'essai.
- Il convient de noter le degré de corrosion, le cas échéant, dans le rapport d'essai.

NOTE Le groupe de travail B3.57 du Cigre travaille sur la gestion de la durée de vie du PSEM HT en extérieur [30]. Les recommandations de ce guide Cigre peuvent être prises en considération.

8 Essais individuels de série

8.1 Généralités

Le paragraphe 8.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Pour les essais individuels de série, un gaz SF₆ et ses mélanges de qualité technique conformes à l'IEC 60376 ou un gaz SF₆ usagé et ses mélanges conformes à l'IEC 60480 peuvent être utilisés. Voir 6.2.

Si le PSEM est conçu pour utiliser d'autres gaz que SF₆, la qualité technique nécessaire et les caractéristiques du gaz/ mélange de gaz utilisé pour les essais individuels de série doivent être définies et documentées par le fabricant du PSEM et indiquées dans les rapports d'essais individuels de série.

Les essais individuels de série doivent être réalisés sur tous les matériels individuels d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse et son appareillage de commande. Selon la nature des essais, certains d'entre eux peuvent être réalisés sur les matériels individuels, sur les unités de transport ou sur l'installation complète.

Les essais individuels de série suivants doivent être effectués:	Paragraphe
a) Essai diélectrique du circuit principal	8.2
b) Essais des circuits auxiliaires et de commande	8.3
c) Mesurage de la résistance du circuit principal	8.4
d) Essai d'étanchéité	8.5
e) Contrôles visuels et de conception	8.6
f) Essais de pression des enveloppes	8.101
g) Essais de fonctionnement mécanique	8.102
h) Essais des circuits auxiliaires, de l'équipement et des interverrouillages du mécanisme d'entraînement	8.103
Essai de pression des cloisons	8.104

8.2 Essai diélectrique du circuit principal

Le paragraphe 8.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les essais doivent être réalisés à la pression de fonctionnement minimale pour l'isolement p_{me} .

8.2.101 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal

L'essai de tension à fréquence industrielle du PSEM doit être réalisé à la terre, entre phases (le cas échéant) et entre les contacts d'appareils de commutation ouverts, suivant les exigences du 7.2.6.1 ou du 7.2.7.1. L'essai de tension entre les contacts de l'appareil de commutation ouvert peut être effectué sur un côté de l'appareil de commutation. Les tensions de tenue des essais individuels de série doivent être celles spécifiées dans la colonne (2) du Tableau 2 et du Tableau 3.

8.2.102 Mesurage de décharges partielles

Les décharges partielles doivent être mesurées afin de déceler les défauts possibles du matériau et de la fabrication.

Les essais de décharge partielle doivent être réalisés selon 7.2.10.

Les décharges partielles doivent être mesurées avec les essais diélectriques et après les essais individuels de série de fonctionnement mécanique.

L'essai doit être effectué sur tous les matériels d'un appareillage. Il peut être réalisé sur l'appareillage complet, le cas échéant, sur des unités de transport ou sur des matériels individuels. Les matériels individuels qui ne contiennent pas d'isolation solide peuvent être exemptés de ces essais.

8.3 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 8.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

8.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 8.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Des mesurages globaux sont effectués en usine sur les unités de transport ou des sous-ensembles. Les mesurages globaux doivent être réalisés de manière qu'une comparaison puisse être faite avec les mesurages réalisés après l'installation sur le site, durant une opération de maintenance ou après une réparation.

8.5 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 8.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

L'essai d'étanchéité doit de préférence être réalisé à la pression de remplissage p_{re} , lorsque la méthode de détection est assurée par un dispositif de reniflage.

Le taux de fuite relatif maximal F_{rel} de chaque compartiment à température ambiante normalisée de 20 °C doit être de 0,5 % par an (quels que soient le type de gaz et la taille du compartiment de gaz).

NOTE La méthode d'essai courante applicable aux systèmes à remplissage de gaz soumis à l'essai en usine et sur site est la détection de fuites à l'aide d'un dispositif de reniflage avec la sensibilité minimale mentionnée au 8.5.3 de l'IEC 62271-1:2017. En présence d'une fuite, l'essai est considéré comme ayant échoué et l'objet d'essai est réparé, ou la fuite est quantifiée à l'aide d'une méthode par accumulation. Il n'est pas toujours possible de vérifier facilement les taux de fuite en dessous de 0.5% par an par compartiments à gaz en utilisant la méthode de détection de fuites.

8.6 Contrôles visuels et de conception

Le paragraphe 8.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

8.101 Essais de pression des enveloppes

Des essais de pression doivent être réalisés sur les enveloppes après usinage complet.

La pression d'essai normalisée doit être égale à k fois la pression de calcul, avec le facteur k égal à:

- 1,3 pour les enveloppes en aluminium soudé et les enveloppes en acier soudé;
- 2 pour les enveloppes en aluminium moulé et en alliage d'aluminium.

La pression d'essai doit être maintenue pendant 1 min au moins.

Il convient qu'aucune rupture ou déformation permanente ne se produise pendant l'essai.

8.102 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement sont réalisés pour assurer que les appareils de commutation satisfont aux conditions de manœuvre prescrites et que les interverrouillages mécaniques fonctionnent correctement.

Les appareils de commutation du PSEM doivent être soumis à un essai individuel de série de fonctionnement mécanique conformément à leurs normes correspondantes. Les essais individuels de série de fonctionnement mécanique peuvent être réalisés avant ou après l'assemblage des unités de transport.

De plus, tous les appareils de commutation équipés d'interverrouillages mécaniques doivent subir cinq cycles de manœuvres afin de vérifier le fonctionnement des interverrouillages associés. Avant chaque manœuvre, une tentative doit être faite pour manœuvrer chaque appareil de commutation comme cela est spécifié en 7.102.

NOTE Les interverrouillages mécaniques peuvent être vérifiés sur site, selon la taille des matériels individuels de transport fournis.

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

8.103 Essais des circuits auxiliaires, de l'équipement et des interverrouillages du mécanisme de commande

Tous les équipements auxiliaires doivent être soumis à l'essai par vérification de leur fonctionnement ou par vérification de la continuité de leur câblage. Les réglages des relais ou des capteurs doivent aussi être vérifiés.

Les interverrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être soumis à l'essai cinq fois de suite, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, pour les valeurs limites les plus défavorables de l'alimentation auxiliaire. Pendant l'essai, aucun réglage ne doit être réalisé.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, si aucun effet sur l'ensemble de l'unité de fonctionnement ne peut être visuellement constaté après les essais et si l'effort nécessaire à la manœuvre de l'appareil de commutation est pratiquement le même avant et après les essais.

8.104 Essai de pression des cloisons

Chaque cloison doit être soumise à un essai de pression à deux fois la pression de calcul, pendant 1 min.

Pour cet essai, la cloison doit être fixée exactement comme en service.

La cloison ne doit présenter aucun signe de surcharge ou de fuite.

9 Guide pour le choix de l'appareillage (informatif)

9.1 Généralités

Le paragraphe 9.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

L'Annexe E donne un résumé des considérations qui permettent de spécifier les caractéristiques assignées de l'appareillage.

NOTE L'IEEE C37.122.1 [22] et la brochure technique 125 du CIGRE[23] décrivent les lignes directrices générales de sélection d'un appareillage à isolation gazeuse.

9.2 Choix des valeurs assignées

Le paragraphe 9.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Il convient de choisir les valeurs assignées conformément à l'Article 5 du présent document.

9.3 Considérations sur les interfaces avec les câbles

Le paragraphe 9.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

9.4 Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service

Le paragraphe 9.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

9.5 Aspects d'environnement

Le paragraphe 9.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

10 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes (informatif)

10.1 Généralités

Le paragraphe 10.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

L'Annexe E définit, sous forme de tableaux, les informations techniques à échanger entre l'utilisateur et le fournisseur.

10.2 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 10.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

10.3 Renseignements pour les soumissions

Le paragraphe 10.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

f) Liste des outils recommandés qu'il convient que l'utilisateur se procure.

11 Transport, stockage, installation, instructions de fonctionnement et maintenance

11.1 Généralités

Le paragraphe 11.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

11.2 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 11.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

11.3 Installation

Le paragraphe 11.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

11.4 Instructions de fonctionnement

Le paragraphe 11.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

11.5 Maintenance

Le paragraphe 11.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

En cas de fuite qui ne peut pas être réparée facilement, il convient que le fabricant recommande, en accord avec l'utilisateur, des solutions provisoires afin de limiter ou d'arrêter cette fuite. L'objectif est de permettre la continuité de service jusqu'à la programmation d'une réparation.

11.101 Essais après installation sur site

11.101.1 Généralités

Le PSEM doit être soumis aux essais après installation et avant la mise en service pour vérifier le bon fonctionnement et la protection diélectrique de l'équipement.

Ces essais et vérifications comprennent ce qui suit	Paragraphe
a) essais diélectriques des circuits principaux	11.101.2
b) essais diélectriques des circuits auxiliaires	11.101.3
c) mesurage de la résistance du circuit principal	11.101.4
d) essais d'étanchéité au gaz	11.101.5
e) contrôles et vérifications	11.101.6
f) contrôles de la qualité du gaz	11.101.7

Pour limiter les perturbations, et pour réduire les risques d'introduction d'humidité et de poussières dans les enveloppes susceptibles d'empêcher le bon fonctionnement de l'appareillage, aucune inspection périodique obligatoire concernant les enveloppes et aucun essai de pression ne sont spécifiés ni recommandés après la mise en service du poste à isolation gazeuse. Dans tous les cas, il faut se référer aux manuels d'installation, d'utilisation et de maintenance du fabricant.

Il convient que le fabricant et l'utilisateur conviennent d'un plan d'essai de mise en service pour les essais sur site.

11.101.2 Essais diélectriques des circuits principaux

11.101.2.1 Généralités

Dans la mesure où elle est particulièrement importante pour le PSEM, la protection diélectrique doit être vérifiée afin d'éliminer les causes fortuites (mauvais assemblage, dommage pendant la manutention, le transport, le stockage et l'installation, présence de corps étrangers, etc.) susceptibles de provoquer ultérieurement un défaut interne.

En raison de leur objectif différent, ces essais ne doivent pas remplacer les essais de type ou les essais individuels de série effectués sur les unités de transport et, chaque fois que cela est possible, en usine. Ils complètent les essais diélectriques individuels de série avec pour objectif de vérifier la protection diélectrique de l'installation achevée et de détecter les anomalies, comme cela est indiqué ci-dessus. Normalement, l'essai diélectrique doit être réalisé après que le PSEM a été entièrement assemblé et rempli de gaz à la pression de remplissage, de préférence à la fin de tous les essais sur site dans le cas d'une nouvelle installation. Il est recommandé de réaliser également un tel essai diélectrique après un démontage important pour maintenance ou reconditionnement de compartiments. Ces essais doivent être distingués de la montée progressive en tension réalisée afin de créer un certain conditionnement électrique de l'équipement avant mise en service.

La réalisation de ce type d'essais sur site n'est pas toujours possible et des écarts par rapport aux essais étalons peuvent être acceptés. Le but de ces essais est de proposer un contrôle final avant la mise sous tension. Il est très important que la procédure d'essai choisie ne mette pas en péril les parties saines du PSEM, voir l'Article C.3.

Lors du choix d'une méthode d'essai appropriée, pour chaque cas individuel, un accord particulier peut être conclu pour des raisons de commodité et d'économie: par exemple, il peut être nécessaire de prendre en considération les exigences de puissance électrique, les dimensions et la masse des équipements d'essai.

Le fabricant et l'utilisateur doivent convenir du programme détaillé des essais diélectriques sur le site.

11.101.2.2 Procédure d'essai

Le PSEM doit être complètement monté et rempli de gaz à sa pression de remplissage.

Certaines parties peuvent être déconnectées pour l'essai, soit à cause de leur courant de charge élevé, soit à cause de leur effet sur la limitation de la tension, comme:

- les câbles haute tension et les lignes aériennes;
- les transformateurs de puissance et occasionnellement les transformateurs de tension;
- les parafoudres et les éclateurs de protection.

NOTE 1 Pour déterminer les parties qui peuvent être déconnectées, l'attention est attirée sur le fait que l'opération de reconnexion peut provoquer des défauts après la fin des essais.

NOTE 2 Les transformateurs de tension peuvent rester connectés pendant l'essai lorsque toute saturation du transformateur de tension est évitée, par exemple, par l'utilisation de transformateurs de tension conçus pour cette tension d'essai ou par réalisation des essais à fréquence industrielle à une fréquence à laquelle la saturation ne se produit pas.

Toute partie de PSEM nouvellement installée doit être soumise à un essai diélectrique sur site.

Généralement, en cas d'extensions, la partie adjacente existante du PSEM doit être mise hors tension et à la terre pendant l'essai diélectrique, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que des décharges disruptives qui surviennent dans l'extension ne se répercutent sur la partie sous tension du PSEM existant.

Il peut être nécessaire d'appliquer la tension d'essai après réparation ou maintenance de parties importantes ou après installation d'extensions. La tension d'essai peut alors être appliquée à des parties existantes pour soumettre à l'essai toutes les sections concernées. Dans ce type de cas, il convient de suivre la même procédure que pour un PSEM nouvellement installé.

Une des procédures d'essai suivantes doit être choisie:

a) procédure A (recommandée jusqu'à 170 kV et au-dessous):

Essai de tension à fréquence industrielle pendant 1 min à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2);

b) procédure B (recommandée pour 245 kV et plus):

- Essai de tension à fréquence industrielle pendant 1 min à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2); et
- mesurage de décharges partielles selon le Tableau 6, mais avec $U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{ds}}$ du Tableau 7, colonne (2).

Dans quelques cas, lorsque $U_{\text{dp-essai}}$ est supérieure à $U_{\text{précontrainte}}$, $U_{\text{dp-essai}}$ doit être réduite à $U_{\text{précontrainte}}$.

Un mesurage de décharges partielles à $U_r / \sqrt{3}$ est également recommandé étant donné que ce mesurage peut aider à déterminer la nécessité d'une maintenance de l'équipement après une période de service.

Pour les modalités pratiques de mesurage des décharges partielles, voir l'Annexe C.

c) procédure C (recommandée pour 245 kV et plus, variante à la procédure B):

- Essai de tension à fréquence industrielle pendant 1 min à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2); et
- essais de choc de foudre avec trois chocs de chaque polarité à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (3).

11.101.2.3 Tensions d'essai

Étant donné que:

- les unités de transport ont normalement été soumises à un essai individuel de série;
- la probabilité de décharges disruptives est plus grande dans une installation complète que sur des unités fonctionnelles séparées;
- les décharges disruptives doivent être évitées dans un équipement correctement installé;

la tension d'essai pour les essais diélectriques sur site doit être telle qu'elle est indiquée dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Tensions d'essai sur site

Tension assignée de l'équipement	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle sur site	Tension d'essai de tenue au choc de foudre sur site
U_r kV (valeur efficace)	U_{ds} kV (valeur efficace)	U_{ps} kV (valeur de crête)
(1)	(2)	(3)
72,5	120	260
100	165	360
123	200	440
145	235	520
170	270	600
245	380	840
300	380	840
362	425	940
420	515	1 140
550	560	1 240
800	760	1 680
1 100	865	1 920
1 200	865	1 920

NOTE 1 Les tensions d'essai sur site ont été calculées comme suit:

U_{ds} (valeur d'essai sur site) = $U_p \times 0,45 \times 0,8$ (colonne (2))

U_{ps} (valeur d'essai sur site) = $U_p \times 0,8$ (colonne (3))

Toutes les valeurs ont été arrondies au 5 kV supérieur.

NOTE 2 Si d'autres niveaux d'isolement que les valeurs préférentielles du Tableau 2 et du Tableau 3 sont spécifiés, (par exemple, les niveaux d'isolement plus faibles du Tableau 1 et du Tableau 2 de l'IEC 62271-1:2017), alors la tension d'essai sur site peut être calculée selon la Note 1.

NOTE 3 Les tensions d'essai sur site UHT pour $U_r = 1\,100$ kV et $1\,200$ kV sont conformes à l'IEC TS 63042-301 [14].

Dans certains cas, pour des raisons techniques ou pratiques, les essais diélectriques sur site peuvent être effectués avec des valeurs de tension réduites. Des informations détaillées sont données à l'Article C.3.

11.101.2.4 Formes d'ondes de tension

Pour choisir une forme d'onde de tension appropriée, il convient de prendre en considération l'IEC 60060-1 [3]; cependant, des formes d'onde similaires sont aussi acceptables. Il n'existe pas de forme d'onde de tension théorique qui couvre toutes les exigences. Les écarts admissibles sont indiqués ci-après. Des informations sur les moyens de produire les tensions d'essai sont données à l'Article C.1.

a) Essais de tension à fréquence industrielle

Les essais de tension à fréquence industrielle sont particulièrement sensibles pour détecter des contaminations (par exemple, des particules conductrices libres de se déplacer) et, dans la plupart des cas, sont également suffisants pour détecter des configurations anormales du champ électrique.

L'expérience actuelle correspond à des fréquences d'essai comprises entre 10 Hz et 300 Hz.

b) Essais de tension de choc

Les essais de tension de choc de foudre sont particulièrement sensibles pour détecter des configurations anormales de champ électrique (par exemple, électrodes endommagées).

Sur la base de l'expérience acquise à ce jour, des tensions de choc de foudre avec une durée de front jusqu'à 8 μ s sont acceptables. Lorsque des tensions oscillantes de choc de foudre sont utilisées, la durée de front peut être étendue jusqu'à environ 15 μ s.

NOTE Les réflexions dues aux ondes à front raide dans les installations de grande taille peuvent être prises en compte.

c) Essais de tension continue

Un essai de tension continue n'est pas recommandé. Les spécifications d'essai existantes relatives aux câbles ne sont pas applicables au PSEM (voir 6.108.1).

11.101.2.5 Application de la tension

La source de tension d'essai peut être reliée à un endroit convenable quelconque du conducteur de phase en essai.

Il est souvent pratique de diviser l'ensemble de l'installation du PSEM en plusieurs sections par ouverture des disjoncteurs et/ou des sectionneurs pour l'une au moins des raisons suivantes:

- limiter la charge capacitive de la source de tension d'essai;
- aider à localiser des décharges disruptives;
- limiter l'énergie de décharge si une décharge disruptive se produit.

Les sections qui, dans de tels cas, ne sont pas soumises à l'essai et qui sont isolées de la section en essai par un disjoncteur ou un sectionneur doivent être mises à la terre. Aucun essai diélectrique entre contacts ouverts des appareils de commutation ne doit être effectué sur le site, sauf s'il y a un démontage après l'essai individuel de série ou pendant la maintenance.

Dans le cas d'un PSEM sous enveloppe triphasé, la tension d'essai spécifiée doit être appliquée entre chaque conducteur de phase, à tour de rôle, et l'enveloppe, avec les autres conducteurs de phase reliés à l'enveloppe mise à la terre. L'isolation entre les conducteurs de phase ne doit être soumise à aucun autre essai diélectrique distinct sur le site.

11.101.2.6 Évaluation de l'essai

Il faut tenir compte du fait que l'appareillage a subi l'essai de façon satisfaisante si chaque section a supporté la tension d'essai spécifiée sans aucune décharge disruptive.

Lorsqu'une décharge disruptive se produit pendant les essais diélectriques sur site, les essais doivent être répétés.

Des lignes directrices pour la reprise d'essais sont données à l'Article C.6.

Si la procédure B est utilisée et si les décharges partielles sont mesurées par la méthode conventionnelle décrite par l'IEC 60270, le niveau maximal admissible de décharges partielles doit être de 10 pC.

NOTE 1 Il peut être difficile d'avoir un niveau de bruit de moins de 5 pC sur site. Il est nécessaire d'accorder une attention particulière au circuit d'essai pour réaliser un bon mesurage. Si le niveau de bruit est supérieur à 5 pC, l'essai est toujours valide pour détecter des défauts majeurs, mais ne permet pas de détecter des particules conductrices fixes puisque ce type de défaut génère des niveaux de décharges partielles très bas et complètement masqués par le bruit. Dans de telles circonstances, l'essai est acceptable si aucune décharge n'est détectée au-dessus du niveau de bruit.

NOTE 2 Il peut également être possible d'isoler le matériel individuel à l'origine du niveau de bruit supérieur à 5 pC. La procédure d'essai peut prendre cette possibilité en considération dans la séquence d'essai et peut faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

NOTE 3 Si des méthodes d'essai à très hautes ou ultra-hautes fréquences ou des méthodes de mesure de décharges partielles acoustiques sont utilisées, un étalonnage n'est pas réalisable. En revanche, un contrôle de sensibilité selon C.7.5, l'IEC TS 62478 [13] et la brochure technique 654 du CIGRE [25] peut être réalisé.

11.101.3 Essais diélectriques des circuits auxiliaires

Le paragraphe 8.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Il convient de soumettre les nouveaux câblages à des essais diélectriques. Si des câblages doivent être démontés ou si des dispositifs électroniques sont installés dans les circuits, ces derniers ne doivent pas être soumis à l'essai.

11.101.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Des mesurages globaux doivent être réalisés sur l'installation complète, dans des conditions aussi proches que possible des conditions de réalisation de l'essai individuel de série sur les unités de transport.

La résistance mesurée ne doit pas dépasser les valeurs maximales admises fixées pour les essais individuels de série des unités de transport (voir 8.4) compte tenu des différences des deux dispositions d'essai (nombre d'appareils, de contacts et de raccords, longueur des conducteurs, etc.).

Les valeurs de résistance entre les sectionneurs de terre doivent être vérifiées lors de l'assemblage sur site et indiquées dans la documentation du projet.

11.101.5 Essais d'étanchéité au gaz

Le paragraphe 8.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable également aux essais d'étanchéité au gaz réalisés sur site.

Un essai qualitatif d'étanchéité au gaz doit être effectué pour tous les raccordements assemblés sur le site. Un détecteur de fuites peut être utilisé. Voir les annexes de l'IEC 62271-4.

11.101.6 Contrôles et vérifications

Les points suivants doivent être vérifiés:

- a) conformité de l'ensemble aux dessins et aux instructions du fabricant;
- b) étanchéité de tous les raccords de tuyauterie et serrage des boulons et connexions;
- c) conformité du câblage aux schémas;
- d) fonctionnement correct des interverrouillages électriques, pneumatiques ou autres;
- e) fonctionnement correct des équipements de commande, de mesure, de protection et de réglage, y compris le chauffage et l'éclairage.

Les contrôles et essais de fonctionnement mécanique doivent être effectués selon les normes correspondantes. Si ces vérifications ne sont pas spécifiées, le fabricant doit les définir dans le plan d'essai de mise en service.

11.101.7 Contrôles de la qualité du gaz

La quantité d'humidité doit être mesurée au moins 5 jours après le remplissage final en gaz pour obtenir un mesurage fiable. La quantité d'humidité ne doit pas dépasser la limite définie au 6.2 de l'IEC 62271-1:2017.

Pour le contrôle de l'état du gaz en service, voir l'IEC 60480 pour le SF₆ et ses mélanges, et les recommandations du fabricant et l'IEC 62271-4 pour les autres gaz.

Pour les précautions de manipulation, voir l'IEC 62271-4 pour le SF₆ et les recommandations du fabricant pour les autres gaz.

12 Sécurité

L'Article 12 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec le complément suivant:

Toute tâche effectuée sur des compartiments de gaz avec des compartiments contigus soumis à une pression maximale peut, selon les règlements locaux et les procédures de sécurité définis par le fabricant, exiger l'application de mesures de sécurité à l'intention des travailleurs.

13 Influence du produit sur l'environnement

L'Article 13 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Les pertes dues aux manipulations pendant la fabrication, l'installation, les essais sur site, les réparations et la maintenance doivent être prises en compte selon la réglementation locale (voir l'IEC 622714).

Pour les aspects d'environnement des gaz et des mélanges de gaz, voir la brochure technique 802 du CIGRE [26].

Annexe A (normative)

Procédure d'essai diélectrique du PSEM sous enveloppe triphasée de la plage II (au-delà de 245 kV)

A.1 Procédures d'essais diélectriques pour le PSEM à enveloppe triphasée

Dans la mesure où les exigences pour les niveaux d'isolement entre phase et terre diffèrent de celles des niveaux d'isolement entre phases, les exigences d'essai selon l'IEC 622711:2017 doivent être reconsidérées. Cette disposition ne s'applique que pour les essais à la tension de choc de manœuvre de la plage II.

A.2 Application des exigences d'essai

Afin de couvrir l'ensemble des essais à effectuer, le Tableau A.1 énumère les conditions d'essai en relation avec l'enveloppe, entre appareils de commutation ouverts et entre phases. Les symboles du tableau sont les mêmes que dans l'IEC 62271-1:2017 (Figure 2).

La méthode préférentielle consiste à utiliser une tension d'essai combinée. Les niveaux de tension exigés peuvent être fournis par deux sources de tension différentes de polarité opposée.

**Tableau A.1 – Conditions d'essais à la tension de choc
de manœuvre au-delà de 245 kV**

Condition d'essai	Appareil de commutation	Tension de choc de manœuvre	Tension alternative à fréquence industrielle	Terre raccordée à
Essai entre phases		Partie principale de U_s entre phases (Tableau 3, colonne (5)) appliquée à	Partie complémentaire pour obtenir U_s entre phases (Tableau 3, colonne (5)) appliquée à	
1	Fermé	Aa	BbCc	F
2	Fermé	Bb	AaCc	F
3	Fermé	Cc	AaBb	F
4	Ouvert	A	BC	abcF
5	Ouvert	B	AC	abcF
6	Ouvert	C	AB	abcF
7	Ouvert	a	bc	ABCF
8	Ouvert	b	ac	ABCF
9	Ouvert	c	ab	ABCF

NOTE 1 Les conditions d'essai 3, 6 et 9 peuvent être omises, si la disposition des phases extérieures par rapport à la phase centrale et à l'enveloppe, est symétrique.

NOTE 2 Les conditions d'essai 2, 3, 5, 6, 8, 9 peuvent être omises, si la disposition des phases, les unes par rapport aux autres et par rapport à l'enveloppe, est entièrement symétrique.

NOTE 3 Les conditions d'essai 7, 8 et 9 peuvent être omises si la disposition des bornes de chaque phase est symétrique par rapport à l'enveloppe.

En ce qui concerne les fonctions d'interruption et de sectionnement, les valeurs respectives doivent être issues du Tableau 3, avec l'appareil en position ouverte.

Annexe B **(normative)**

Méthodes d'essai de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en cas d'arc dû à un défaut interne

B.1 Généralités

L'apparition d'un arc à l'intérieur du PSEM, dû à un défaut interne, est accompagnée de différents phénomènes physiques.

Par exemple, l'énergie qui résulte du développement d'un arc dans l'enveloppe provoque une surpression interne et un échauffement local qui soumettent l'appareillage à des contraintes mécaniques et thermiques. De plus, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition chauds qui peuvent être évacués dans l'atmosphère.

La présente annexe prend en compte la surpression interne qui agit sur l'enveloppe et les effets thermiques de l'arc ou de sa racine sur l'enveloppe. Elle ne prend pas en compte tous les effets qui peuvent constituer un risque, tels que les gaz toxiques et leurs produits de décomposition (voir les annexes de l'IEC 62271-4 pour des informations complémentaires).

B.2 Essai d'arc au courant de court-circuit

B.2.1 Dispositions d'essai

Pour le choix de l'objet à soumettre à l'essai, il doit être fait référence aux documents de conception du PSEM. Les compartiments qui apparaissent comme les moins susceptibles de supporter les montées en pression et en température en cas d'arc doivent être choisis.

Dans chaque cas, les points suivants doivent être respectés:

- a) chaque essai peut être effectué sur un objet d'essai non préalablement soumis à des essais d'arc. Les objets d'essai qui ont déjà subi des essais d'arc doivent être remis en état de sorte que les conditions pour les essais d'arc ultérieurs ne soient ni aggravées ni facilitées;
- b) l'objet d'essai doit être complètement équipé et installé de façon à intégrer tout dispositif de protection, comme les limiteurs de pression, les dispositifs de court-circuitage, etc. fourni par le fabricant pour la limitation des effets de l'arc;
- c) l'objet d'essai doit être rempli du gaz isolant normal à la pression de remplissage p_{re} .

B.2.2 Courant et tension appliqués

B.2.2.1 Généralités

Les enveloppes monophasées doivent être soumises à l'essai en monophasé et les enveloppes triphasées doivent être soumises à l'essai en triphasé.

B.2.2.2 Tension

L'essai peut être réalisé avec une tension appliquée plus faible que la tension assignée pour l'équipement de l'objet d'essai, si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) le courant de l'arc doit être pratiquement sinusoïdal;
- b) l'arc ne doit pas s'éteindre prématurément.

B.2.2.3 Courant

a) Composante alternative

La composante alternative au début de l'essai doit avoir une tolérance de $+10\%$. Pendant la durée de protection de premier stade, la tolérance doit être de $\pm 10\%$, et pendant la durée de protection de second stade, le courant ne doit pas descendre en dessous de 80 % de la valeur spécifiée, à condition que la composante alternative moyenne ne soit pas inférieure au courant de court-circuit indiqué.

NOTE Si l'installation d'essai ne permet pas cela, la durée de l'essai peut être allongée, mais pas de plus de 20 % avec un réglage approprié des durées de réalisation des évaluations.

b) Composante apériodique

L'instant d'établissement du court-circuit doit être choisi de sorte que la première alternance de courant de l'arc ait une valeur de crête d'au moins 1,7 fois la valeur efficace de la composante alternative du courant de court-circuit indiqué. Pour les essais en triphasé, cela s'applique au courant dans au moins une phase.

B.2.2.4 Fréquence

Pour les fréquences assignées de 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

B.2.2.5 Durée de l'essai

La durée d'application du courant doit être telle qu'elle couvre le temps de protection de second stade sur la base de la durée prévue et déterminée par les dispositifs de protection. Voir Tableau 4.

B.2.3 Procédure d'essai

B.2.3.1 Connexions d'essai

Le point de l'alimentation du courant à choisir est celui qui est susceptible de donner la condition la plus difficile.

Il faut veiller à ce que les connexions ne facilitent pas les conditions d'essai. Généralement, l'enveloppe est mise à la terre du même côté que l'alimentation en courant de l'objet d'essai.

B.2.3.2 Amorçage de l'arc

L'arc doit être amorcé au moyen d'un fil métallique de diamètre approprié.

Le point d'amorçage à choisir est celui auquel l'arc est susceptible de produire les contraintes assignées dans l'objet d'essai. Généralement, ce phénomène est réalisé quand l'arc est amorcé au voisinage d'une cloison, le plus éloigné du point d'alimentation et du dispositif limiteur de pression, s'il est installé.

NOTE L'arc ne peut pas être amorcé par perforation de l'isolation solide.

B.2.3.3 Mesurage et enregistrement des performances d'essai

Les paramètres suivants doivent être relevés et enregistrés:

- le courant et sa durée;
- la tension d'arc;
- la pression en un ou plusieurs points de l'objet d'essai et dans chaque compartiment si l'objet d'essai en comprend plus d'un;

et, le cas échéant

- l'instant de limitation de pression (soit par le fonctionnement du dispositif limiteur de pression, soit par la perforation de l'enveloppe).

Les phénomènes tels que la limitation de pression, la perforation de l'enveloppe et les effets externes doivent être observés et enregistrés par des moyens appropriés, par exemple des caméras, des détecteurs de lumière.

B.2.4 Conditions de réussite des essais

L'appareillage est réputé approprié si, au cours de l'essai, aucun effet externe autre que le fonctionnement des dispositifs limiteurs de pression appropriés ne se produit pendant les durées spécifiées en 6.103.2 et si les gaz ou vapeurs qui s'échappent sous pression sont dirigés de façon à réduire le plus possible le danger pour un opérateur qui réalise ses tâches normales d'exploitation.

Les projections de petites pièces, dont la masse individuelle peut atteindre 60 g au plus, sont acceptées.

Aucune fragmentation de l'enveloppe ne doit se produire après un défaut durant le deuxième stade de protection, selon le Tableau 4.

B.2.5 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être consignées dans le rapport d'essai:

- caractéristiques assignées et description de l'objet d'essai, des matériaux de l'enveloppe et du conducteur, avec un dessin qui représente les dimensions principales et la disposition des dispositifs limiteurs de pression;
- disposition des connexions d'essai, du point d'amorçage de l'arc et position des capteurs pour le mesurage des pressions;
- courants, tensions, énergies, pressions et durées, tirés des oscillogrammes;
- description précise des résultats et observations d'essai;
- autres remarques pertinentes;
- photographies de l'état avant et après l'essai.

B.2.6 Extension des résultats d'essai

Les résultats d'essai peuvent être étendus par calcul à d'autres enveloppes de conception similaire, mais de dimension et de forme différentes et/ou à d'autres paramètres d'essai.

B.3 Vérification combinée par calcul et essais séparés

Le fabricant est responsable de la démonstration de la validité d'une extrapolation de résultats d'essai à d'autres courants et d'autres dimensions d'enveloppes. Le fabricant doit fournir toutes les informations nécessaires avec les calculs.

Des informations relatives à l'expérience des essais d'arc interne et aux principes de calcul sont données dans la brochure technique 602 du CIGRE [24], CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03 [28] et RGE: 04/82 [29].

Annexe C **(informative)**

Considérations techniques et pratiques pour les essais sur site

C.1 Générateurs de tension d'essai

Les installations de PSEM ont une valeur de capacité équivalente relativement élevée, ce qui signifie que:

- les essais de tension à fréquence industrielle, en particulier aux tensions assignées U_r les plus élevées, exigent une forte puissance réactive;
- les essais aux ondes de choc de forme d'onde biexponentielle normalisée peuvent être inefficaces par suite du mauvais rendement du générateur de choc.

Les équipements suivants peuvent être utilisés pour produire les tensions:

a) sources de tension à fréquence industrielle

La tension à fréquence industrielle peut être produite par:

- des ensembles d'essais avec un transformateur d'essai;
- des ensembles d'essais avec des circuits résonants à réactance variable et à fréquence constante;
- des ensembles d'essais avec des circuits résonants à réactance constante et à fréquence variable;
- la mise sous tension de transformateurs de puissance ou de tension par le côté basse tension (ce qui évite les démontages après essais).

NOTE Les contraintes thermiques de la source de tension peuvent être prises en compte, en particulier lorsque des transformateurs de tension sont utilisés.

b) sources de tension de choc

Les générateurs d'ondes biexponentielles conviennent mal aux installations de grande taille, plus particulièrement aux tensions élevées des équipements. Des ondes oscillantes peuvent être produites à l'aide d'un générateur de choc et d'une bobine haute tension raccordée à l'appareillage à soumettre à l'essai pour former un circuit résonant série amorti. Des tensions de choc de manœuvre oscillantes peuvent être produites par la décharge d'un condensateur côté basse tension d'un transformateur de puissance, de tension ou d'essai.

C.2 Localisation des décharges

Les décharges disruptives produisent différents phénomènes qui peuvent être utiles pour les localiser. Exemples de moyens potentiels qui peuvent être utilisés:

- détection d'une émission lumineuse;
- mesurage du bruit audible et des vibrations;
- enregistrement et évaluation des phénomènes électromagnétiques transitoires consécutifs à la décharge;
- détection des produits de décomposition du gaz.

C.3 Procédures d'essai spéciales

C.3.1 Généralités

En règle générale, il convient de réaliser tous les essais à la tension d'essai et à la pression de remplissage spécifiées. Cependant, dans certaines circonstances, des procédures d'essai spéciales ont été établies qui, bien que n'étant pas d'usage général, méritent d'être mentionnées pour des raisons techniques et/ou pratiques.

Pour les extensions (6.108.4), l'utilisateur doit être responsable pour tout amorçage dans le PSEM existant et le fabricant de l'extension doit être responsable pour tout amorçage dans l'équipement d'extension.

C.3.2 Essai à tension réduite

C.3.2.1 Méthode simplifiée pour l'essai d'unités transportées sans démontage

Selon la pratique de certains pays, l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse ou au moins une travée ou une partie équivalente de l'installation du PSEM peut être complètement assemblé(e) en usine et y être soumis(e) à l'essai à ses pleines tensions de tenue assignées. Si les unités soumises à l'essai sont transportées sans démontage, ou si le démontage est limité à de très simples raccords, et s'il y a accord entre le fabricant et l'utilisateur, l'essai sur site peut être réduit à ce qui suit:

essai en tension alternative à $1,1 \times U_r / \sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre à la terre ou à $1,9 \times U_r / \sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre isolé ou à neutre résonant, avec application de la tension pendant 10 min.

C.3.2.2 Écarts dus à des besoins pratiques

Dans certains cas, pour des raisons techniques ou pratiques, un essai en tension alternative peut être réalisé à un niveau de tension réduit, pendant une durée prolongée. De plus, la détection de décharges partielles peut être appliquée conformément à l'Article C.7. La procédure est soumise à un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

C.3.2.3 Application de la tension de service

Dans certains cas, il n'est pas possible de réaliser l'essai diélectrique sur site. Il convient alors de prendre des précautions spéciales pour l'expédition, le transport et le stockage et d'apporter un soin particulier à la qualité d'exécution sur le site. Il convient de mettre sous tension de service le PSEM à soumettre à l'essai à travers une impédance de la plus forte valeur possible, afin de réduire les dommages engendrés par une éventuelle décharge disruptive. Il convient que la durée de l'essai soit d'au moins 30 min.

C.3.3 Essais à densité de gaz réduite

En général, les essais avec une densité de gaz réduite ne sont pas recommandés.

C.4 Mesurages de décharges partielles

Les mesurages de décharges partielles peuvent être utiles pour détecter certains types de défauts au cours des essais sur site et pour déterminer les besoins de maintenance de l'équipement après une période d'exploitation. Ils constituent ainsi un bon complément des essais diélectriques sur site, mais ils sont souvent difficiles à réaliser à cause des perturbations ambiantes.

Si un tel essai est possible et accepté, il convient alors d'appliquer autant que possible les exigences données en 11.101.2.6.

Si l'utilisateur spécifie les méthodes de mesure de décharges partielles à très hautes/ultra-hautes fréquences (VHF/UHF), des capteurs internes de décharges partielles sont recommandés.

C.5 Conditionnement électrique

Le terme "conditionnement électrique" signifie l'application progressive d'une tension alternative, soit par paliers soit de façon continue. Il peut être effectué par le fabricant dans le cadre du processus de remplissage en gaz sur site afin de déplacer les particules éventuelles vers les zones à faible champ, dans lesquelles elles deviennent inoffensives.

Le conditionnement électrique n'est pas une exigence et ne remplace pas l'essai en tension alternative, sauf si la tension d'essai est augmentée jusqu'à la valeur spécifiée. Néanmoins, il convient d'informer l'utilisateur de toute décharge disruptive, parce qu'elle peut entraîner un affaiblissement de l'isolation.

C.6 Reprise d'essais

C.6.1 Généralités

La procédure à appliquer par suite d'une décharge disruptive qui se produit pendant les essais diélectriques sur site peut dépendre de plusieurs facteurs, en particulier:

- du type de décharge disruptive (amorçage dans l'isolation autorégénératrice ou non autorégénératrice), s'il peut être identifié (voir l'Article C.2);
- de l'importance de l'énergie d'arc dissipée pendant la décharge;
- de la forme et du matériau de l'isolation solide;
- de l'importance stratégique de l'installation.

Compte tenu de ces facteurs et de tout autre facteur pertinent, il convient d'établir une procédure qui soit acceptée par le fabricant et l'utilisateur. Une procédure recommandée est donnée ci-dessous, mais il convient de ne la considérer que comme un guide. Des variantes peuvent être acceptables, selon l'importance des facteurs impliqués.

C.6.2 Procédures recommandées

C.6.2.1 Procédure a)

Si une décharge disruptive se produit sur la surface d'une isolation solide, il convient d'ouvrir le compartiment concerné et d'examiner soigneusement l'isolation pour détecter des anomalies. Après avoir pris les actions correctives nécessaires, il convient alors de soumettre le compartiment à nouveau à l'essai diélectrique spécifié.

C.6.2.2 Procédure b)

Une décharge disruptive dans le gaz peut être due à une pollution ou à un défaut superficiel qui peut être éliminé par la décharge. Par conséquent, il peut être accepté que l'essai puisse être repris à la tension d'essai spécifiée. Une autre tension d'essai peut être convenue entre le fabricant et l'utilisateur avant que les essais sur site soient entrepris.

NOTE 1 Par hypothèse, le fabricant peut prouver à l'utilisateur que l'isolation gazeuse peut être considérée comme autorégénératrice pour l'énergie d'arc dissipée dans la décharge.

NOTE 2 En cas de décharge disruptive pendant les essais diélectriques sur site, des décharges secondaires peuvent se produire dans d'autres parties de la section soumise à l'essai.

Si la reprise d'essais n'est pas satisfaisante, il convient de suivre à nouveau la procédure a).

C.7 Méthode de détection de décharges partielles

C.7.1 Généralités

Pour la détection de décharges partielles sur site, les méthodes électriques à très haute/ultra-haute fréquences (VHF/UHF) et la méthode acoustique peuvent être utilisées sur le PSEM en plus de la méthode conventionnelle conforme à l'IEC 60270. Ces deux méthodes sont moins sensibles au bruit que le mesurage conventionnel et peuvent aussi être utilisées pour la surveillance de décharges partielles en service. Cependant, pour ces nouvelles méthodes, la sensibilité dépend de la distance entre le défaut (source du signal) et le capteur. Des procédures appropriées d'utilisation des méthodes VHF/UHF et acoustique sont disponibles. Elles permettent de vérifier que des défauts qui créent une charge apparente de quelques pC sont détectés par ce type d'équipement. La méthode proposée de vérification de la sensibilité peut être facilement appliquée sur site. Ces deux méthodes complémentaires présentent l'avantage de pouvoir détecter l'emplacement des défauts. Ces méthodes et l'interprétation des résultats peuvent seulement être confiées à du personnel expérimenté. Ces méthodes sont toujours en cours d'analyse et ne sont pas encore normalisées.

C.7.2 Méthode conventionnelle conforme à l'IEC 60270

Les brouillages électromagnétiques qui proviennent d'émetteurs radio et d'autres sources sont captés par les traversées aériennes et conduisent à des sensibilités de mesure de décharges partielles de quelques dizaines de pC. Il existe des méthodes de filtrage analogiques et numériques pour la réjection du bruit. Néanmoins, l'utilisation de tels outils de filtrage exige du personnel formé et constitue une limitation à cette procédure. Dans les conditions réelles sur site, un niveau de bruit inférieur à 5 pC est difficile à atteindre. Par conséquent, un circuit d'essai totalement sous enveloppe avec condensateur de couplage à écran directement raccordé au PSEM est préférable. Dans ce cas, une sensibilité inférieure à 5 pC est atteignable pour les PSEM à raccordement par câbles et pour les sections de PSEM isolées des traversées aériennes par un sectionneur ouvert.

C.7.3 Méthode à très haute/ultra-haute fréquences (VHF/UHF)

Les courants de décharge dus à des défauts dans les PSEM ont des temps de montée qui peuvent être inférieurs à 100 ps. Ces défauts génèrent des champs électromagnétiques transitoires dont le contenu en fréquences peut atteindre plus de 2 GHz. Les signaux qui en résultent se propagent dans le PSEM à la vitesse de la lumière comme des ondes électromagnétiques. Il se produit des réflexions sur les nombreuses discontinuités de l'installation. Les signaux se propageant sont amortis en raison de la conductivité finie des conducteurs métalliques et des pertes sur les surfaces diélectriques. Le résultat est une configuration complexe de résonance d'ondes électromagnétiques à l'intérieur de chaque compartiment.

Les signaux de décharges partielles dans la plage des très hautes et ultra-hautes fréquences (par exemple, 100 MHz à 2 GHz) peuvent être détectés dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel au moyen de capteurs, qui sont habituellement de conception similaire à des coupleurs capacitifs. En raison de l'affaiblissement des signaux VHF/UHF, il peut s'avérer nécessaire d'installer de nombreux capteurs sur un PSEM. La distance maximale entre deux capteurs adjacents est de quelques dizaines de mètres approximativement. Le signal UHF/VHF est mieux capté à partir de capteurs internes, mais, quand ceux-ci ne sont pas disponibles, il est parfois possible d'utiliser des capteurs externes montés sur les hublots ou les isolateurs.

En raison de la complexité des résonances, l'amplitude du signal de décharges partielles détecté dépend fortement de la position et dans une moindre mesure de l'orientation du défaut et du capteur. Par conséquent, la méthode VHF/UHF ne peut pas être étalonnée, par exemple comme dans le circuit de mesure défini à l'IEC 60270. En revanche, le contrôle de sensibilité décrit en C.7.5 peut être réalisé.

Le rapport signal sur bruit et, par conséquent, la sensibilité du système de mesure VHF/UHF peuvent être améliorés par l'utilisation de capteurs, amplificateurs et filtres appropriés. Il a été démontré que la méthode VHF/UHF est au moins aussi sensible que la méthode conventionnelle pour la détection des défauts, principalement en raison d'un faible niveau de bruit externe. Des essais en laboratoire et sur site ont démontré que de petits défauts critiques et même des défauts non critiques peuvent être détectés.

Une localisation exacte des défauts peut être obtenue au moyen d'un oscilloscope à large bande pour mesurer l'intervalle de temps qui sépare l'arrivée des signaux sur des capteurs adjacents.

C.7.4 Méthode acoustique

Les signaux acoustiques (ondes mécaniques) sont émis par des défauts dans un PSEM principalement selon deux mécanismes primaires: des particules mobiles excitent une onde mécanique dans l'enveloppe lorsqu'elles la frappent, alors que des décharges qui proviennent de défauts fixes créent une onde de pression dans le gaz, qui est ensuite transmise à l'enveloppe. Le signal obtenu dépend de la source et du trajet de propagation. Comme les enveloppes sont habituellement constituées d'aluminium ou d'acier, l'amortissement des signaux est relativement faible. Cependant, il y a une perte d'énergie lorsque les signaux sont transmis d'un côté à l'autre d'une bride. Les signaux acoustiques peuvent être détectés par des capteurs extérieurs. Normalement, soit des accéléromètres soit des capteurs d'émission acoustique sont utilisés, et la procédure d'essai consiste à effectuer un mesurage entre toutes les brides.

Un défaut peut être détecté par la recherche du signal acoustique qui présente la plus grande amplitude ou par le mesurage du temps de propagation avec deux capteurs. La distinction entre différents types de défauts est possible par analyse de la forme du signal acoustique.

Le signal émis par une particule vibrante est à large bande (c'est-à-dire > 1 MHz) et a une grande amplitude comparée aux signaux émis par des prédécharges de défauts fixes. Le signal type pour une particule est atténué au fur et à mesure qu'il s'éloigne de sa source. En général, deux paramètres du signal acoustique sont importants pour ce type de défaut: l'amplitude et le temps de vol (temps entre deux impacts successifs de la particule). Ces paramètres sont essentiels non seulement pour l'identification du type de défaut, mais aussi pour l'appréciation des risques.

Les signaux de prédécharges émis par des protubérances sont à très large bande à proximité de la source, mais, dans la mesure où le gaz se comporte comme un filtre passe-bas, les hautes fréquences sont atténuées au fur et à mesure que le signal s'éloigne de la source en direction de l'enveloppe. Normalement, les signaux détectés en provenance de sources de prédécharge sont limités à une plage de fréquences inférieure à 100 kHz. Le niveau de signal est assez constant à l'intérieur de mêmes sections, et l'affaiblissement est d'environ 8 dB à chaque traversée de bride.

Des particules vibrantes produisant des décharges apparentes de l'ordre de 5 pC peuvent être détectées avec un rapport signal sur bruit élevé. La limite de détection des décharges en couronne est de l'ordre de 2 pC. La sensibilité décroît avec la distance en raison de l'absorption et de l'affaiblissement des signaux acoustiques lors de leur propagation dans le PSEM. Toutefois, aucune correspondance directe entre le niveau du signal acoustique et le niveau apparent de décharge partielle n'a été établie. Le mesurage acoustique est insensible au bruit électromagnétique du poste. La sensibilité acoustique aux particules vibrantes est habituellement bien meilleure que la sensibilité de toute autre méthode de diagnostic, lorsque le capteur est placé à proximité du défaut. La méthode acoustique est donc efficace pour localiser de tels défauts.

C.7.5 Vérification de la sensibilité des méthodes acoustiques et UHF

Le même principe technique est appliqué pour la vérification de la sensibilité de la détection des décharges partielles par les méthodes acoustiques et UHF. En premier lieu, une impulsion acoustique ou électrique artificielle est définie, qui émet un signal similaire à celui émis par un défaut réel qui génère un niveau défini de charge apparente (par exemple, 5 pC ou plus) conformément à l'IEC 60270. Ensuite, cette impulsion artificielle est injectée pendant les essais de mise en service ou l'exploitation du PSEM de façon à vérifier la sensibilité de la détection pour le PSEM et les appareils de mesure associés. Si le signal simulé peut être mesuré par le capteur adjacent, la vérification de la sensibilité est considérée comme satisfaisante pour la section du PSEM comprise entre ces capteurs.

Pour plus d'informations, voir l'IEC/TS 62478 [13] et la brochure technique 654 du CIGRE [25].

Annexe D (informative)

Calcul de l'augmentation de la pression due à un défaut interne

L'augmentation de la pression d'un compartiment fermé rempli de gaz, due à un défaut interne, peut être calculée selon la Formule (D.1):

$$\Delta p = C_{\text{équipement}} \times \frac{I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}}{V_{\text{compartiment}}} \quad (\text{D.1})$$

où

- Δp est l'augmentation de la pression (MPa);
 I_{arc} est le courant d'arc de défaut (kA_{valeur efficace});
 $V_{\text{compartiment}}$ est le volume du compartiment (l);
 t_{arc} est la durée d'arc (ms);
 $C_{\text{équipement}}$ est le facteur de l'équipement.

Le fabricant doit démontrer la valeur du facteur $C_{\text{équipement}}$ par des essais réalisés sur des matériels similaires.

La Formule (D.1) peut être utilisée pour vérifier que la pression, en cas de défaut interne, ne dépasse pas la valeur de pression d'essai de type des enveloppes, pour un compartiment de gaz sans dispositif limiteur de pression. Cette vérification est effective si le courant d'arc maximal et la durée d'arc maximale (fondés sur les performances du système de protection) ne provoquent pas une augmentation de la pression supérieure à la pression de l'essai de type des enveloppes.

Annexe E (informative)

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

E.1 Généralités

La présente annexe définit, sous forme de tableaux, les informations techniques à échanger entre l'utilisateur et le fournisseur.

La mention "informations fournisseur" indique que seul le fournisseur fournit ces informations.

E.2 Conditions normales et spéciales de service

Voir l'Article 4.

Tableau E.1 – Conditions normales et spéciales de service

		Exigences de l'utilisateur (voir le Tableau 1)	Propositions du fournisseur
Condition de service	Intérieur ou extérieur		
Température de l'air ambiant:			
Minimale	°C		
Maximale	°C		
Rayonnement solaire	W/m ²		
Altitude	m		
Pollution	Classe		
Épaisseur de glace	mm		
Vent	m/s		
Humidité	%		
Condensation ou précipitation			
Vibration	Classe		
Perturbation électromagnétique induite dans le système secondaire	kV		

E.3 Caractéristiques assignées

Voir l'Article 5.

Tableau E.2 – Caractéristiques assignées

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Tension nominale du réseau	kV		
Tension assignée de l'équipement (U_i)	kV		
Niveaux d'isolement assignés entre phase et terre et entre phases			
Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (U_d)	kV		
Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (U_p)			
Phase-terre	kV		
Entre phases	kV		
Tension de tenue assignée au choc de foudre (U_p)	kV		
Fréquence assignée (f_r)	Hz		
Courant permanent assigné (I_r)	A	Selon schéma unifilaire	
Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	kA		
Valeur de crête du courant admissible assignée (I_p)	kA		
Durée de court-circuit assignée (t_k)	s		
Tension d'alimentation assignée des bobines d'ouverture et de fermeture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	V		
Fréquence d'alimentation assignée des bobines d'ouverture et de fermeture et des circuits auxiliaires	Hz	Courant continu ou 50 Hz ou 60 Hz	
Type de mise à la terre du neutre du réseau		Directement ou non directement	

E.4 Conception et construction

Voir l'Article 6.

Tableau E.3 – Conception et construction

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Nombre de phases			
Conception monophasée ou triphasée			
Taux de fuite de gaz relatif maximal	% / an		
Pression de remplissage p_{re}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression d'alarme p_{ae}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression de fonctionnement minimale p_{me}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression de calcul des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression d'essai de type des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression d'essai individuel de série des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression de fonctionnement du dispositif limiteur de pression			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Défaut interne			
Courant de court-circuit	kA		
Durée du courant (suivant le Tableau 4)	s		
Quantité de gaz du PSEM complet à la pression de remplissage p_{re}	kg	Informations fournisseur	
Quantité de gaz dans le plus grand compartiment à la pression de remplissage p_{re}	kg	Informations fournisseur	
Point de rosée maximal admissible du gaz	°C	Informations fournisseur	
Recommandations relatives au mesurage du point de rosée et aux corrections adéquates			
Nombre de compartiments de gaz		Informations fournisseur	
Longueur de la plus longue section pour le transport	m		
Masse de la pièce la plus lourde du matériel à manipuler pendant l'installation sur site	kg		
Bruit			

E.5 Barres omnibus

Tableau E.4 – Barres omnibus

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Inductance	H/m	Informations fournisseur	
Capacité	pF/m	Informations fournisseur	
Résistance de l'enveloppe à f_r	Ω/m	Informations fournisseur	
Résistance du conducteur à f_r	Ω/m	Informations fournisseur	
Impédance d'onde	Ω	Informations fournisseur	

E.6 Disjoncteur

L'Article 10 de l'IEC 62271-100:2021 est applicable.

E.7 Sectionneur et sectionneur de terre

L'Article 10 de l'IEC 62271-102:2018 est applicable.

E.8 Traversée

L'Article 6 de l'IEC 60137:2017 est applicable avec les compléments suivants:

Tableau E.5 – Traversée

Traversée immergée d'extérieur (voir 3.20 de l'IEC 60137:2017)		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Type d'isolation interne		Isolé au gaz ou papier imprégné de résine	
Type d'isolation externe		Porcelaine ou composite	
Ligne de fuite nominale spécifique	mm/kV		
Profil d'ailette		Normale ou alternée	
Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (U_d)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (U_p)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Tension de tenue assignée au choc de foudre (U_p)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Essai de tenue mécanique	N		
Essai de tenue mécanique en fonctionnement	N		
Type de raccordement		Selon dessin	

E.9 Raccordement de câbles

L'Article 10 de l'IEC 62271-209:2019 est applicable avec les compléments suivants:

Tableau E.6 – Raccordement de câbles

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Type de raccordement		Liquide ou type sec	
Fournisseur de l'isolateur de câble		Fournisseur du PSEM ou du câble	

E.10 Raccordement du transformateur

L'Article 9 de l'IEC 62271-211:2014 est applicable avec les compléments suivants:

Tableau E.7 – Raccordement du transformateur

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Jonction isolée entre la cuve de transformateur et l'enveloppe du PSEM		Oui ou non	

E.11 Transformateur de courant

Les marquages indiqués dans l'IEC 61869-1 et l'IEC 61869-2 sont applicables avec les compléments suivants:

Tableau E.8 – Transformateur de courant

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Position du transformateur de courant		Selon schéma unifilaire	
Nombre de noyaux		Selon schéma unifilaire	
Charges et classes précision	VA / -	Selon schéma unifilaire	

E.12 Transformateur de tension inductif

Les marquages indiqués dans l'IEC 61869-1 et l'IEC 61869-3 sont applicables avec les compléments suivants:

Tableau E.9 – Transformateur de tension inductif

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Position du transformateur de tension		Selon schéma unifilaire	
Nombre d'enroulements secondaires		Selon schéma unifilaire	
Charges et classes précision	VA / -	Selon schéma unifilaire	
Tension d'essai sur site	kV/Hz	Informations fournisseur	

E.13 Parafoudre à oxyde métallique

L'Annexe D de l'IEC 60099-4:2014 est applicable aux parafoudres PSEM.

E.14 Documentation pour appels d’offres et soumissions

Tableau E.10 – Documentation pour appels d’offres et soumissions

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Schéma unifilaire			
Exigences pour la continuité de service pendant la maintenance, la réparation, l'extension et les essais sur site			
Plans d'ensemble de l'implantation du poste			
Charge pour les fondations		Informations fournisseur	
Schémas de compartimentage du gaz		Informations fournisseur	
Liste des rapports d'essais de type		Informations fournisseur	
Liste des pièces de rechange recommandées		Informations fournisseur	
Dessins d'interface du PSEM (dans le cas d'une extension ultérieure)			

Annexe F **(informative)**

Continuité de service

F.1 Généralités

La présente annexe définit la continuité de service du PSEM en fonction de la conception de l'appareillage de commutation. Les exigences du système pour la continuité de service sont satisfaites par le choix du schéma unifilaire, par la séquence des départs, par la disposition physique des matériels individuels et par les compartiments de gaz. Il convient que la continuité de service due à la maintenance, à la réparation après défaillance, à l'extension ou à l'essai diélectrique sur site constitue la préoccupation essentielle.

Les niveaux de continuité de service sont définis par le code MRE (Maintenance, Réparation, Extension) spécifique au départ et aux sections d'une barre omnibus du PSEM à l'état hors service pendant la maintenance, la réparation, l'extension ou l'essai diélectrique sur site (voir les exemples donnés en F.4.3).

Une ligne directrice concernant la manière de traiter les exigences de continuité de service peut être consultée dans la brochure technique 870, *Service Continuity Guide for HV GIS above 52 kV* du CIGRE.

F.2 Termes et conditions

F.2.1 Termes

F.2.1.1 Départ

Un départ est une liaison entre un poste et un autre poste, un transformateur, un générateur, une bobine d'inductance, une batterie de condensateurs, etc. Il peut s'agir d'une ligne aérienne, d'un câble ou d'une ligne de transmission à isolation gazeuse. Le départ est relié au PSEM par des interfaces telles que des traversées, des connexions de câble ou des connexions de transformateur.

F.2.1.2 Travée

Une travée relie un départ à une section d'une barre omnibus ou à un autre départ (configurations en anneau, par exemple). Une travée est composée d'un ensemble d'éléments de circuit interconnectés. Les éléments de circuit peuvent être un disjoncteur, un sectionneur, des sectionneurs de terre, un transformateur de courant, un transformateur de tension, un parafoudre et des éléments de connexion.

NOTE Bien que le terme "travée" soit présenté ici, il n'est pas exigé de définir le niveau de continuité de service.

F.2.1.3 Section d'une barre omnibus

Une section de barre omnibus est la connexion habituelle de plusieurs travées. Une barre omnibus peut être divisée en plusieurs sections. Une barre omnibus sans division est une section de barre omnibus.

F.2.2 Conditions

Seuls des événements uniques sont pris en considération. La continuité de service ne s'applique pas dans la situation dans laquelle un défaut se produit sur un autre équipement toujours en service pendant que les situations principales qui affectent la continuité de service du PSEM sont en cours.

Les principales situations qui affectent la continuité de service du PSEM sont:

- la maintenance;
- la réparation après une défaillance;
- les extensions;
- les essais diélectriques sur site.

Il convient de définir les niveaux de continuité de service (voir l'Article F.4) pour chacune de ces situations.

F.3 Responsabilités

F.3.1 Exigences de continuité de service

Il relève de la responsabilité de l'utilisateur de

- définir les exigences de continuité de service;
- par exemple: MRE11 pendant la maintenance et la réparation sur un départ ou une section de barre omnibus;
- spécifier l'emplacement de la future extension, le cas échéant.

Il relève de la responsabilité du fabricant de

- concevoir le PSEM, définir le cloisonnement et spécifier d'autres mesures afin de satisfaire aux exigences de l'utilisateur;
- tenir compte de l'emplacement de la future extension, le cas échéant;
- démontrer la conformité aux exigences de continuité de service de l'utilisateur dans le format habituel, par exemple une série de schémas unifilaires de gaz PSEM (en couleur, par exemple) avec indication de la pression dans chaque compartiment de gaz, pendant la maintenance, la réparation, l'extension ou les essais diélectriques sur site.

F.3.2 Travail sur les cloisons

Il convient que le fabricant conçoive le PSEM en prenant bien en considération les pratiques de travail en toute sécurité à proximité des compartiments de gaz sous pression. Il convient que le fabricant fournisse à l'utilisateur l'appréciation des risques de conception liés au produit PSEM et les procédures recommandées pour un travail effectué sur ou à côté d'une cloison de compartiment de gaz sous pression. Il convient que le fabricant définisse les règles relatives à ce type de travail sous les intitulés suivants:

- interdit;
- recommandé;
- autorisé.

Il convient que le fabricant précise les commandes exigées pour permettre de poursuivre le travail recommandé et autorisé.

Lors de l'évaluation de la conformité aux exigences de continuité de service, il convient que l'utilisateur prenne en considération l'appréciation des risques de conception et les procédures de travail indiquées par les fabricants conjointement avec la politique de sécurité de l'utilisateur.

NOTE L'appréciation des risques de conception des fabricants permet d'évaluer de manière proactive, puis d'éliminer ou de réduire les risques pour la sécurité individuelle sur l'ensemble du cycle de vie du PSEM, du montage au fonctionnement, à la maintenance, à la réparation et à la mise hors service.

F.4 Niveaux de continuité de service

F.4.1 Généralités

La continuité de service d'un PSEM pendant la maintenance (M), la réparation (R), l'extension (E) ou les essais diélectriques sur site est indiquée par le code MRE.

F.4.2 Définition du code MRE

	MRE	0	1
Lettres d'identification _____ (Maintenance, Réparation, Extension)			
Premier numéro caractéristique _____ (numéros entre 0 et 4 ou lettre X)			
Second numéro caractéristique _____ (numéros entre 0 et 5 ou lettre X)			

Élément	Numéros ou lettres	Disponibilité du PSEM
Lettres d'identification	MRE	Maintenance, Réparation, Extension
Premier numéro caractéristique	0 1 2 3 4 X	Nombre de section(s) de barre omnibus hors service pendant la maintenance, la réparation, l'extension ou l'essai diélectrique sur site 0 section de barre omnibus hors service 1 section de barre omnibus hors service 2 sections de barre omnibus hors service 3 sections de barre omnibus hors service 4 sections de barre omnibus hors service Toutes les sections de barre omnibus hors service
Second numéro caractéristique	0 1 2 3 4 5 X	Nombre de départ(s) hors service pendant la maintenance, la réparation, l'extension ou l'essai diélectrique sur site 0 départ hors service 1 départ hors service 2 départs hors service 3 départs hors service 4 départs hors service 5 départs hors service Tous les départs de la ou des sections de barre omnibus associée(s) hors service

F.4.3 Exemples de niveaux de continuité de service

Les figures suivantes (Figure F.1 à Figure F.9) présentent la définition de certains niveaux de continuité de service. Pour faciliter la visualisation, des figures simplifiées sont utilisées. Seuls les composants d'appareillage pertinents sont représentés.

Configurations à une seule barre omnibus

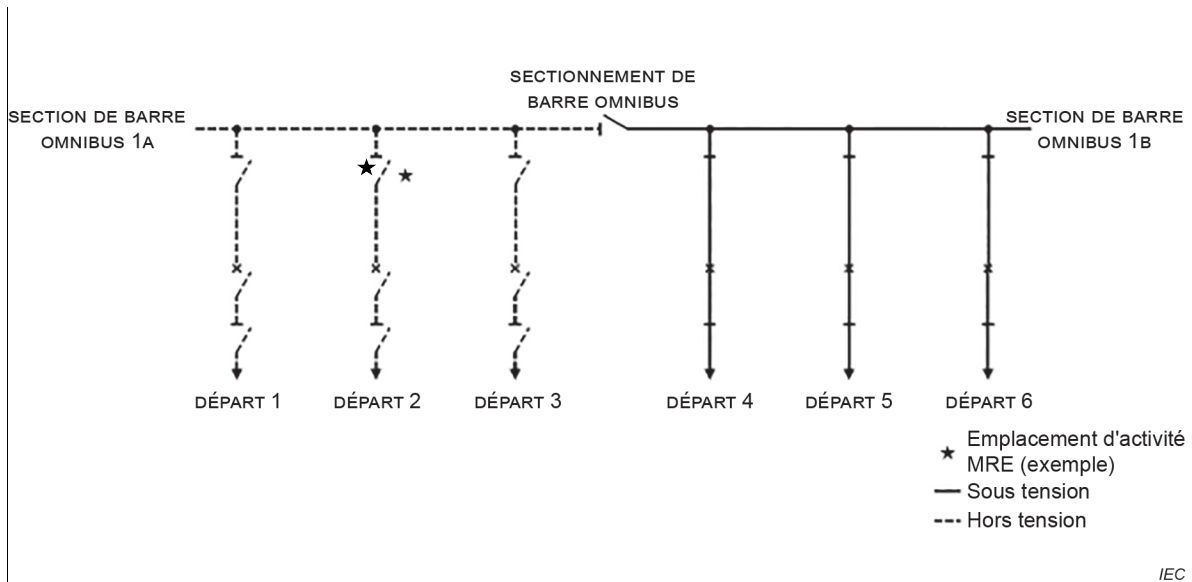


Figure F.1 – MRE1X (réparation du sectionneur vers la barre omnibus, par exemple)

Configurations à deux barres omnibus

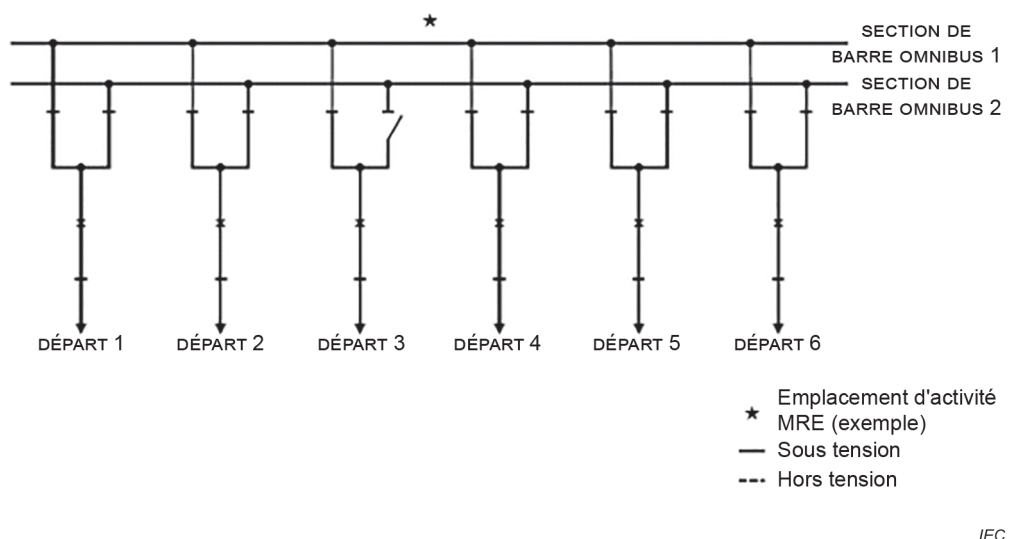
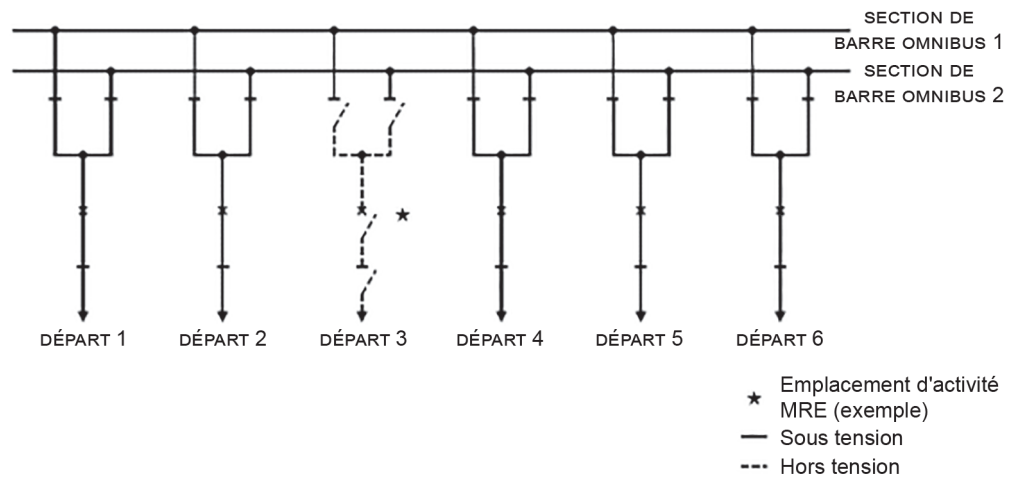


Figure F.2 – MRE00 (pendant l'inspection visuelle, par exemple)

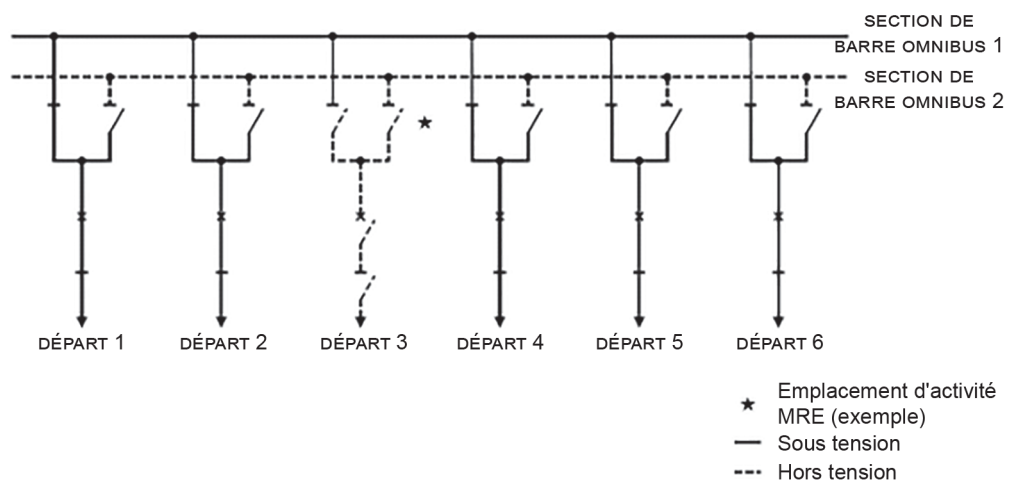
EN IEC 62271-203:2022

– 76 –



IEC

Figure F.3 – MRE01 (réparation du disjoncteur, par exemple)



IEC

Figure F.4 – MRE11 (réparation du sectionneur, par exemple)

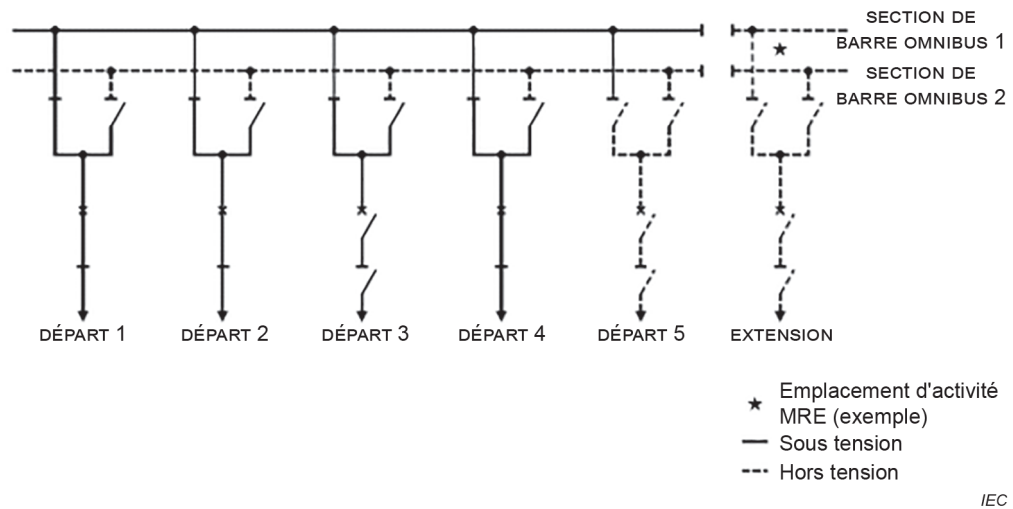


Figure F.5 – MRE11 (extension de l'appareillage avec une travée, par exemple)

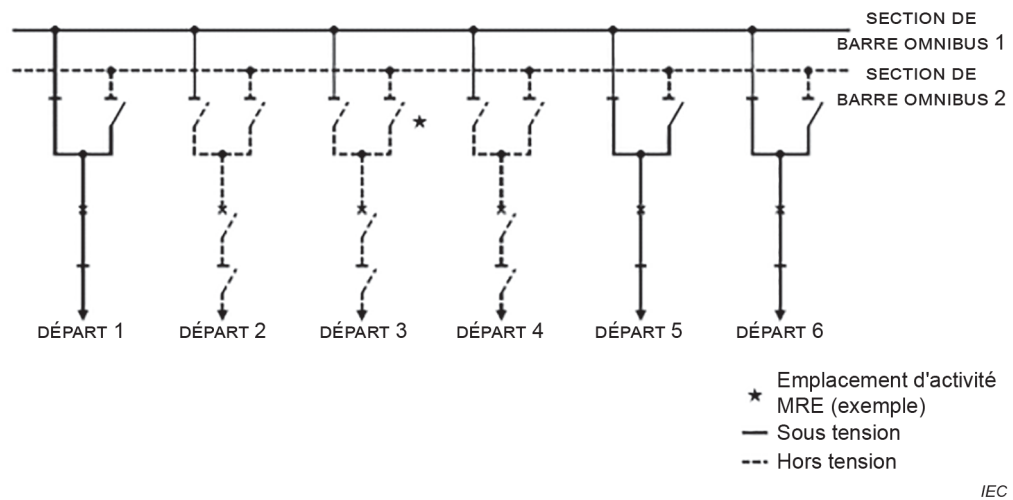


Figure F.6 – MRE13 (réparation du sectionneur, par exemple)

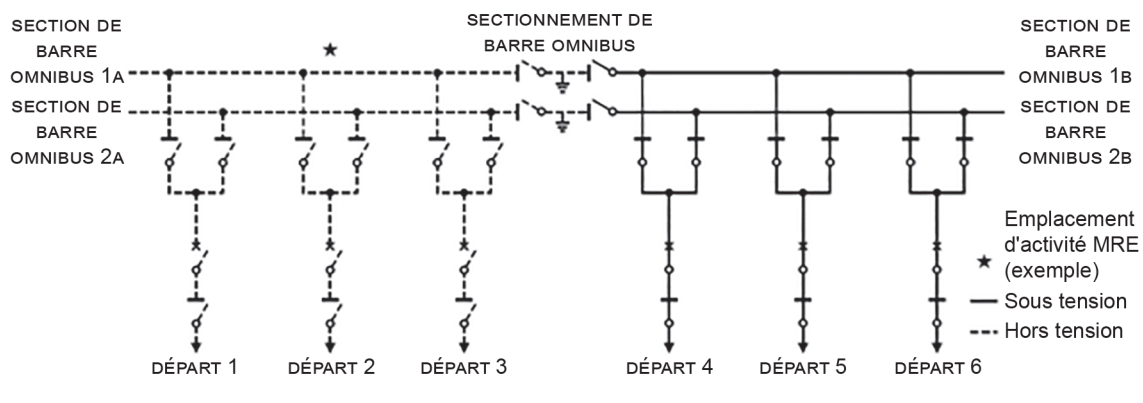
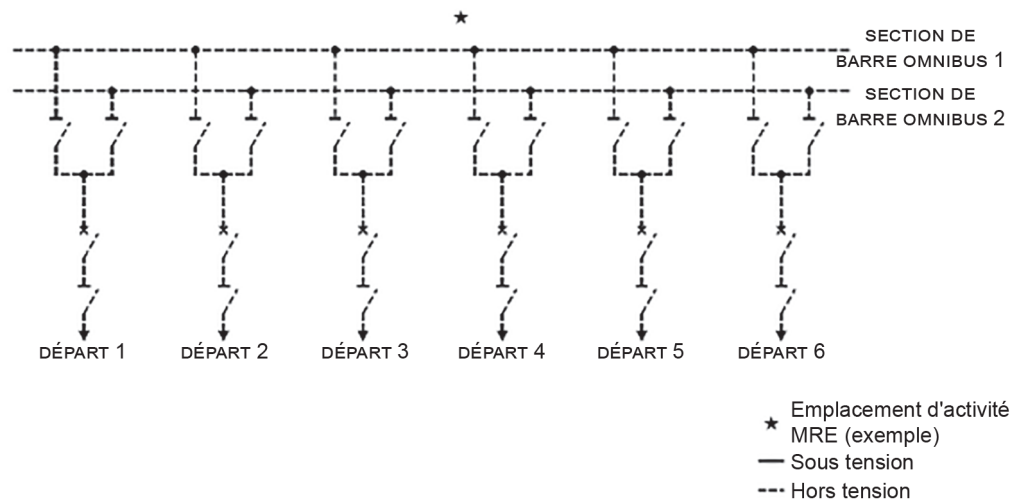


Figure F.7 – MRE2X (essai diélectrique sur site de la section de barre omnibus A, par exemple)

EN IEC 62271-203:2022

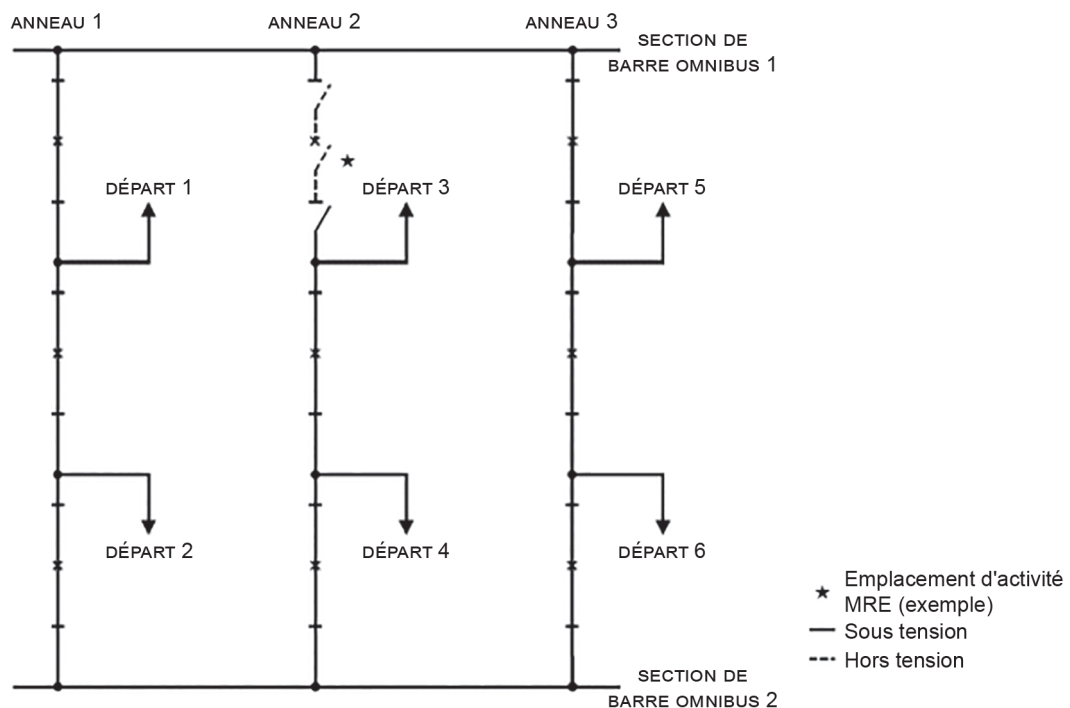
– 78 –



IEC

Figure F.8 – MRE2X (essai diélectrique sur site de la section de barre omnibus 1, par exemple)

Configurations à un disjoncteur et demi



IEC

Figure F.9 – MRE00 (réparation du disjoncteur, par exemple)

Annexe G (informative)

Liste de notes concernant certains pays

Paragraphe	Texte
5.11 et 6.104.2	Des exceptions nationales sont exigées pour l'Italie, où les règles en matière de pression de calcul sont exigées par la loi.
7.2.12	Des exceptions nationales sont exigées pour le Canada, la France et l'Italie où la loi exige que la tension d'essai durant la vérification d'état sur la distance d'isolement d'un sectionneur soit de 100 % de la tension assignée d'essai à fréquence industrielle.

Annexe ZA (normative)

Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE 1 Dans le cas où une publication internationale est modifiée par des modifications communes, indiqué par (mod), l'EN/le HD correspondant(e) s'applique.

NOTE 2 Les informations les plus récentes concernant les dernières versions des Normes Européennes listées dans la présente annexe sont disponibles à l'adresse suivante: www.cenelec.eu.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
IEC 60068-2-11	-	Essais d'environnement - Partie 2-11: Essais - Essai Ka: Brouillard salin	EN IEC 60068-2-11	-
IEC 60068-2-17	-	Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique - Partie 2-17: Essais - Essai Q: Etanchéité	EN 60068-2-17	-
IEC 60085	2007	Isolation électrique - Evaluation et désignation thermiques	EN 60085	2008
IEC 60099-4	2014	Parafoudres - Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif	EN 60099-4	2014
IEC 60137	2017	Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V	EN 60137	2017
IEC 60141-1	-	Essais de câbles à huile fluide, à pression - de gaz et de leurs dispositifs accessoires - Partie 1: Câbles au papier ou complexe polypropylène contre-couché papier, à huile fluide et à gaine métallique, et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 500 kV		-
IEC 60270	-	Techniques des essais à haute tension - Mesures des décharges partielles	EN 60270	-
IEC 60376	-	Spécification de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF ₆) et des gaz complémentaires à employer dans les mélanges de SF ₆ pour utilisation dans les matériels électriques	EN IEC 60376	-

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
IEC 60480	-	Spécifications pour la réutilisation de l'hexafluorure de soufre (SF ₆) et des mélanges contenant du SF ₆ dans le matériel électrique	EN IEC 60480	-
IEC 60840	-	Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) - Méthodes et exigences d'essai	-	-
IEC 61869-1	-	Transformateurs de mesure - Partie 1: Exigences générales	EN 61869-1	-
IEC 61869-2	-	Transformateurs de mesure - Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant	EN 61869-2	-
IEC 61869-3	-	Transformateurs de mesure - Partie 3: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs inductifs de tension	EN 61869-3	-
IEC 62067	-	Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 150 kV ($U_m = 170$ kV) et jusqu'à 500 kV ($U_m = 550$ kV) - Méthodes et prescriptions d'essai	-	-
IEC 62271-1	2017	Appareillage à haute tension - Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif	EN 62271-1	2017
IEC 62271-4	-	Appareillage à haute tension - Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF ₆) et des mélanges contenant du SF ₆	EN 62271-4	-
IEC 62271-100	2021	Appareillage à haute tension - Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif	EN IEC 62271-100	2021
IEC 62271-102	2018	Appareillage à haute tension - Partie 102 : Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif	EN IEC 62271-102	2018
IEC 62271-209	2019	Appareillage à haute tension - Partie 209: Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV - Câbles remplis d'un fluide ou à isolation extrudée - Extrémité de câble de type sec ou remplie d'un fluide	EN IEC 62271-209	2019
IEC 62271-211	2014	High-voltage switchgear and controlgear - Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	EN 62271-211	2014
ISO 22479	-	Corrosion des métaux et alliages – Essai au dioxyde de soufre en atmosphère humide (méthode avec volume fixe de gaz)	-	-

Bibliographie

- [1] IEC 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 441: Appareillage et fusibles* (disponible sous www.electropedia.org)
- [2] IEC 60050-471, *Vocabulaire Electrotechnique International– Partie 471: Isolateurs* (disponible sous www.electropedia.org)
- [3] IEC 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

NOTE Harmonisée comme EN 60060-1

- [4] IEC 60071-1:2019, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

NOTE Harmonisée comme EN IEC 60071-1:2019 (non modifiée)

- [5] IEC TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)
- [6] IEC TS 60815-2, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)
- [7] IEC TS 60815-3, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)
- [8] IEC 61462, *Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions nominales supérieures à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

NOTE Harmonisée comme EN 61462

- [9] IEC 61672-1, *Électroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

NOTE Harmonisée comme EN 61672-1

- [10] IEC 61672-2, *Électroacoustique – Sonomètres – Partie 2: Essais d'évaluation d'un modèle*

NOTE Harmonisée comme EN 61672-2

- [11] IEC 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

NOTE Harmonisée comme EN 62155

- [12] IEC TR 62271-306:2012, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 306: Guide to IEC 62271-100, IEC 62271-1 and other IEC standards related to alternating current circuit-breakers* (disponible en anglais seulement)
IEC TR 62271-306:2012/AMD1:2018 (disponible en anglais seulement)
- [13] IEC TS 62478, *Techniques d'essais à haute tension – Mesurage des décharges partielles par méthodes électromagnétiques et acoustiques*

- [14] IEC TS 63042-301, *UHV AC transmission systems – Part 301: On-site acceptance tests* (disponible en anglais seulement)
- [15] EN 50052, *Enveloppes moulées en alliage d'aluminium pour les appareillages à haute tension sous pression de gaz*
- [16] EN 50064, *Appareillage électrique haute tension – Enveloppes sous pression en aluminium corroyé et en alliage d'aluminium*
- [17] EN 50068, *Appareillage électrique haute tension – Enveloppes sous pression en acier corroyé et en alliage d'acier*
- [18] EN 50069, *Appareillage électrique haute tension – Enveloppes soudées en alliage d'aluminium comportant des parties moulées et des parties en métal corroyé sous pression de gaz*
- [19] EN 50089, *Cloisons en résine moulée pour l'appareillage sous enveloppe métallique à haute tension sous pression de gaz*
- [20] IEEE C37.122.6, *IEEE Recommended Practice for the Interface of New Gas-Insulated Equipment in Existing Gas-Insulated Substations Rated above 52 kV*
- [21] IEEE C37.24, *IEEE Guide For Evaluating the Effect of Solar Radiation on Outdoor Metal-Enclosed Switchgear*
- [22] IEEE C37.122.1, *IEEE Guide For Gas-Insulated Substations Rated above 52 kV*
- [23] CIGRE Technical Brochure 125, *User guide for the application of gas-insulated switchgear (GIS) for rated voltages of 72,5 kV and above*
- [24] CIGRE Technical Brochure 602, *Tools for simulation of the internal effects in HV and MV switchgear*
- [25] CIGRE Technical Brochure 654, *UHF partial discharge detection system for GIS – Application guide for sensitivity verification*
- [26] CIGRE Technical Brochure 802, *Application of non-SF₆ gases or gas-mixtures in medium and high voltage gas insulated switchgear*
- [27] CIGRE Technical Brochure 870, *Service Continuity Guide for HV GIS above 52 kV*
- [28] CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03, *Assessment of the behaviour of gas-insulated electrical components in the presence of an internal arc*, by G. Babusci. E. Colombo. R. Speziali. G. Aldrovandi. R. Bergmann. M. Lissandrin. G. Cordioli. C. Piazza.
- [29] RGE: 04/82, *Electrical faults mastery in high voltage SF₆ insulated substations*, by Gilles Bernard, EDF, France. Published in Revue générale de L'électricité RGE 4/82, avril 1982. (disponible en français seulement)
- [30] CIGRE Technical Brochure of working group B3.57, *Impact on Engineering and Lifetime Management of outdoor HV GIS²*

² Publication à venir. Date de publication prévue: 2022.

EN IEC 62271-203:2022

– 84 –

[31] IPCC Fifth Assessment Report – AR5 Climate Change 2013, *The Physical Science Basis*
